

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ВІЙСЬКОВА АКАДЕМІЯ (м. ОДЕСА)**

Заснований у 2014 році

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ Військової академії (м. Одеса)



1 (7)

Технічні науки

Рекомендовано до друку та поширення
через мережу Інтернет Вченою радою
Військової академії (м. Одеса)
(Протокол від 03.07.2017 № 13)

Одеса
2017

Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – Одеса : ВА, 2017. – Вип. 1(7). – 154 с.

У збірнику наукових праць друкуються статті, спрямовані на висвітлення актуальних та дискусійних технічних проблем. Призначений для керівного складу, наукових і науково-педагогічних працівників, ад'юнктів, докторантів вищих навчальних закладів та науково-дослідних установ.

Занесений до Переліку наукових фахових видань України, затвердженого наказом Міністра освіти і науки від 30.06.2015 № 5-дс як наукове видання у галузі технічних наук, в якому можуть бути опубліковані основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (доктора філософії).

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №20707-10507Р від 12.03.2014 р.

У разі передрукування матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

ВИДАЄТЬСЯ з 2014 року

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Засновник:

Військова академія (м. Одеса)

Адреса редакції:

Україна, 65009, м. Одеса,
вул. Фонтанська дорога, 10

Е-mail редколегії:

zbirnyk.vaodessa@ukr.net

Інформаційний сайт академії:

www.vaodessa.org.ua

Інформаційний сайт Збірника:

<http://zbirnyk.vaodessa.org.ua/>

Телефони для контактів:

тел./факс (0482)*63-76-60

дод. 4-05, 4-15

тел. моб. (093)*769-80-29

Голова – Кравчук О.І., к.т.н., с.н.с.

Заступник голови – Скачков В.В., д.т.н., проф.

Члени колегії:

Дем'янчук Б.О., д.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Миргород В.Ф., д.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Кнауб Л.В., д.т.н., проф. (ВА, м. Одеса)

Ковальчук В.В., д.ф.-м.н., проф. (ОДЕКУ, м. Одеса)

Онищенко О.А., д.т.н., проф. (ОНМА, м. Одеса)

Братченко Г.Д., д.т.н., проф. (ОДАТРА, м. Одеса)

Ярош С.П., д.військ.н., проф. (ХНУПС, м. Харків)

Кириленко В.А., д.військ.н., проф.

(НАДПСУ, м. Хмельницький)

Квасніков В.П., д.т.н., проф. (КНАУ, м. Київ)

Купінець Л.Є., д.е.н., проф. (ІПРЕД НАНУ, м. Одеса)

Красний Ю.П., д.ф.-м.н., проф. (ВА, м. Одеса)

Єфимчиков О.М., к.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Бачинський В.В., к.т.н., с.н.с. (ВА, м. Одеса)

Гончарук А.А., к.т.н., с.н.с. (ВА, м. Одеса)

Ободовський А.С., к.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Масліч Н.Я., к.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Сергеев О.Ю., к.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Головань В.Г., к.т.н., проф. (ВА, м. Одеса)

Григор'єв О.П., к.т.н., с.н.с. (ВА, м. Одеса)

Левченко А.О., к.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Клименко В.В., к.т.н., с.н.с. (ВА, м. Одеса)

Відповідальний секретар – Попович В.І.

Наукові статті, які включені до Збірника наукових праць, пройшли рецензування.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

ЗМІСТ

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

Л.М. Сакович, М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов, О.В. Ходич

Формування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку з використанням їх надлишковості під час поточного ремонту..... 5

О.М. Семененко, О.Г. Водчиць, Р.В. Колчін, Л.М. Семененко

Методика обґрунтування вимог до прогнозованої вартості зразків озброєння та військової техніки на етапі формування тактико-технічних вимог..... 11

А.П. Волобуєв

Метод математичного моделювання радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення шляхом управління амплітудно-фазовим розподілом струму по розкриванню антен (метод тензора деформації)..... 18

Б.О. Дем'янчук, В.Ф. Обертас, В.А. Маханьков

Порівняння варіантів збільшення живучості військової автомобільної техніки 26

В.В. Головенський, В.Д. Лісовенко

Використання хвиль інфрачервоного діапазону для авіаційних навігаційних систем у складних метеорологічних умовах..... 31

В.Л. Козачук, О.В. Поповіченко, В.П. Харченко

Методичний підхід до моделювання системи ремонту озброєння та військової техніки як мережі масового обслуговування..... 35

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК В СУЧАСНИХ УМОВАХ

С.С. Ковалішин, Р.В. Халтурин

Основні напрями удосконалення та завдання системи підготовки сил і засобів структури матеріально-технічного забезпечення військ (сил) територіальної оборони 41

ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

М.О. Шишанов, В.Г. Козлов, М.М. Шевцов

Методичні основи розрахунку трудовитрат на виконання відновлювального ремонту бронетанкового озброєння та техніки..... 50

В.В. Скачков, В.В. Чепкій, О.М. Єфимчиков, О.Д. Єльчанінов, В.Ф. Тімков

Синтез інтегрального показника якості стану адаптивної інформаційно-вимірювальної системи наземного робототехнічного комплексу..... 54

А.А. Гончарук, В.М. Оленєв, В.Б. Радімушкін, В.О. Шлапак

Основні принципи побудови комплексу бойового екіпірування військовослужбовця..... 64

І.В. Симоненкова, В.М. Симоненков

Застосування інформаційних технологій штучної реальності на підтримку мережецентричних сценаріїв бойових дій..... 70

В.І. Дяченко, В.С. Мінасов, М.В. Смоляний

Умови і фактори, що впливають на стійкість та активність оборони парашутно-десантного батальйону в тилу противника 78

І.В. Сасенко., А.Є. Єфіменко, Т.В. Прижбило

Воєнна реформа України: досягнення та пріоритетні завдання українського війська на шляху впровадження стандартів НАТО..... 84

В.В. Ткаченко, А.С. Парталян

Інформаційна підтримка прийняття управлінських рішень в галузі забезпечення екологічної безпеки..... 92

О.М. Семененко, Ю.Б. Добровольський, О.Ю. Коркін, А.Г. Малиш

Рекомендації щодо підвищення ефективності функціонування механізмів системи оборонного планування в Україні..... 99

М.В. Орда, С.В. Абрамов

Методика автоматизованого виявлення однорідностей на зображеннях земної поверхні, отриманих за допомогою систем повітряного моніторингу 110

О.І. Кравчук, С.С. Ковалішин, Ю.К. Монахов, І.В. Симоненкова

Визначення напрямків роботизації Збройних Сил України на основі аналізу програм розвитку озброєння і військової техніки передових країн світу..... 117

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ І СТАНОВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРОФЕСІОНАЛА**М.О. Кобзар**

Розробка програмного модуля рішення крайових задач систем диференціальних рівнянь за допомогою чисельних методів..... 127

О.М. Семененко, А.Є. Єфименко, О.М. Сєченєв, О.В. Тарасов

Методика оцінювання ефективності функціонування системи кадрового забезпечення Збройних Сил України за показниками кадрового потенціалу підрозділів..... 134

В.О. Дідик

Використання засобів моніторингу фізіологічного стану в комплексі бойового екіпірування військовослужбовця..... 143

Алфавітний покажчик..... 150

Відомості про авторів..... 151

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

УДК 621.372.06+621.396.6

Л.М. Сакович¹, к.т.н., доц.,**М.Ю. Яковлев**², д.т.н., с.н.с.,**Є.В. Рижев**², к.т.н.,**О.В. Ходич**¹¹Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ НАДЛИШКОВОСТІ ПІД ЧАС ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ

У статті розглянуті варіанти використання всіх виглядів надлишковості засобів спеціального зв'язку, що суттєво скорочує час визначення її технічного стану і відновлення працездатності. Також запропоновані нові блок-схеми алгоритмів розрахунку вимог до засобів вимірювань, які використовують в діагностичному забезпеченні засобів спеціального зв'язку, що дозволяє мінімізувати їх вартість.

Ключові слова: засоби спеціального зв'язку, метрологічне обслуговування, засоби вимірювальної техніки, поточний ремонт.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз сучасної науково-технічної літератури з теорії надійності, технічної експлуатації та діагностики складних об'єктів і систем, а також особливостей схемної та конструктивної побудови засобів спеціального зв'язку (ЗСЗ), показує, що до перспективних напрямків підвищення показників експлуатаційної надійності відноситься використання різних виглядів надлишковості в інтересах забезпечення необхідного рівня ремонтпридатності та безвідмовності [1–7]. Під надлишковістю, у загальному випадку, розуміють додаткові засоби і (або) можливості більш, ніж необхідні для виконання Об'єктом заданих функцій [4].

Мета статті – обґрунтування мінімально необхідних вимог до засобів вимірювань (ЗВ), які використовують під час поточного ремонту (ПР) ЗСЗ, зі врахуванням при розробці їх діагностичного забезпечення (ДЗ) всіх виглядів надлишковості при забезпеченні потрібного значення часу відновлення працездатності ($T_{вд}$).

Виклад основного матеріалу

Сучасним ЗСЗ притаманні наступні види надлишковості, використання яких знижує середній час діагностування [8].

Конструктивна надлишковість – компонування елементів в конструктивні одиниці для можливості реалізації ремонту ЗСЗ агрегатним методом із використанням процедур пробних заміщень і сумісного групового пошуку дефектів в об'єктах модульної конструкції для забезпечення $T_{вд}$ за рахунок зменшення глибини пошуку до типових елементів заміни (ТЕЗ) і їхнього включення до складу ЗПП.

Часова надлишковість – можливість підвищення достовірності діагнозу за рахунок повторного виконання частини перших перевірок діагностичних параметрів за умови, що час відновлення працездатності ЗСЗ не перевищує припустимого значення $T_{вд}$.

Структурна надлишковість – можливість скорочення простору пошуку (частини внутрішніх перевірок) і підвищення достовірності діагнозу без зменшення необхідної глибини пошуку дефектів за рахунок використання при розробці ДЗ додаткових відомостей про структуру ЗСЗ (багато вихідні, наявність бінарних моноїдів і дивергуючих структур [1]).

Функціональна надлишковість – можливість виконання ЗСЗ заданих функцій різними способами зі зниженням якості й ефективності (характерно для багатофункціональних і багаторежимних ЗСЗ [1, 9]).

Інформаційна надлишковість – можливість скорочення часу діагностувати при обробці інформації з використанням кодів, що виявляють і виправляють помилки результатів оцінки діагностичних параметрів.

Особливості розробки ДЗ ЗСЗ з використанням всіх виглядів надлишковості зведені в табл. 1 [8–11], де додатково використані наступні позначення:

ГПЕЗ – граф інформаційно-енергетичних зв'язків;

УАД – умовний алгоритм діагностування;

МТФН – мінімальна таблиця функцій несправностей;

ТММ – теоретико-множинна модель.

Під час ПР ЗСЗ агрегатним методом необхідно виконання двох умов [1, 8–11, 12, 13]:

– середній час відновлення не перевищує припустимого значення $T_{\text{в}} \leq T_{\text{вд}}$;

– математичне сподівання (МС) відхилення діагнозу від істинного значення при одній помилці фахівця в оцінці значення діагностичного параметра $\rho \leq 0,5$ (що необхідно для знаходження несправного елемента в ТЕЗ, який замінюється).

Таблиця 1

**Особливості розробки діагностичного забезпечення
з використанням надлишковості засобів спеціального зв'язку**

Вид надлишковості	Діагностичні моделі	Алгоритми діагностування	Діагностичні процедури
Конструктивна	ГПЕЗ	Бінарні та групові УАД	Процедури пробних заміщень і сумісного пошуку дефектів
Часова	ГПЕЗ	Бінарні та неоднорідні УАД	Повторне виконання частини перших перевірок параметрів
Структурна	МТФН, ГПЕЗ	Бінарні та неоднорідні УАД	Метод модифікації бінарних УАД
Функціональна	ТММ, ГПЕЗ	Граф-схемне подання УАД	Метод перемикачів
Інформаційна	ТФН, ГПЕЗ	Безумовний з безумовною зупинкою АД, неоднорідні та групові УАД	Коди, що виправляють помилки, усічена процедура пошуку, енергостатичний метод, модифікація УАД

В роботах [8, 12, 13] отримано функціональні залежності $T_{\text{вд}}$ і ρ від керованих під час розробки ДЗ ЗСЗ змінних, які наведено в таблиці 2, де:

K – середня кількість перевірок діагностичних параметрів;

ρ – ймовірність правильної оцінки результату перевірки;

t – середній час виконання перевірки;

t_y – середній час усунення несправностей;

l – число елементів в ТЕЗ;

Z – число елементів ЗСЗ;

L – кількість ТЕЗ в ЗСЗ;

P – ймовірність правильної постановки діагнозу;

M – максимальне значення модуля вибору УАД.

При використанні інформаційної та структурної надлишковості розглянутий двох етапний процес відновлення ЗСЗ: спочатку пошук і заміна несправного ТЕЗ, а потім пошук і заміна несправного елемента в ньому, індекси у формулах визначають етап відновлення, відповідно.

В такому випадку блок-схема алгоритму мінімізації ρ при обмеженнях $T_{\text{в}} \leq T_{\text{вд}}$ і $\rho \leq 0,5$ для різних варіантів використання надлишковості ЗСЗ під час розробки ДЗ приведено на рис. 1, де U – вид надлишковості, R – кількість фахівців, що реалізують ГПД.

Таблиця 2

Показники якості діагностичного забезпечення

Вид надлишковості U	Особливості УАД	P	T _с	ρ
Часова U = 1	Повтор r перших перевірок	$(2-p)^r p^K$	$\frac{t(K+r)+t_y}{p}$	$\frac{p(1-p)[L+K-1-p(L+r-2^{K-r})]}{2p}$
Функціональна U = 2	Розподіл ЗСЗ на R частин	$p^{K-\log_2 R}$	$\frac{t\log_2(L/R)+t_y}{p}$	$0,5\left(\frac{L}{R}+\log_2\frac{L}{R}-1\right)(1-p)p^{\log_2(L/R)-1}$
Конструктивна U = 3	Бінарний УАД мінімальної форми	p^K	$\frac{Kt+t_y}{p}$	$0,5\left(\frac{Z}{l}+\log_2\frac{Z}{l}-1\right)(1-p)p^{\log_2(Z/l)-1}$
Інформаційна та структурна U = 4	Модифікований неоднорідний	$p_1^{K_1} p_2^{K_2}$	$\frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + t_y}{p}$	$0,5\left[(1-p_1)p_1^{K_1-1}p_2^{K_2}\sum_{i=1}^{K_1}(1+(M-i)!)+\right. \\ \left.+p_1^{K_1}(1-p_2)p_2^{K_2-1}\sum_{i=1}^{K_1+K_2}(1+(M-i)!)\right]$

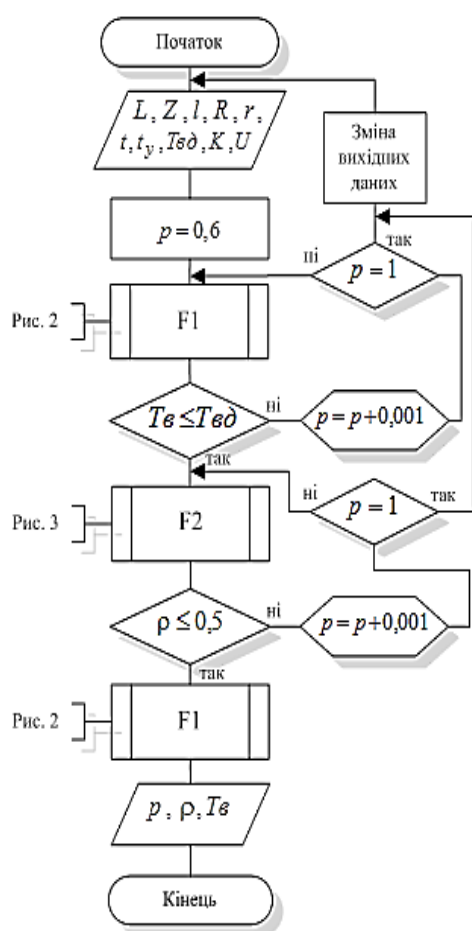
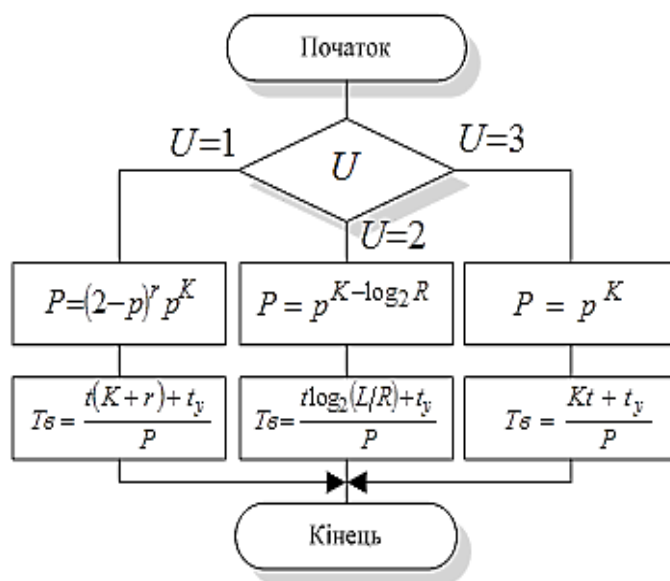


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунку мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки

Рис. 2. Функція F1
Розрахунок середнього часу відновлення

У випадках використання інформаційної або структурної надлишковості ЗСЗ ($U = 4$) під час діагностування використовується модифікований неоднорідний УАД з убаванням модуля вибору від M до по мірі виконання перевірок. Якщо на першому етапі пошуку використовують вбудовані засоби контролю стану ЗСЗ з відомим значенням p_1 і глибиною пошуку K_1 , то мінімальне необхідне значення p_2 знаходиться в блок-схемі алгоритму рис. 4.

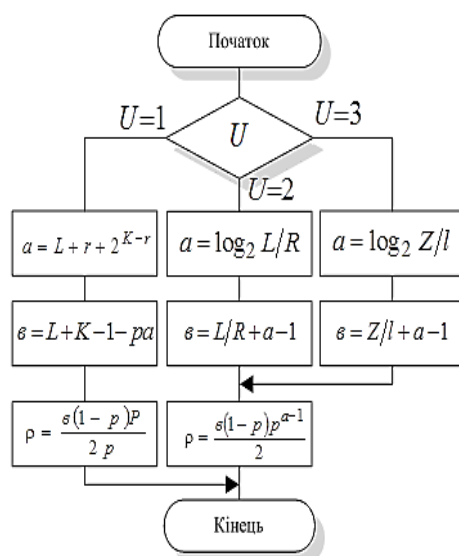


Рис. 3. Функція F2 Розрахунок математичного сподівання відхилення діагнозу

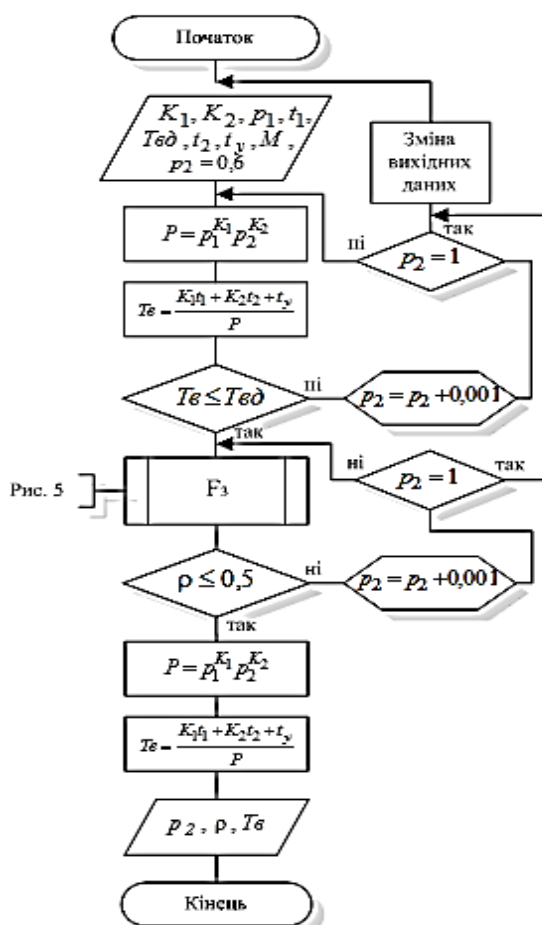


Рис. 4. Блок-схема алгоритму розрахунку мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки зовнішніми засобами вимірювань

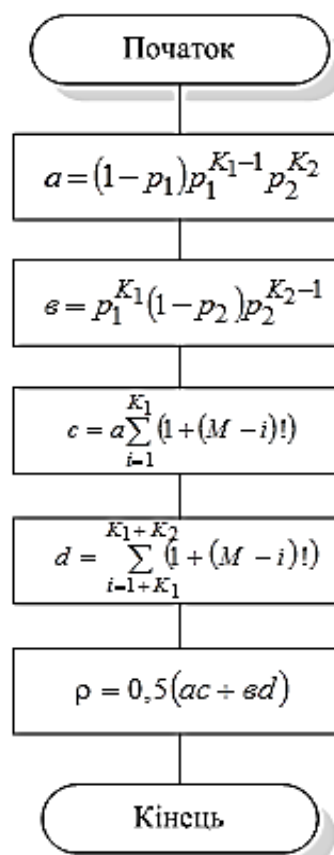


Рис. 5. Функція F3 Розрахунок математичного сподівання відхилення діагнозу

Висновки

1. Використання всіх виглядів надлишковості ЗСЗ суттєво скорочує час визначення їх технічного стану і відновлення працездатності.

2. Запропоновані нові алгоритми розрахунку вимог до ЗВ, які використовують в ДЗ ЗСЗ, що мінімізує їх вартість.

3. Отримані результати доцільно використовувати під час розробки метрологічного обслуговування модернізованих і перспективних зразків ЗСЗ, що мінімізує вартість технологічного обладнання ремонтних органів при виконанні вимог до показників якості поточного ремонту ($T_v \leq T_{вд}$ і $\rho \leq 0,5$).

Список використаних джерел

1. Ксенз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств / С.П. Ксенз. – М. : Радиосвязь, 1989. – 248с.
2. Dubrova E. Fault tolerant design: an introduction / E. Dubrova [Електронний ресурс] : Department of Microelectronics and Information Tehnology Royal Institute of Tehnology. – Режим доступу : <http://ceit.ant.ac.ir/denghan/Conrse/SET/SFT-Full2006/Lectures/draft.pdf> – Дата доступу: грудень 2008 – Назва з екрану.
3. Sinnadurai N. Sustem reliability. Commercialization of Military and Space Electronics : Materials of Working shop meeting (Nicce, 28/09/98), pp. 115–119.
4. Острейковский В.А. Теория надежности. – М. : Высшая школа, 2003 – 463 с.
5. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – 2-е изд. – СПб. : БХВ – Петербург, 2006. – 704 с.
6. Креденцер Б.П. Прогнозирование надежности с временной избыточностью / Б.П. Креденцер. – К.: Наукова думка, 1978. – 240 с.
7. Креденцер Б.П. Математична модель технічного обслуговування техніки тривалого зберігання при наявності почасової надмірності / Б.П. Креденцер, В.І. Кривцун // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ КПІ. – Вип. № 1, 2005. – С. 75–80.
8. Сакович Л.Н. Использование избыточности техники связи для повышения эффективности диагностирования / Л.Н. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок, – 2007. – № 2. – С. 54–57.
9. Сакович Л.Н. Техническое диагностирование многорежимных объектов / Л.Н. Сакович, А.И. Мервинский // Электроника и связь, – 1999. – № 1. – С. 45–50.
10. Сакович Л.М. Застосування неоднорідних умовних алгоритмів діагностування під час ремонту техніки зв'язку агрегатним методом / Л.М. Сакович, О.А. Курченко // Зв'язок, 2001. – № 5. – С. 23–26.
11. Жердєв М.К. Діагностична модель цифрового радіоелектронного компонента техніки зв'язку в разі використання електромагнітного методу діагностування / М.К. Жердєв, Л.М. Сакович, С.Г. Глухов, В.В. Шевченко // Зв'язок, 2012. – № 4. – С. 40–43.
12. Сакович Л.М. Методика визначення вимог щодо метрологічних характеристик засобів вимірювання діагностичних параметрів техніки зв'язку для забезпечення її ремонтпридатності // Л.М. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок. – 2015. – № 3. – С. 47–53.
13. Сакович Л.М. Методика розробки діагностичного забезпечення поточного ремонту техніки зв'язку з комплексним використанням її надлишковості // Л.М. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок. – 2016. – № 2. – С. 48–55.

Рецензент: П.І. Ванкевич д.т.н., с.н.с., Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

**ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ
ОБСЛУЖИВАНИЮ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИХ ИЗБЫТОЧНОСТИ ПРИ ТЕКУЩЕМ РЕМОНТЕ**

Л.Н. Сакович, М.Ю. Яковлев, Е.В. Рыжов, О.В. Ходыч

В статье рассмотрены варианты использования всех видов избыточности средств специальной связи, что существенно сокращает время определения её технического состояния и восстановления работоспособности. Также предложены новые блок-схемы алгоритмов расчета требований к средствам измерений, используемых в диагностическом обеспечении средств специальной связи, что позволяет минимизировать их стоимость.

Ключевые слова: *средства специальной связи, метрологическое обслуживание, средства измерительной техники, текущий ремонт.*

**FORMATION OF REQUIREMENTS METROLOGICAL SPECIAL
SERVICE MEANS OF THE USE OF THEIR SURPLUS ON CURRENT REPAIRS**

L. Sakovych, M. Yakovlev, Y. Ryzhov, A. Khodych

The article describes the options for the use of all types of redundancy of special communication means, which significantly reduces the time to determine its technical condition and functionality restoration. New requirements flowchart for calculating algorithms for measuring instruments used in diagnostic support of special connection means that allows to minimize their cost are also proposed.

Keywords: *means of special communication, metrological service, measuring equipment, maintenance.*

УДК 355.02

О.М. Семененко¹,**О.Г. Водчиць²,****Р.В. Колчін³, к.т.н.,****Л.М. Семененко⁴**¹*Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ*²*Кафедра військової підготовки Національного авіаційного університету, м. Київ*³*Військова академія, м. Одеса*⁴*Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ*

МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ПРОГНОЗОВАНОЇ ВАРТОСТІ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ НА ЕТАПІ ФОРМУВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ

У статті авторами запропонована методика обґрунтування вимог до прогнозованої вартості зразків озброєння Збройних Сил України на етапі формування тактико-технічних вимог до них.

Ключові слова: тактико-технічні вимоги, вартість зразка озброєння та військової техніки, вимоги до вартості озброєння та військової техніки.

Постановка проблеми

Події останніх років призвели до згортання військово-технічного співробітництва України з Російською Федерацією та скорочення їх з іншими країнами СНД, які підтримують дії Росії, або є ресурсно-залежними від неї. Це створило додаткові перешкоди на шляху реалізації Україною багатьох військово-технічних програм. Тому Україна має переводити військово-технічні відносини з країнами СНД переважно у двосторонній формат, а також активізувати зусилля щодо пошуку нових зовнішньополітичних і зовнішньоекономічних партнерів та союзників у перспективних для України регіонах [1–5]. Цілком зрозуміло, що від того, яка в Україні проводиться воєнно-технічна та оборонно-промислова політика, залежить і рівень технічного оснащення Збройних Сил (ЗС), інших складових сектору безпеки і оборони України, розвиток та можливості ОПК, ефективність міжнародного військово-технічного співробітництва, що, врешті-решт, визначає і спроможність самостійно забезпечити оборону національної території.

Сьогодні, головним інструментом під час виконання завдань з удосконалення та практичної реалізації воєнно-технічної політики України є проведення досліджень за проблемними напрямками, отримання достовірних результатів та їх обов'язкове впровадження в практику (у зразках ОВТ, у діяльність військ). Результати наукових досліджень поступово стають основою для прийняття управлінських рішень МО України, Генеральним штабом (ГШ) ЗС України та іншими органами військового управління [3–6].

Вартість озброєння та військової техніки (ОВТ) є одним із суттєвих факторів, що впливає на рішення про його розроблення. Занижена або завищена вартість зразка може призводити до прийняття хибних рішень і марнотратства державних коштів. На початку процесу розроблення зразків озброєння в програмах і планах розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) Збройних Сил України повинні відображатися, орієнтовні, початкові вартісні показники (прогнозовані) оновленого (удосконаленого) зразка ОВТ [8–10]. Ці показники в ході подальшого розроблення зразка озброєння зазвичай змінюються, причому ці зміненні можуть бути досить суттєвими, особливо, якщо це стосується складних зразків, які мають значну вартість (літак, ракета, радіотехнічні системи забезпечення польотів, зенітно-ракетні комплекси тощо). Такий стан справ в даному питанні висуває завдання щодо обґрунтування вимог до вартості озброєння навіть на етапі формування тактико-технічних вимог (ТТВ) до зразка озброєння,

оскільки помилки під час визначення вартості не дозволяють ефективно виконувати заходи програм та планів розвитку озброєння та військової техніки Збройних Сил (ЗС) України. При цьому, вимоги до вартості зразка ОВТ визначаються на основі оцінювання доцільності заміни новим або удосконаленим зразком існуючого зразка ОВТ та вибору найбільш переважного варіанта з числа конкуруючих.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Аналіз останніх досліджень, публікацій та ряду документів з зазначеного питання свідчить про те [1–10], що в умовах обмеженого фінансування питання щодо постійного оновлення та удосконалення ОВТ дуже складно реалізовувати в необхідних обсягах. За досвідом провідних країн світу фінансування оновлення ОВТ повинно складати щорічно не менше 10–20 % від загальних витрат на збройні сили. Нарощування застарілого ОВТ, відмова від закупівлі та розроблення нових зразків ОВТ є хибним шляхом розвитку будь-яких ЗС. Витрати на утримання застарілого ОВТ з роками зростають, а рівень їх бойової ефективності з кожним роком з більшою інтенсивністю падає. Зараз ОВТ, що знаходиться на озброєнні ЗС України на 70 % є застарілим та із пострадянських часів не оновлювалося, особливо це стосується складних зразків, які мають значні вартісні показники.

Постановка завдання та її розв'язання

З огляду на це, метою статті запропонована методика обґрунтування вимог до прогнозованої вартості зразків озброєння ЗС України на етапі формування тактико-технічних вимог до них.

Виглядлення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Події останніх років розвитку України спонукають керівництво держави та ЗС України до пошуку шляхів створення сучасних боєготових та боєздатних ЗС відповідно до запрограмованих Президентом України до 2020 року стандартів НАТО. Тому питання оновлення та удосконалення ОВТ стали активно досліджуватися сьогодні [1, 2, 3]. Але досягнення кінцевої розвитку ОВТ ЗС України можливо тільки за умов значного оновлення парку ОВТ, яке знаходиться на озброєнні в Україні. Процес оновлення ОВТ на одному із перших етапів його реалізації передбачає пошук можливих шляхів (способів) обґрунтування вимог до вартості нових (удосконалених) зразків озброєння на етапі визначення ТТВ до них. Тому питання, щодо розроблення методики обґрунтування вимог до вартості зразків ОВТ на різних етапах їх оновлення та удосконалення є сьогодні актуальним і своєчасним. Відсутність достатнього досвіду щодо оновлення ОВТ в значних масштабах за роки незалежності України формує проблематику визначення прийнятної та практично досяжної вартості зразка ОВТ. Питання обґрунтування вимог до вартості зразків озброєння та військової техніки Збройних Сил України на етапі формування тактико-технічних вимог до них в умовах зміни економічної ситуації в країні є та залишається проблематичним сьогодні.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Аналіз поглядів щодо вивчення даного питання в роботах [9, 10], дозволяє сформулювати загальну постановку завдання, яке необхідно вирішити. Відмінність запропонованої постановки завдання від викладених в [4, 5], полягає в тому, що угруповання, яке складається із зразків озброєння одного типу, повинно бути готове у будь-який момент часу t вирішити послідовно n завдань з показником ефективності угруповання P_i . Будемо вважати, що потрібна для цього кількість зразків озброєння дорівнює $\frac{P}{P_i} \cdot x_i$, за умов, що звичайна кількість зразків озброєння лінійно залежить від потрібного рівня ефективності P , а x_i – кількість зразків озброєння в угрупованні, яка потрібна для вирішення поставленого однотипного завдання.

Завдання заміни зразків наведено на рис. 1 та рис. 2. На цих рисунках у площині $P t_0 t$ відображається потрібний рівень ефективності всієї системи озброєння P , а у площині $P t_0 n$ (площина А) – послідовне вирішення n завдань з цим рівнем ефективності. Розглядаються два можливі підходи (рис. 1, рис. 2):

1-й – це підхід, за якого виробляються та експлуатуються тільки зразки існуючого типу;

2-й – це підхід, коли до моменту t_2 виробляються та експлуатуються зразки існуючого типу та здійснюється розроблення нового зразка озброєння, яке почалося у момент t_1 , а після моменту t_2 виробляються та експлуатуються тільки комплекси нового типу.

Під час розглядання завдання заміни було зроблено припущення, що початкові витрати на створення зразка ОВТ та його запаси до моменту t_0 не враховувалися.

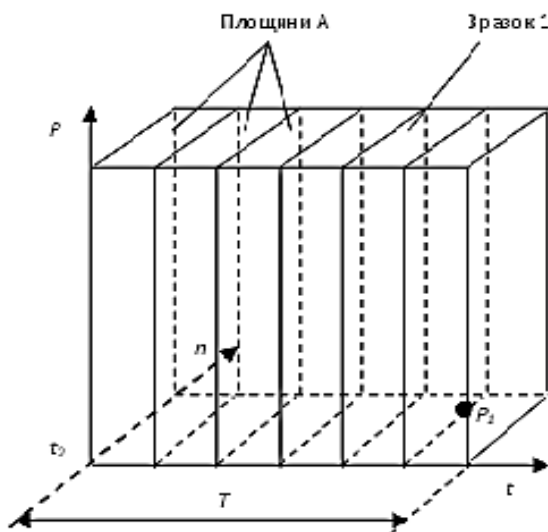


Рис. 1. Перший підхід

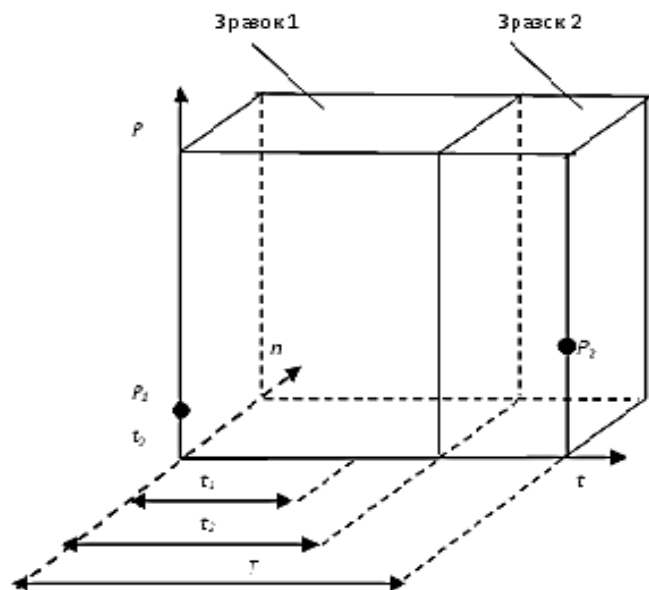


Рис. 2. Другий підхід

У завданні заміни зразків розглядається випадок, коли фіксовані P та n ($P = const, n = const$) і порівнюються витрати C_I та C_{II} за час $T - t_0$ під час застосування 1-го та 2-го підходу відповідно.

Для вирішення завдання визначимо вартість послідовного виконання n завдань угрупуванням, яке складається з i -х зразків:

$$C_i = C_{zi} + C_{ei} \cdot (n - 1), \quad (1)$$

де: C_{zi} – вартість засобів, що задіяні для виконання одного завдання i -ми зразками озброєння; C_{ei} – вартість засобів, втрачених (знищених противником) при виконанні одного завдання i -ми зразками озброєння;

n – кількість завдань, виконаних послідовно i -ми зразками із показником ефективності угрупування P_i .

За допомогою коефіцієнта α , розкриємо вартість втрачених через вартість задіяних засобів, а вартість задіяних засобів через вартість виробництва серійного комплексу (зразка) C_{ni} . Отримаємо:

$$C_{ni} = \alpha_i \cdot x_i \cdot C_{ei} \cdot (1 + K_{ei} \cdot t), \quad (2)$$

$$C_{zi} = x_i \cdot C_{ni} \cdot (1 + K_{ei} \cdot t), \quad (3)$$

де: K_{ei} – коефіцієнт переходу від вартості експлуатації зразка озброєння до вартості виробництва серійного зразка;

t – час експлуатації.

Визначимо витрати на реалізацію 1-го підходу (рис. 1). Використовуючи рівняння (1) – (3) та вважаючи, що річні витрати на експлуатацію зразка постійні, отримаємо:

$$\begin{aligned} C_I &= \frac{P}{P_I} \cdot [x_1 \cdot C_{n1} \cdot (1 + K_{ei} \cdot T) + \alpha_i \cdot x_i \cdot C_{n1} \cdot (1 + K_{ei} \cdot T) \cdot (n-1)] = \\ &= \frac{P}{P_I} \cdot x_i \cdot C_{ni} \cdot (1 + K_{ei} \cdot T) \cdot [1 + \alpha_i \cdot (n-1)]. \end{aligned} \quad (4)$$

Витрати на реалізацію 2-го підходу обчислюємо за наступними співвідношеннями (рис. 2):

у період $t_0 - t_1$ до початку розроблення нового зразка (моменту t_1)

$$C_{II}^{(1)} = \frac{P}{P_1} \cdot x_1 \cdot C_{n1} \cdot (1 + K_{e1} \cdot t_1) \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (n-1)]; \quad (5)$$

у період $t_1 - t_2$ розроблення нового зразка, виробництва та експлуатацію старих зразків

$$C_{II}^{(2)} = \frac{P}{P_1} \cdot x_1 \cdot C_{n1} \cdot [1 + K_{ei} \cdot (t_2 - t_1)] \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (n-1)] + K_{p2} \cdot C_{n2} \cdot x_2 \cdot \frac{P}{P_2} \cdot (t_2 - t_1); \quad (6)$$

Вартість підходу розраховувалася з урахуванням того, що розподіл асигнувань за часом на розроблення приймався рівномірним і визначався виразом:

$$C_{p\Sigma} = C_{p2} \cdot (t_2 - t_1) = K_{p2} \cdot C_{n2} \cdot x_2 \cdot \frac{P}{P_2} \cdot (t_2 - t_1). \quad (7)$$

де: C_{p2} – вартість розроблення нового зразка озброєння на рік;

t_2 – час закінчення розроблення;

K_{p2} – коефіцієнт переходу від вартості розроблення до вартості серійного зразка.

У період $t_2 - T$ виробництва та експлуатації нових зразків

$$C_{II}^{(3)} = \frac{P}{P_2} \cdot x_2 \cdot C_{n2} \cdot [1 + K_{e2} \cdot (T - t_2)] \cdot [1 + \alpha_2 \cdot (n-1)]. \quad (8)$$

Загальна вартість проведення 2-ї політики буде дорівнювати сумі витрат за період T , тобто

$$C_{II} = C_{II}^{(1)} + C_{II}^{(2)} + C_{II}^{(3)}. \quad (8a)$$

Умову доцільності заміни представимо у вигляді

$$C_I \geq C_{II}. \quad (9)$$

У результаті отримаємо вимогу із вартості виробництва серійного зразка нового типу, що впливає із завдання заміни:

$$C_{n2} \leq \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{x_1}{x_2} \cdot \frac{[1 + \alpha_1 \cdot (n-1)] \cdot K_{e1} \cdot (T - t_2)}{[1 + \alpha_2 \cdot (n-1)] \cdot [1 + K_{e2} \cdot (T - t_2)] + K_{p2} \cdot (t_2 - t_1)} \cdot C_{n1}. \quad (10)$$

Визначимо вимоги до вартості серійного зразка, які виходять із завдання порівняння [6]. Завдання порівняння конкуруючих зразків озброєння зводиться до порівняння витрат на забезпечення заданого загального рівня бойової ефективності P різними варіантами зразків, що знаходяться в однакових умовах за часом та стадіям розвитку.

Вартості послідовного виконання n завдань конкуруючими зразками 1-го та 2-го типу відповідно знаходимо із наступних співвідношень:

$$C_1 = \frac{P}{P_1} \cdot x_1 \cdot C_{n1} \cdot [K_{p1} \cdot (t_2^I - t_1^I) + 1 + K_{e1} \cdot t] \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (n-1)]; \quad (11)$$

$$C_2 = \frac{P}{P_2} \cdot x_2 \cdot C_{n2} \cdot [K_{p2} \cdot (t_2^I - t_1^I) + 1 + K_{e2} \cdot t] \cdot [1 + \alpha_2 \cdot (n-1)]. \quad (12)$$

Умовами того, що другий зразок краще першого, є нерівність:

$$C_1 \geq C_2. \quad (13)$$

У результаті отримаємо вимогу до вартості серійного зразка другого типу:

$$C_{n2} \leq \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{x_1}{x_2} \cdot \frac{[K_{p1} \cdot (t_2^I - t_1^I) + 1 + K_{e1} \cdot t] \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (n-1)]}{[K_{p1} \cdot (t_2^{II} - t_1^{II}) + 1 + K_{e1} \cdot t] \cdot [1 + \alpha_2 \cdot (n-1)]} \cdot C_{n1}. \quad (14)$$

Для близьких за своїми показниками зразків $K_{e1} \approx K_{e2} = K_e$, $\alpha_1 \approx \alpha_2 = \alpha$, $t_2^I - t_1^I = t_2^{II} - t_1^{II}$, $K_{p1} \approx K_{p2}$, та вираз (14) приймає вигляд:

$$C_{n2} \leq \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{x_1}{x_2} \cdot C_{n1}. \quad (15)$$

Під час визначення підходу до обґрунтування вимог до вартості, може вирішуватися як пряме завдання заміни (фіксована ефективність, порівнюються витрати), так і зворотнє завдання (фіксовані витрати, порівнюється ефективність).

Поверхні, що описані рівняннями (8а) та (12), можна представити у координатах C , P_2 , C_{n2} . Рівняння лінії перетинання площини $C_x = \text{const}$ ($C_1 = \text{const}$) з поверхнею, що описується рівняннями (8а) або (12), у цих координатах має вигляд:

$$f_1(C_{n2}, P_2) = 0. \quad (16)$$

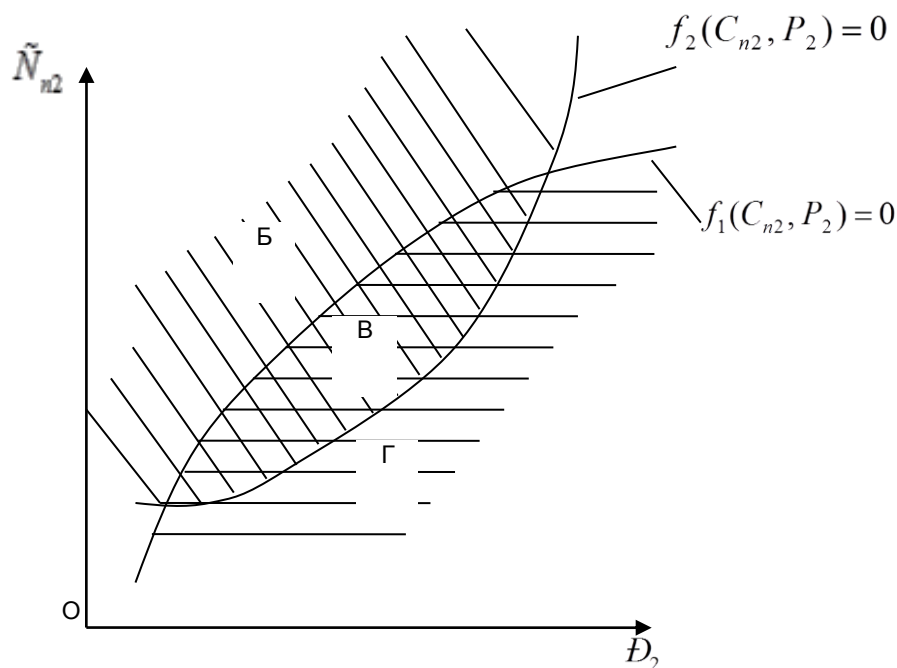


Рис. 3. Графічне відображення способу

Це рівняння можна проілюструвати рис. 3.

Усередині області В-Г дотримуються нерівності (9), (13) тобто визначені обмеження до вартості нового зразка (10), (15), що випливає з умов доцільності його створення. Другим типом обмежень по вартості можуть бути обмеження, що випливають із фізичної реалізації (по вартості) розроблення нового зразка озброєння.

Може бути побудована залежність:

$$f_2(C_{n2}, P_2) = 0, \quad (17)$$

з урахуванням фізичної реалізації (по вартості) розроблення зразка при заданих ТТВ. Ця залежність також показана на рис 3. В області Б-В зразок фактично реалізовується по вартості.

Таким чином, зразки, що задовольняють вимогам доцільності створення та фізичної реалізованості (по вартості) лежать в області В.

Рис. 3 є графічною ілюстрацією способу до визначення вимог до вартості зразка озброєння та військової техніки на етапі визначення ТТВ до нього. Розроблений спосіб дає можливість обґрунтовано підійти до визначення значень вартості, які необхідно включити у ТТВ, що формуються на зразки озброєння, які підлягають оновленню та удосконаленню.

Висновки

У статті запропонований спосіб обґрунтування вимог до вартості озброєння та військової техніки ЗС України на етапі формування тактико-технічних вимог до них на прикладі вирішення спрощеного завдання заміни та з урахуванням фізичної реалізації створених зразків.

Перспективи подальших досліджень

Подальшим напрямком досліджень є проведення практичних розрахунків за визначеним зразком з метою оцінювання вірності прийнятих рішень щодо обраних до оновлення чи розробки нових зразків ОВТ в ЗС України.

Список використаних джерел

1. *Пріоритети розвитку Збройних Сил України з урахуванням участі у гібридній війні 2015–2016* / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents>.
2. *Україна 2014-2015 : Долаючи виклики (аналітичні оцінки)* / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.razumkov.org.ua/upload/Pidsumky_2014_2015_A4_fnl.pdf.
3. *Російська збройна агресія проти України (2014–2015)* / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org>.
4. *Завдання, поставлені начальником Генерального штабу – Головнокомандувачем Збройних Сил України на службовій нараді 09 січня 2015 року* / Адміністративне управління № 86/ГШ/ від 12.01.2015. – 13с.
5. *Про затвердження Методичних рекомендацій щодо здійснення оцінки ефективності бюджетних програм: наказ Міністра фінансів України від 17 травня 2011 року № 608* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minfin.gov.ua>.
6. *Сучасний стан Збройних Сил України* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: defpol.org.ua/site/index.php/ru/.../stan2016.
7. *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки: основні підсумки та завдання на майбутнє секретар // Виставка Зброя – 2016* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrmilitary.com/2017/03/ovt.html>.
8. *Глибока модернізація та переозброєння авіації Збройних Сил України // аналізу досвіду оновлення парків ЛА 2012–2016* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ukrmilitary.com/2015/12/updateaviationaf.html.
9. *Волжін А.Н. Основы программного метода планирования развития вооружения* [Текст] / А.Н. Волжін. – М., 1971. – 122 с.

10. *The True Cost of Buying Weapon*[Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.thetruthaboutguns.com/.../true-cost-buying.

11. Белковская В.С. Перспективное планирование направлений технического прогресса [Текст] / В. С.Белковская // Экономика № 45 – М., 1971. – № 45. – С. 92 – 103.

Рецензент: Мінасов В.С., к.військ.н., проф., Військова академія (м. Одеса)

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГНОЗИРОВАННОЙ СТОИМОСТИ ОБРАЗЦА ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ЭТАПЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

О.М. Семененко, А.Г. Водчиць, Р.В. Колчин, Л.М. Семененко

В статье авторами предложена методика обоснования требований к прогнозированной стоимости образцов вооружения и военной техники Вооружённых Сил Украины на этапе формирования тактико-технических требований к ним.

Ключевые слова: тактико-технические требования, стоимость образца вооружения и техники, требования к стоимости образца вооружения и техники.

METHODOLOGY OF JUSTIFICATION OF THE REQUIREMENTS FOR THE PREDICTED VALUE OF A SAMPLE OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT AT THE STAGE OF FORMATION OF TACTICAL AND TECHNICAL REQUIREMENTS

O. Semenenko, A. Vodchyts, R. Kolchin, L. Semenenko

The article proposes a methodology for justifying the requirements for the projected cost of weapons and military equipment samples of the Armed Forces of Ukraine at the stage of forming tactical and technical requirements for them.

Keywords: tactical and technical requirements, cost of a sample of weapons and equipment, requirements for the cost of a sample of weapons and equipment.

УДК [623.611:621.396]:519.876.5

А.П. Волобуєв, к.т.н., с.н.с.*Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ*

МЕТОД МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОМАСКУВАННЯ СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХОМ УПРАВЛІННЯ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВИМ РОЗПОДІЛОМ СТРУМУ ПО РОЗКРИВАННЮ АНТЕН (МЕТОД ТЕНЗОРА ДЕФОРМАЦІЇ)

У статті пропонується новий метод математичного моделювання радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення шляхом управління амплітудно-фазовим розподілом струму по розкриванню антен, розроблений на основі апарата тензорного числення, призначений для вирішення завдання оцінювання стійкості зв'язку до радіомаскування системи радіозв'язку.

Ключові слова: математичне моделювання, система радіозв'язку військового призначення, радіомаскування, стійкість зв'язку до радіомаскування, деформація електромагнітного поля.

Постановка проблеми

Аналіз факторів, які впливають на системи радіозв'язку військового призначення під час боротьби з системами радіорозвідки вказує на існування об'єктивного протиріччя: з одного боку, необхідність забезпечення інформаційного обміну в системі управління військами (силами) вимагає від системи радіозв'язку військового призначення випромінювати електромагнітні хвилі, а з іншого боку, ці електромагнітні хвилі використовуються системами радіорозвідки противника для викриття угруповань військ (сил), що вимагає від систем радіозв'язку військового призначення не випромінювати або маскувати електромагнітні хвилі. Наявність даного протиріччя робить тематику досліджень, присвячену проблемам боротьби систем радіозв'язку військового призначення з системами радіорозвідки актуальною. До речі, спроможність вести боротьбу з системами радіорозвідки є однією з суттєвих відмінностей систем радіозв'язку військового призначення від систем радіозв'язку цивільного призначення. Через стрімкий розвиток систем радіорозвідки в збройних силах розвинутих у воєнному відношенні країн світу і появу систем радіорозвідки нового покоління [1–9] та відставання України у питаннях створення сучасних розвідуваних систем радіозв'язку військового призначення, виникла невідповідність між наявними спроможностями систем радіозв'язку військового призначення щодо боротьби з системами радіорозвідки та спроможностями, які потрібні для боротьби з системами радіорозвідки нового покоління. Тобто не забезпечується необхідний рівень радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення. Надання рекомендацій стосовно боротьби систем радіозв'язку військового призначення з системами радіорозвідки з метою забезпечення необхідного рівня радіомаскування є завданням теорії радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення. Означена мета досягається розв'язанням низки часткових завдань, одним з яких є оцінювання стійкості зв'язку до радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення, що вимагає застосування відповідного методичного апарата.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження, пов'язані з розвитком теорії радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення, в різні часи проводилися такими науковцями як Палій А.І., Сіфоров В.І., Ізюмов М.М., Варганесян В.А., Цветнов В.В., Демін В.П., Купріянов А.І., Макаренко С.І. та інші. У відомих публікаціях даних авторів (зокрема, у найбільш поширених [10–14]) не розглядалися питання, пов'язані з розробленням методичного апарата оцінювання стійкості зв'язку до радіомаскування системи радіозв'язку.

Формулювання мети статті

Враховуючи, що основою методичного апарата оцінювання стійкості зв'язку до радіомаскування системи радіозв'язку має бути математичне моделювання радіомаскування системи радіозв'язку, мета статті полягає в оприлюдненні нового методу математичного моделювання радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення в інтересах оцінювання стійкості зв'язку до радіомаскування системи радіозв'язку.

Виклад основного матеріалу дослідження

В основу методу математичного моделювання радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення покладене положення електродинаміки про те, що електромагнітне поле в будь-якій точці простору подається антисиметричним 4-тензором другого рангу [15]. Тобто, кожна радіостанція системи радіозв'язку військового призначення, яка працює на передачу, формує в місці розміщення приймальної радіостанції 4-тензор:

$$\mathbf{F}_{mq} = \begin{pmatrix} 0 & \left(\frac{\partial}{\partial t} A_1 - \frac{\partial}{\partial x} A_0\right) & \left(\frac{\partial}{\partial t} A_2 - \frac{\partial}{\partial y} A_0\right) & \left(\frac{\partial}{\partial t} A_3 - \frac{\partial}{\partial z} A_0\right) \\ -\left(\frac{\partial}{\partial t} A_1 - \frac{\partial}{\partial x} A_0\right) & 0 & -\left(\frac{\partial}{\partial y} A_1 - \frac{\partial}{\partial x} A_2\right) & \left(\frac{\partial}{\partial x} A_3 - \frac{\partial}{\partial z} A_1\right) \\ -\left(\frac{\partial}{\partial t} A_2 - \frac{\partial}{\partial y} A_0\right) & \left(\frac{\partial}{\partial y} A_1 - \frac{\partial}{\partial x} A_2\right) & 0 & -\left(\frac{\partial}{\partial z} A_2 - \frac{\partial}{\partial y} A_3\right) \\ -\left(\frac{\partial}{\partial t} A_3 - \frac{\partial}{\partial z} A_0\right) & -\left(\frac{\partial}{\partial x} A_3 - \frac{\partial}{\partial z} A_1\right) & \left(\frac{\partial}{\partial z} A_2 - \frac{\partial}{\partial y} A_3\right) & 0 \end{pmatrix},$$

де $(A_0, A_1, A_2, A_3)_{mq}$ – потенціал електромагнітного поля, створеного m -ю радіостанцією в місці розташування Q -ї приймальної радіостанції (рис. 1).

В залежності від того, які антени застосовуються радіостанцією (з безперервним розкриванням чи антенні решітки), складові потенціалу електромагнітного поля будуть розраховуватися по-різному. Наприклад, для радіостанцій з антенними решітками [16]:

$$\begin{aligned} (A_1)_{mq} &= \frac{\mu L_{mq}}{4\pi} \sum_{n=0}^{N-1} j_{x_n} \exp(-\psi_{x_n}) \frac{\exp\left(-i2\pi f_m \sqrt{\varepsilon\mu} \sqrt{(x_{npq} - x_n)^2 + (y_{npq} - y_n)^2 + (z_{npq} - z_n)^2}\right)}{\sqrt{(x_{npq} - x_n)^2 + (y_{npq} - y_n)^2 + (z_{npq} - z_n)^2}}, \\ (A_2)_{mq} &= \frac{\mu L_{mq}}{4\pi} \sum_{n=0}^{N-1} j_{y_n} \exp(-\psi_{y_n}) \frac{\exp\left(-i2\pi f_m \sqrt{\varepsilon\mu} \sqrt{(x_{npq} - x_n)^2 + (y_{npq} - y_n)^2 + (z_{npq} - z_n)^2}\right)}{\sqrt{(x_{npq} - x_n)^2 + (y_{npq} - y_n)^2 + (z_{npq} - z_n)^2}}, \\ (A_3)_{mq} &= \frac{\mu L_{mq}}{4\pi} \sum_{n=0}^{N-1} j_{z_n} \exp(-\psi_{z_n}) \frac{\exp\left(-i2\pi f_m \sqrt{\varepsilon\mu} \sqrt{(x_{npq} - x_n)^2 + (y_{npq} - y_n)^2 + (z_{npq} - z_n)^2}\right)}{\sqrt{(x_{npq} - x_n)^2 + (y_{npq} - y_n)^2 + (z_{npq} - z_n)^2}}, \\ (A_0)_{mq} &= \frac{1}{-i2\pi f_m \varepsilon\mu} \left(\frac{d}{dx_{npq}} (A_1)_{mq} + \frac{d}{dy_{npq}} (A_2)_{mq} + \frac{d}{dz_{npq}} (A_3)_{mq} \right). \end{aligned}$$

де: μ – абсолютна магнітна проникність операційного району, як середовища розповсюдження електромагнітних хвиль, Гн/м (якщо антена радіостанції знаходиться у повітрі $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м);

N – кількість випромінювачів в антенній решітці радіостанції;

$(j_{x_n}, j_{y_n}, j_{z_n})_m$ – розподіл амплітуд електричного струму в випромінювачах антенних решіток радіостанцій;

$(\psi_{x_n}, \psi_{y_n}, \psi_{z_n})_m$ – розподіл фаз електричного струму в випромінювачах антенних решіток радіостанцій;

f_m – частоти випромінювання радіостанцій (ГГц);

ε – абсолютна діелектрична проникність операційного району, як середовища розповсюдження електромагнітних хвиль, ф/м (якщо антена радіостанції знаходиться у повітрі $\varepsilon = \frac{10^{-9}}{36\pi}$ ф/м);

$(x_n, y_n, z_n)_m$ – координати випромінювачів антенних решіток радіостанцій;

$(x_{np}, y_{np}, z_{np})_q$ – координати приймальних радіостанцій;

L – функція ослаблення електромагнітної хвилі.

Графічно це можна пояснити за допомогою рис. 1, на якому показаний фрагмент антенної решітки радіостанції з розподілом струму по випромінювачах, та потенціали електромагнітного поля, сформовані радіостанцією в просторі операційного району.

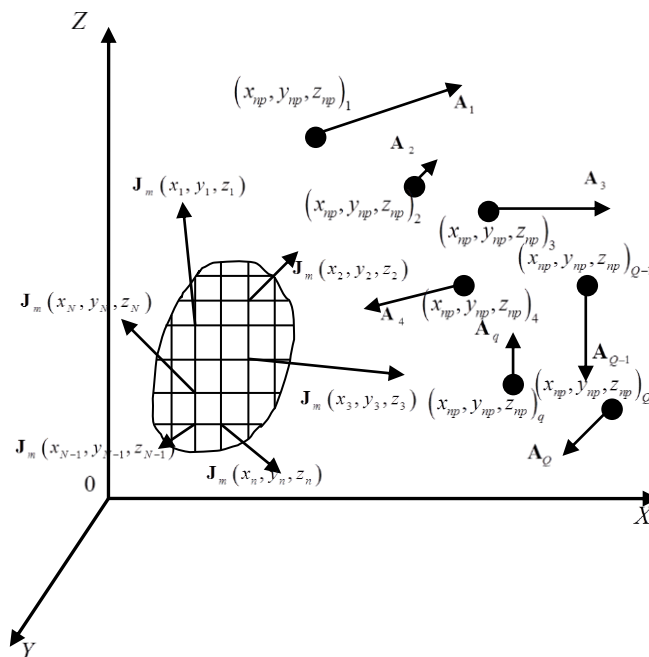


Рис. 1. Вектори електричного струму у випромінювачах антенної решітки m -ї передавальної радіостанції та потенціали електромагнітного поля в місцях розміщення Q приймальних радіостанцій

Враховуючи, що радіостанції формують 4-тензор електромагнітного поля не лише у місцях знаходження приймальних радіостанцій своєї системи радіозв'язку, а й у відомих і передбачуваних місцях знаходження засобів радіорозвідки противника, то під час радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення доцільно спотворити 4-тензори електромагнітного поля для засобів радіорозвідки за рахунок управління амплітудно-фазовим розподілом струму по розкриванню антен, зберігаючи відповідні 4-тензори для своїх приймальних радіостанцій. Таким

чином, в якості показника стійкості зв'язку до радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення доцільно обрати величину деформації електромагнітного поля в місцях знаходження приймальних радіостанцій своєї системи радіозв'язку під час радіомаскування.

На першому етапі необхідно визначити радіостанції, які підлягають радіомаскуванню. Для цього застосовується такий показник рівня радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення, як розвідувальна доступність системи радіозв'язку $R = K/M$, який являє собою відношення кількості замаскованих радіостанцій до загальної кількості радіостанцій, на яких розгортається система радіозв'язку військового призначення. За його допомогою встановлюється різниця між поточним і необхідним рівнями радіомаскування системи радіозв'язку по співвідношенню $\Delta R = R_{\text{нбх}} - R_{\text{пот}}$. Далі визначається кількість радіостанцій, що підлягають маскуванню, як $M\Delta R$, та множина незамаскованих радіостанцій $\bar{D}$, яка містить множину номерів радіостанцій $\bar{N}$ та їх кількість $(M - MR_{\text{пот}})$.

Отже, постановка завдання на визначення радіостанцій, які підлягають маскуванню виглядає так: із множини $\bar{D}$ визначити $M\Delta R$ радіостанцій, які підлягають маскуванню.

Для цього визначаються розвідувальні доступності r_m усіх радіостанцій з множини $\bar{D}$ для системи радіорозвідки противника. З отриманих розвідувальних доступностей радіостанцій будується ряд $r_{m_1} < r_{m_2} < r_{m_3}$, з якого для радіомаскування обираються перші $M\Delta R$ радіостанцій.

На другому етапі моделюємо радіомаскування для отримання коефіцієнтів стійкості радіоліній системи радіозв'язку до радіомаскування відносно електромагнітної доступності. Більш чітке уявлення про введення поняття деформації електромагнітного поля дає рис. 2.

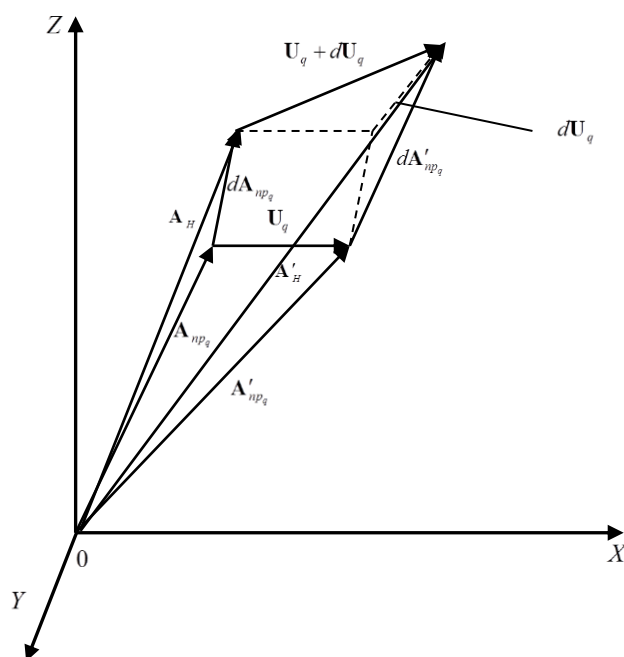


Рис. 2. Деформація електромагнітного поля в місці розміщення q-ї приймальної радіостанції через радіомаскування m-ї передавальної радіостанції

Розглянемо вихідний потенціал електромагнітного поля в місці розташування Q -ї приймальної радіостанції $\mathbf{A}_{npq} = (A_{npq_0}, A_{npq_1}, A_{npq_2}, A_{npq_3}) = (A_{npq_i})$ та вихідний потенціал електромагнітного поля в точці H , нескінченно близької до місця розташування приймальної радіостанції

$\mathbf{A}_H = (A_{H_0}, A_{H_1}, A_{H_2}, A_{H_3}) = (A_{H_i})$. З рис. 2 видно, що відстань між потенціалами $\mathbf{A}_{npq}$ та $\mathbf{A}_H$ можна розрахувати як $ds_q = \sqrt{dA_{npq_0}^2 + dA_{npq_1}^2 + dA_{npq_2}^2 + dA_{npq_3}^2} = \sqrt{dA_{npq_i} dA_{npq_i}}$. Після проведення радіомаскування (тобто змін параметрів $(j_{x_n} + \Delta j_{x_n}, j_{y_n} + \Delta j_{y_n}, j_{z_n} + \Delta j_{z_n})_m$, $(\psi_{x_n} + \Delta \psi_{x_n}, \psi_{y_n} + \Delta \psi_{y_n}, \psi_{z_n} + \Delta \psi_{z_n})_m$, $(f_m + \Delta f_m)$) потенціал електромагнітного поля в місці розташування приймальної радіостанції стане $\mathbf{A}'_{npq} = (A'_{npq_0}, A'_{npq_1}, A'_{npq_2}, A'_{npq_3}) = (A'_{npq_i})$, а потенціал електромагнітного поля в точці H , нескінченно близької до місця розташування приймальної радіостанції, стане $\mathbf{A}'_H = (A'_{H_0}, A'_{H_1}, A'_{H_2}, A'_{H_3}) = (A'_{H_i})$. Тоді вектор переміщення потенціалу електромагнітного поля в місці розташування приймальної радіостанції можна отримати так $U_{q_i} = A'_{npq_i} - A_{npq_i} = A'_{npq_i} (A_{npq_0}, A_{npq_1}, A_{npq_2}, A_{npq_3}) - A_{npq_i} = U_{q_i} (A_{npq_k})$. Відстань між потенціалами $\mathbf{A}'_{npq}$ та $\mathbf{A}'_H$ буде такою:

$$ds'_q = \sqrt{ds_q^2 + 2dA_{npq_i} dU_{q_i} + dU_{q_i} dU_{q_i}},$$

де $dU_{q_i} = \left(\partial U_{q_i} / \partial A_{npq_0} \right) dA_{npq_0} + \left(\partial U_{q_i} / \partial A_{npq_1} \right) dA_{npq_1} + \left(\partial U_{q_i} / \partial A_{npq_2} \right) dA_{npq_2} + \left(\partial U_{q_i} / \partial A_{npq_3} \right) dA_{npq_3} = U_{q_i,j} dA_{npq_j}$ – компоненти вектора переміщення потенціалу $\mathbf{A}_H$ відносно $\mathbf{A}_{npq}$.

Отже, коефіцієнт стійкості радіолінії mq до радіомаскування відносно електромагнітної доступності можна подати так:

$$\eta_{mq} = ds_q'^2 - ds_q^2 = 2(e_{ij}) dA_{npq_i} dA_{npq_j},$$

де $e_{ij} = \begin{pmatrix} e_{00} & e_{01} & e_{02} & e_{03} \\ e_{10} & e_{11} & e_{12} & e_{13} \\ e_{20} & e_{21} & e_{22} & e_{23} \\ e_{30} & e_{31} & e_{32} & e_{33} \end{pmatrix}$ – тензор деформації електромагнітного поля в околі приймальної

радіостанції, незалежні компоненти якого, спираючись на [17], можна розрахувати так:

$$e_{00} = \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_0}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_0}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_0}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_0}} \right)^2 \right],$$

$$e_{11} = \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_1}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_1}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_1}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_1}} \right)^2 \right],$$

$$e_{22} = \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_2}} + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_2}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_2}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_2}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_2}} \right)^2 \right],$$

$$\begin{aligned}
e_{33} &= \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_3}} + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_3}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_3}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_3}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_3}} \right)^2 \right], \\
e_{01} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_0}} \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_0}} \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_0}} \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_0}} \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_1}} \right), \\
e_{12} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_2}} + \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_1}} \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_2}} + \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_1}} \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_2}} + \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_1}} \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_2}} + \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_1}} \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_2}} \right), \\
e_{20} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_2}} + \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_2}} \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_2}} \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_2}} \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_2}} \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_0}} \right), \\
e_{23} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_3}} + \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_2}} + \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_2}} \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_3}} + \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_2}} \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_3}} + \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_2}} \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_3}} + \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_2}} \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_3}} \right), \\
e_{30} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_3}} + \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_3}} \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_3}} \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_3}} \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_0}} + \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_3}} \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_0}} \right), \\
e_{31} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_3}} + \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_3}} \frac{\partial U_{q_0}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_3}} \frac{\partial U_{q_1}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_3}} \frac{\partial U_{q_2}}{\partial A_{npq_1}} + \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_3}} \frac{\partial U_{q_3}}{\partial A_{npq_1}} \right).
\end{aligned}$$

Тепер рівень стійкості системи радіозв'язку до радіомаскування можна розрахувати як

$$S = \frac{\eta}{8M},$$

де η – кількість діючих ліній прямого зв'язку, отримана за допомогою коефіцієнта стійкості радіолінії до радіомаскування.

Висновки з дослідження і перспективи подальших досліджень у цьому напрямку

Таким чином, запропоновано новий метод математичного моделювання радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення, що отримав назву метод тензора поля, в основу якого покладене положення електродинаміки про те, що електромагнітне поле в будь-якій точці простору подається асиметричним 4-тензором другого рангу. Запропоновано показник стійкості радіолінії до радіомаскування, а саме коефіцієнт стійкості, як різниця квадратів відстаней між потенціалами електромагнітного поля в місті розміщення приймальної радіостанції до та після радіомаскування. Зокрема, радіолінія буде вважатися стійкою до радіомаскування за умови, коли даний показник залишиться на рівні нуля, або достатньо близьким до нього після радіомаскування. На його основі запропоновано показник стійкості зв'язку до радіомаскування системи радіозв'язку, як співвідношення кількості діючих ліній прямого зв'язку між радіостанціями до $8M$ радіоліній, виходячи з вимоги, що необхідна зв'язність системи радіозв'язку військового призначення на рухомих радіостанціях-ретрансляторах (однієї з найбільш проблемних систем) забезпечується за умови доступності для кожної радіостанції мінімум 8 сусідніх радіостанцій [18].

В подальших дослідженнях, по мірі розвитку новітніх методів радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення відносно систем радіорозвідки нового покоління, буде необхідно вдосконалювати метод тензора поля з метою врахування впливу новітніх методів радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення на стійкість зв'язку.

Список використаних джерел

1. Меньшаков Ю.К. *Виды и средства иностранных технических разведок [Текст]* / Ю.К. Меньшаков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009, 1955. – 656 с.
2. Мосов С. *Аерокосмическая разведка в современных военных конфликтах [Текст]* / С. Мосов. – К. : Изд.дом. Румб, 2008. – 248 с.
3. *Оружие и технологии России: энциклопедия. XXI век в 13 т. [Текст]* / под ред. зам. Пред. Прав-ва РФ – Министра обороны РФ С. Иванова. – М. : Изд. дом Оружие и технологи, 2006.
4. Т. XIII : Системы управления, связи и радиоэлектронной борьбы. – 2006 – 695 с.
5. Фиолентов А. *Французский авиационный комплекс радиоэлектронной разведки SARIG-NG [Текст]* / А. Фиолентов // *Зарубежное военное обозрение*. – 2002. – № 4. – С. 44–46.
6. Фароский А. *Средства радиоэлектронной войны ВМС Франции [Текст]* / А. Фароский // *Зарубежное военное обозрение*. – 2001. – № 5–6. – С. 75–82.
7. Стрелецкий А. *Мобильный автоматизированный комплекс радиоразведки сухопутных войск США [Текст]* / А. Стрелецкий // *Зарубежное военное обозрение*. – 2001. – № 5–6. – С. 40–42.
8. Стрелецкий А. *Система радиоэлектронной разведки сухопутных войск США Гардрейл коммон сенсор [Текст]* / А. Стрелецкий // *Зарубежное военное обозрение*. – 2001. – № 9. – С. 23–26.
9. Кондратьев А. *Перспективный комплекс РРТР и РЭВ сухопутных войск США Профет [Текст]* / А. Кондратьев // *Зарубежное военное обозрение*. – 2008. – № 7. – С. 37–41.
10. Стрелецкий А. *Американский перспективный наземный комплекс ведения радиоэлектронной войны Вулфпак [Текст]* / А. Стрелецкий // *Зарубежное военное обозрение*. – 2002. – № 10. – С. 27–28.
11. Палий А.И. *Радиоэлектронная борьба (средства и способы подавления и защиты радиоэлектронных систем) [Текст]* / А.И. Палий. – М. : Воениздат, 1981 – 320 с.
12. Сифоров В.И. *Радиоприемные устройства [Текст]* / В.И. Сифоров. – М. : Воениздат, 1954 – 804 с.
13. Изюмов Н.М. *Курс радиотехники [Текст]* / Н.М. Изюмов. – М. : Воениздат, 1958 – 684 с.
14. Вартанесян В.А. *Радиопеленгация [Текст]* / В.А. Вартанесян, Э.Ш. Гойхман, М.И. Рогаткин. – М. : Воениздат, 1966 – 248 с.
15. Цветнов В.В. *Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита [Текст]* / В.В. Цветнов, В.П. Демин, А.И. Куприянов. – М. : Изд-во МАИ, 1999. – 240 с.
16. Ландау Л.Д. *Краткий курс теоретической физики [Текст]* : в 3 кн. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. : Наука : Глав. ред. физ.-мат. лит., 1969.
17. Кн. I : Механика. Электродинамика. – 1969. – 271 с.
18. Зелкин Е.Г. *Методы синтеза антенн: Фазированные антенные решетки и антенны с непрерывным раскрытием [Текст]* / Е.Г. Зелкин, В.Г. Соколов. – М. : Соврадио, 1980 – 296 с.
19. Лейбензон Л.С. *Курс теории упругости [Текст]* / Л.С. Лейбензон. – М. : ОГИЗ, 1947. – 465 с.
20. Пасечников И.И. *Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей [Текст]* / И.И. Пасечников. – М. : Изд-во Машиностроение-1, 2004 – 216 с.

Рецензент: М.Ю. Яковлев д.т.н., с.н.с., Національна академія Сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного, м. Львів

**МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОМАСКИРОВКИ
СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПУТЁМ УПРАВЛЕНИЯ
АМПЛИТУДНО-ФАЗОВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТОКА ПО РАСКРЫВУ АНТЕННЫ
(МЕТОД ТЕНЗОРА ДЕФОРМАЦИИ)**

А.П. Волобуев

В статье предлагается новый метод математического моделирования радиомаскировки системы радиосвязи военного назначения путём управления амплитудно-фазовым распределением тока по раскрыву антенны, разработанный на основе аппарата тензорного исчисления, предназначенный для решения задачи оценивания устойчивости связи к радиомаскировке системы радиосвязи.

Ключевые слова: математическое моделирование, система радиосвязи военного назначения, радиомаскировка, устойчивость связи к радиомаскировке, деформация электромагнитного поля.

**MATHEMATICAL SIMULATION METHOD OF TACTICAL RADIOSYSTEM
RADIOCAMOUFLAGE BY GAIN-PHASE ELECTRIC CURRENT DISTRIBUTION
CONTROL ACROSS ANTENNA APERTURE (DEFORMATION TENSOR METHOD)**

A. Volobuev

In this paper new mathematical simulation method of tactical radiosystem radiocamouflage by gain-phase electric current distribution control across antenna aperture is offered. The method is tensoring method. This one is designed for communication stability to radiocamouflage estimating.

Keywords: mathematical simulation, tactical radiosystem, communication stability to radiocamouflage, electromagnetic field deformation.

УДК 537.876.4

Б.О. Дем'янчук, д.т.н., доц.,**В.Ф. Обертас**,**В.А. Маханьков***Військова академія (м. Одеса), Україна*

ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ ЗБІЛЬШЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Запропонована методика оцінки результатів техніко-економічного порівняння варіантів маскування військової автомобільної техніки (ВАТ) для зберігання її функцій під час застосування противником активних і пасивних засобів технічної розвідки в діапазонах частот: в радіолокаційному; інфрачервоному (ІЧ-); оптичному, а також акустичних хвиль від шумів двигуна та теплових випромінювань, з метою пошкодження. Зіставлення варіантів здійснюється за критерієм ефективність-вартість для альтернатив маскування.

Ключові слова: *технічні засоби маскування, пасивні засоби зниження помітності техніки, альтернативи маскування ВАТ, критерій ефективність-вартість.*

Вступ

Надійне маскування ВАТ від численних технічних засобів розвідки її супротивником в умовах сучасного бойового протистояння є принципово потрібним. Захист інформації про координати дислокації і про напрям переміщення ВАТ в процесі застосування за призначенням однозначно сприяє живучості ВАТ, яка є однією із цілей для вогневого ураження.

Надія на вирішення проблеми живучості ВАТ шляхом її своєчасного відновлення, у разі її вогневого ураження супротивником, в умовах застосування високоточної зброї і динаміки сучасного бою, є сумнівною, тому що час відновлення ВАТ, що отримала навіть середні пошкодження, займатиме доби [1].

Саме з цієї причини принципово потрібне надійне збереження функцій ВАТ в процесі маршу або на позиції (до застосування супротивником високоточної зброї за результатами, що отримані від активних і пасивних засобів його технічної розвідки у вказаних діапазонах електромагнітних і акустичних хвиль) [2].

Актуальність теми

Необхідність порівняння альтернатив захисту ВАТ від засобів технічної розвідки супротивника у вказаних діапазонах хвиль визначають декілька чинників.

По-перше, варіанти доцільного маскування повинні бути не лише організовані, але і заздалегідь оцінені за адекватними для ситуації техніко-економічними показниками, тобто за показниками їх ефективності та фінансових витрат.

По-друге, засоби зарубіжного виробництва для зниження помітності ВАТ і збільшення скритості її функціонування, які відомі по публікаціях, навіть в цілях комерції не завжди рекламуються. На практиці застосовуються нечасто, можливо, у зв'язку з тим, що за показником ефективність-вартість вимогам не відповідають. Показовим прикладом є програми розробки поглинаючих матеріалів перларам і STEALTH для зниження радіолокаційної помітності технічних об'єктів. Розробка цих матеріалів коштувала понад 2-х мільярдів \$, а ефективність цих засобів є недостатньо переконливою [3, 4].

По-третє, в останні два десятиліття, незважаючи на символічний інтерес з боку високих замовників в окремих ВВНЗ нашої країни розробки засобів маскування ведуться активно. Отримані, опубліковані та навіть запатентовані технології отримання комплектуючих для полімерних покриттів. Здійснюється виготовлення лабораторних зразків феритових матеріалів для зниження помітності техніки в радіолокаційному та в ІЧ-діапазоні хвиль. Отримані результати не поступаються

за ефективністю та технологічністю застосування вказаним закордонним зразкам. Прикладом є роботи, що протягом десяти років активно ведуться у Військовій академії. Отримані співробітниками результати, а саме, теорія, технологія створення і лабораторні зразки не поступаються відомим зразкам, які вже є прийнятими на озброєння [5, 6, 7].

Мета методики

Основною метою є техніко-економічне зіставлення варіантів пасивного маскування (шляхом зниження помітності) зразків деякого типового ВАТ від окремих виглядів технічної розвідки супротивником в різних частотних діапазонах електромагнітних хвиль, а також від їх акустичної і теплової розвідки супротивником, шляхом застосування, наприклад, звуко- і тепло-ізолюючих кожухів для зниження бортових шумів від двигунів, що гріються і випромінюють хвилі в ІЧ-діапазоні під час роботи.

Постановка завдання. Визначимо сукупність можливих альтернативних варіантів для маскування для їх техніко-економічного порівняння. Номери альтернатив застосування пасивних засобів маскування ВАТ від засобів технічної розвідки супротивника позначимо римськими цифрами:

0 – маскування немає (нульовий варіант);

I – застосовується маскування лише у вигляді зменшення радіолокаційної помітності;

II – застосовується маскування (зменшення помітності) лише в ІЧ-діапазоні хвиль;

III – застосовується маскування (зменшення помітності) лише в оптичному діапазоні;

IV – застосовується маскування (послаблення шумів) лише в тепловому і акустичному діапазоні;

V – застосовується маскування одночасно в п'яти діапазонах хвиль (радіолокаційному; інфрачервоному; оптичному; тепловому; акустичному).

Позначення подій, що є очікуваними в типовій обстановці застосування ВАТ:

A – подія радіолокаційного виявлення і обстрілу ВАТ супротивником;

A_i – подія виявлення і обстрілу ВАТ на i -му інтервалі дальності від ВАТ до радіолокатора супротивника;

B – подія виявлення і обстрілу ВАТ супротивником в ІЧ-діапазоні;

B_j – подія виявлення і обстрілу ВАТ на j -му інтервалі дальності від ВАТ до ІЧ-виявника противника;

C – подія виявлення і обстрілу ВАТ супротивником в оптичному діапазоні;

C_k – подія виявлення за даними БПЛА і обстрілу ВАТ на k -му інтервалі дальності від ВАТ до наземної вогневої позиції супротивника;

F – подія виявлення і обстрілу ВАТ супротивником за результатами теплової і акустичної розвідки;

F_m – подія виявлення за даними теплової і акустичної розвідки та обстрілу ВАТ на m -му інтервалі дальності від ВАТ до засобів вогневої дії супротивника;

$\bar{A}$; $\bar{B}$; $\bar{C}$; $\bar{F}$ – події, що протилежні названим;

D – подія успішного підірвання ВАТ супротивником;

E – подія збереження функцій ВАТ під час дії супротивника.

Вважаємо, що заходи, які прийняті при створенні ВАТ, помітно послабляють помітність ВАТ з боку супротивника, тобто послабляють сигнал, відбитий від ВАТ, наприклад, на 19 дБ (у 81 раз), що сприяє зменшенню дальності виявлення ВАТ супротивником приблизно в ($\sqrt[4]{81}$) 3 рази.

Доцільно, у зв'язку з цим, розбити увесь інтервал виявлення (і вогневої дії ракет супротивника) на 3 (нерівноцінних по ефективності для супротивника) підінтервали і вважати, що середня вірогідність вражаючого успіху супротивника на цих підінтервалах тим більше, чим менше номер підінтервалу, а самий менший номер підінтервалу дальності відповідає найбільш віддаленому від ВАТ підінтервалу.

Для визначеності вважаємо, що вірогідність успішного підбивання БАТ супротивником (у разі його виявлення і обстрілу) дорівнює $P(D) = 0,9$.

Оскільки підінтервали (для одного виду розвідки) однакові та початок кожного з них приблизно відповідає третій частині максимальної ефективності успіху супротивника, то доцільно вважати, що початок першого, другого і третього підінтервалів відповідають вірогідностям успіху супротивника, що дорівнюють відповідно: 0,75; 0,50; 0,25, а їх середні значення відповідають вірогідностям: P_i, P_j, P_k, P_m , залежним від дальності розвідки супротивником БАТ і вогневої досяжності виглядів самонавідних ракет або бомб супротивника. Ці вірогідності відмінні та, в умовах неможливості забезпечити малі дальності розвідки, через небезпеку їх ураження засобами ураження сторони, що захищається, за даними експертів, дорівнюють:

$$P_i = 0,60; 0,36; 0,12; \quad P_j = 0,52; 0,30; 0,08; \quad P_k = 0,68; 0,45; 0,22; \quad P_m = 0,49; 0,45; 0,30. \quad (1)$$

Події щодо втрати або збереження функцій БАТ, в умовах конкретних варіантів маскуванню, можуть бути представлені у вигляді:

$$\begin{aligned} 0: & \{[A + B + C + F] \cdot D\}; \\ I: & \{[\bar{A} + B + C + F] \cdot D\}; \\ II: & \{[A + \bar{B} + C + F] \cdot D\}; \\ III: & \{[A + B + \bar{C} + F] \cdot D\}; \\ IV: & \{[A + B + C + \bar{F}] \cdot D\}; \\ V: & \{[\bar{A} + (\bar{B}) + \bar{C} + \bar{F}] \cdot D\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Тоді, згідно (2), враховуючи вірогідності (1), отримаємо, що вірогідності маскуванню БАТ для кожного з альтернативних варіантів (0; I; II; III; IV; V), відповідно (1) і з урахуванням рівня вірогідності події D, а саме, $P(D) = 0,9$, дорівнюють:

$$\begin{aligned} 0: E_0 &= 1 - \{[1 - \prod_1^3(1 - P_i)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_j)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_k)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_m)]\} \cdot P(D)/4 = 1 - \{0,775 + 0,691 + 0,863 + 0,804\} \cdot 0,9/4 = 0,295; \\ I: E_I &= 1 - \{[P_i = 0,36] + [1 - \prod_1^3(1 - P_j)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_k)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_m)]\} \cdot xP(D)/4 = 1 - \{0,36 + 0,691 + 0,863 + 0,804\} \cdot 0,9/4 = 0,388; \\ II: E_{II} &= 1 - \{[1 - \prod_1^3(1 - P_i)] + [P_j = 0,30] + [1 - \prod_1^3(1 - P_k)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_m)]\} \cdot xP(D)/4 = 1 - \{0,775 + 0,30 + 0,863 + 0,804\} \cdot 0,9/4 = 0,383; \\ III: E_{III} &= 1 - \{[1 - \prod_1^3(1 - P_i)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_j)] + [P_k = 0,45] + [1 - \prod_1^3(1 - P_m)]\} \cdot P(D)/4 = 1 - \{0,775 + 0,691 + 0,45 + 0,804\} \cdot 0,9/4 = 0,388; \\ IV: E_{IV} &= 1 - [1 - \prod_1^3(1 - P_i)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_j)] + [1 - \prod_1^3(1 - P_k)] + [P_m = 0,45] \cdot P(D)/4 = 1 - \{0,775 + 0,691 + 0,863 + 0,45\} \cdot 0,9/4 = 0,374; \\ V: E_V &= 1 - \{[P_i = 0,36] + [P_j = 0,30] \cdot [P_k = 0,45] \cdot [P_m = 0,45]\} \cdot P(D)/4 = 1 - \{0,432 + 0,360 + 0,540 + 0,540\} \cdot 0,9/4 = 0,649. \end{aligned} \quad (3)$$

Отже, з урахуванням (3), прирости корисного ефекту для кожної альтернативи маскуванню БАТ дорівнюють:

$$\begin{aligned} I: \Delta E_I &= E_I - E_0 = 0,093; & IV: \Delta E_{IV} &= E_{IV} - E_0 = 0,079; \\ II: \Delta E_{II} &= E_{II} - E_0 = 0,088; & V: \Delta E_V &= E_V - E_0 = 0,354. \\ III: \Delta E_{III} &= E_{III} - E_0 = 0,093; \end{aligned} \quad (4)$$

Відносні прирости корисного ефекту залежно від номера альтернативи маскуванню БАТ згідно (4) дорівнюють:

$$\begin{aligned} I: \Delta E_I / E_0 &= (E_I - E_0) / E_0 = 0,093 / 0,295 = 0,315; \\ II: \Delta E_{II} / E_0 &= (E_{II} - E_0) / E_0 = 0,088 / 0,295 = 0,298; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{III: } \Delta E_{\text{III}}/E_0 &= (E_{\text{III}} - E_0)/E_0 = 0,093/0,295 = 0,315; \\
\text{IV: } \Delta E_{\text{IV}}/E_0 &= (E_{\text{IV}} - E_0)/E_0 = 0,079/0,295 = 0,268; \\
\text{V: } \Delta E_{\text{V}}/E_0 &= (E_{\text{V}} - E_0)/E_0 = 0,354/0,295 = 1,200.
\end{aligned}
\tag{5}$$

Оцінімо (як приклад) витрати на серійну реалізацію кожного варіанта захисту БАТ, вважаючи, що площа покриття БАТ дорівнює 50 м^2 . Собівартості засобів захисту дорівнюють: для покриття протирадіолокаційного площею 1 м^2 вона дорівнює $250 \$$; собівартість покриття 1 м^2 для захисту в ІЧ-діапазоні – $250 \$$; собівартість покриття 1 м^2 для захисту в оптичному діапазоні – $10 \$$; загальна собівартість захисту БАТ в тепловому і акустичному діапазонах – $4000 \$$. Тоді, з урахуванням застосування (у разі комплексного захисту БАТ) широкосмугових по частоті феритових покриттів, отримаємо витрати:

$$\begin{aligned}
\text{I: } \Delta S_1 &= 250 \cdot 50 = 12\,500 \$; & \text{IV: } \Delta S_4 &= 4\,000 \$; \\
\text{II: } \Delta S_2 &= 250 \cdot 50 = 12\,500 \$; & \text{V: } \Delta S_5 &= 17\,000 \$. \\
\text{III: } \Delta S_3 &= 10 \cdot 50 = 500 \$;
\end{aligned}
\tag{6}$$

За умов початкової вартості зразка БАТ, що дорівнює $S_0 = 20\,000 \$$, оцінімо відносні прирости витрат, згідно (6), у зв'язку з маскуванням зразка по кожному з варіантів, у вигляді:

$$\begin{aligned}
\text{I: } \Delta S_1/S_0 &= 12500/20\,000 = 0,625; & \text{IV: } \Delta S_4/S_0 &= 4\,000/20\,000 = 0,200; \\
\text{II: } \Delta S_2/S_0 &= 12500/20\,000 = 0,625; & \text{V: } \Delta S_5/S_0 &= 17000/20\,000 = 0,850. \\
\text{III: } \Delta S_3/S_0 &= 500/20\,000 = 0,025;
\end{aligned}
\tag{7}$$

У результаті можливо побудувати еластичний показник ефективність-вартість кожного з варіантів маскування БАТ при застосуванні пасивних засобів протидії технічній розвідці супротивника, що спрямовані на часткове або комплексне зниження помітності БАТ на позиції і на марші.

Введемо цей показник як відношення корисного ефекту (приросту корисного ефекту від маскування) у вигляді (5) до приросту витрат через маскування у вигляді (7) для усіх п'яти альтернатив маскування БАТ. Показник має сенс: на кількість відсотків збільшується ефективність маскування БАТ на кожний відсоток фінансових витрат для реалізації конкретного варіанта маскування у вигляді:

$$\begin{aligned}
\text{I: } Q_I &= \frac{\Delta E_I/E_0}{\Delta S_I/S_0} = \frac{0,315}{0,625} = 0,50; \\
\text{II: } Q_{II} &= \frac{\Delta E_{II}/E_0}{\Delta S_{II}/S_0} = \frac{0,298}{0,625} = 0,48; \\
\text{III: } Q_{III} &= \frac{\Delta E_{III}/E_0}{\Delta S_{III}/S_0} = \frac{0,315}{0,025} = 12,60; \\
\text{IV: } Q_{IV} &= \frac{\Delta E_{IV}/E_0}{\Delta S_{IV}/S_0} = \frac{0,268}{0,200} = 1,34; \\
\text{V: } Q_V &= \frac{\Delta E_V/E_0}{\Delta S_V/S_0} = \frac{1,200}{0,850} = 1,41.
\end{aligned}
\tag{8}$$

Висновки

1. Найбільш прийнятним доцільно визнати варіант **V** маскування БАТ, який забезпечує максимальне значення нормованого показника ефективності протидії технічній розвідці. Нормований показник ефективності протидії під час реалізації варіанта **V** перевищує у (3,8...4,5) разів інші нормовані показники ефективності маскування, які досягаються за допомогою варіантів: I, II, III, IV (див. (5)).

2. Реалізація варіанта захисту **V**, в умовах застосування супротивником комплексу засобів технічної розвідки, сприяє (за рахунок застосування покриття з широкою смугою частот) зменшенню на 40 % витрати, в порівнянні з сумарними витратами на реалізацію окремо 1-го, 2-го, 3-го і 4-го варіантів, кожний з яких не гарантує захист БАТ від розвідки в радіолокаційному, ІЧ-, оптичному діапазонах, в діапазоні теплових випромінювань і в акустичному.

3. За показником ефективність-вартість найбільш прийнятним є захист від засобів оптичної розвідки (за варіантом **III**), проте, його нормований показник ефективності протидії технічній розвідці

нижче відповідного показника (за варіантом **V**) у 4 рази. Крім того, саме варіант **V** захисту займає за показником ефективність-вартість високе друге місце. Цей варіант сприяє отриманню майже 1,5 відсотків приросту захисного ефекту на кожний відсоток витрат фінансів.

4. Важливо відмітити, що розглянута методика для порівняльної кількісної оцінки варіантів захисту ВАТ і вибору прийнятного не претендує на видачу конкретних точних рекомендацій для ухвалення рішення особою, що приймає рішення (ОПР). Методика допомагає лише краще зорієнтуватися в полі можливих рішень на основі порівняльної кількісної оцінки ризиків і вигадів від прийнятого рішення. Остаточний вибір альтернативи залежить від рівня інформованості та переваг ОПР. Це завжди є прерогативою ОПР, яка враховує множину інших, непіддатливих розрахунку чинників: юридичної, психологічної, політичної природи, очікуваних перспектив зміни ситуації і тому подібних чинників.

Список використаних джерел

1. Особенности боевого применения высокоточных сред. Кибалко; под общ. ред. Ю.Н. Черного. – Минск : 1034 ЦВИАИ, 2008. – 102 с.
2. Львова Л. А. Радиолокационная заметность летательных аппаратов: моногр. / Л.А. Львова. – Снежинск : Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 2003. – 232 с.
3. Физические основы диапазонных технологий типа Стелс / С.А. Масалов, А.В. Рыжак, О.И. Сухаревский, В.М. Шкиль. – СПб. : ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 1999. – 250 с.
4. Сотников А.М. Оценка отражающих свойств наземных и воздушных объектов с пассивной защитой на основе композитных радиоизотопных покрытий / А.М. Сотников, Р.Г. Сидоренко // Системи управління, навігації та зв'язку – К., 2009. – Вип. 1(9). – С. 70–74.
5. Дем'янчук Б.О. Матеріали-перетворювачі електромагнітної енергії в теплову. Вимоги. Основи технології / Б.О. Дем'янчук // Технологія і конструювання в електронній апаратурі. – 2006. – № 5. – С. 3–35.
6. Дем'янчук Б.О. Метод корекції хвильових опорів модифікованих радіозахисних композитів з гетерогенними наповнювачами / Б.О. Дем'янчук // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2011. – № 31. – С. 39–45.
7. Дем'янчук Б.О., Гончарук А.А. Патент 102742 України, МПК H01P 7/00. Спосіб одержання композитного матеріалу-перетворювача енергії поля / Публікації. 12.08.2013, Бюл. № 15.

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Б.А. Демьянчук, В.Ф. Обертас, В.А. Маханьков

Предложенная методика оценки результатов технико-экономического сравнения вариантов маскировки военной автомобильной техники (ВАТ) для сохранности ее функций во время применения противником активных и пассивных средств технической разведки в диапазонах: радиолокации; инфракрасных (ИК-); оптических и акустических волн от шумов двигателя с целью повреждения. Сопоставление альтернатив осуществляется по критерию эффективность-стоимость для альтернатив маскировки.

Ключевые слова: технические средства разведки, пассивные средства снижения заметности техники, альтернативы маскировки ВАТ, критерий эффективность-стоимость.

COMPARISON VARYANTOV INCREASE VITALITY MILITARY VEHICLES

B. Demyanchuk, V. Obertas, V. Mahankov

The proposed methodology for assessing the results of the technical and economic comparison of options military vehicles for the preservation of its functions during the use by the enemy of active and passive technical reconnaissance in the ranges: radiolocation; Infrared; optical and acoustic waves from engine noise in order to damage. Comparison of alternatives is carried out by the criterion efficiency-cost for cloaking alternatives.

Keywords: technical means of reconnaissance, passive means of reducing the visibility of technology, alternatives to camouflage, criterion efficiency-cost.

УДК 628.94

В.В. Головенський,**В.Д. Лісовенко** к.т.н., доц.*Кременчуцький льотний коледж Національного авіаційного університету*

ВИКОРИСТАННЯ ХВИЛЬ ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ АВІАЦІЙНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ У СКЛАДНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Проведено аналіз прозорості атмосфери для хвиль інфрачервоного діапазону випромінювання. Рекомендовано використовувати в якості джерел випромінювання високоефективні світлодіоди, спектри випромінювання яких повинні співпадати з вікнами прозорості атмосфери, що значно збільшує відстань спостереження світлових сигналів за умови використання приладів нічного бачення при несприятливих погодних умовах.

Ключові слова: вікна прозорості атмосфери, світлодіод, прилад нічного бачення.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Постановка завдання

Розвиток турбогвинтових і реактивних повітряних суден та інтенсифікація перевезень вимагає модернізації радіо- і світлотехнічного устаткування аеродромів для забезпечення безпеки та регулярності польотів. Залежно від розташованого на аеродромі обладнання для посадки встановлюються мінімуми погоди для кожного типу повітряного судна (ПС), яке може здійснювати посадку на цей аеродром. Серед цього комплексу все більшого значення набуває світлотехнічне обладнання, що забезпечує посадку і зліт повітряних суден у нічний час у складних метеорологічних умовах – найбільш важких і відповідальних етапах польоту.

Використання інструментального заходу на посадку і посадки при автоматичному та ручному пілотуванні недостатньо для забезпечення безпечної посадки повітряного судна у зв'язку з тим, що пілот починає бачити посадкові вогні та злітну полосу на дуже малій висоті і відстані. Наприклад, для посадової категорії А з висоти 30 м, при видимості 200 м. Тому на завершальному етапі польоту пілота необхідно швидко і правильно визначити розташування ПС в просторі відносно злітно-посадкової смуги, а це досягається візуальним спостереженням світлосигнальних знаків, посадкової смуги і підходів до неї, що особливо складно в умовах поганої видимості. Використання більш потужних посадкових вогнів, наприклад, при метеорологічній дальності видимості ($MDB S_m = 350$ м) збільшення сили світла вогню з 15000 до 30000 кд, тобто в 2 рази, дає збільшення дальності його видимості з 400 до 440 м, тобто всього на 10 %. [1] Тобто, при поганих метеорологічних умовах дальність видимості вогнів більшої потужності суттєво не зростає.

Мета та завдання

На сьогодні існують розрахунки видимості світлових сигналів залежно від: сили світла, атмосферних умов, які використовуються для видимого діапазону світлових хвиль за умови забезпечення порогової освітленості на зіниці ока спостерігача. Послаблення атмосферою світлового потоку залежить від довжини хвилі випромінювання, кількості та розмірів крапель води, льоду, пилу на одиницю об'єму повітря. Якщо розміри цих частинок менше довжини хвилі світлового випромінювання, то світло з більш довгими хвилями краще проходить через атмосферу. Тобто атмосфера пропускає довгохвильові промені краще ніж короткохвильові, особливо це характерно для інфрачервоного діапазону випромінювання.

Для збільшення відстані спостереження світлових сигналів необхідно проаналізувати яким чином сигнальний промінь взаємодіє з атмосферою.

Від джерела до точки спостереження випромінювання проходить через атмосферу, яка складається з суміші газів, аерозолів та твердих часток, а її оптичні характеристики залежать від багатьох чинників: температури, пори року, географічного розташування і т. д. Дотепер проблема

збільшення дальності виявлення світлового сигналу вирішувалася за рахунок збільшення потужності джерела випромінювання без урахування особливостей проходження через атмосферу випромінювання з різними довжинами хвиль. Тому метою даної роботи є аналіз проходження різних хвиль інфрачервоного випромінювання через атмосферу та з'ясування вимог для світлосигнальних пристроїв і приладів спостереження, узгодивши довжини хвиль випромінювача і фотоприймача з вікнами прозорості атмосфери, завдяки яким можна було б значно збільшити відстань спостереження світлових сигналів.

Аналіз особливостей проходження випромінювання через атмосферу

Особливості прозорості атмосфери залежать як від географічного положення пристроїв сигналізації біля аеродромів або портів – довготи, широти, висоти над рівнем моря, так і від кліматичних умов – близькість річок, морів, пустель, присутність у повітрі промислових викидів – газів, часток диму.

Прозорість атмосфери значною мірою змінюється при добових коливаннях температури та вологості повітря. Атмосфера землі є середовищем, що складається із суміші газів і водяної пари зі зваженими частками аерозолів, якими можуть бути краплини води, частки диму, пил та інше. Розміри часток коливаються від $5 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ мкм. Приземні шари атмосфери є сумішшю азоту (78 %), кисню (21 %) та інших газів, наприклад, аргону, ксенону, вуглекислого газу. Основна кількість водяної пари зосереджена в нижньому п'ятикілометровому шарі атмосфери. Частки і домішки, що містяться в атмосфері, впливають на умови проходження випромінювання. Розсіювання променевої енергії частками, розміри яких значно менші довжини хвилі випромінювання, суттєво зменшується. Саме цим і пояснюється краще походження ІЧ-випромінювання порівняно з видимим [1].

Розглянемо це більш детально. Залежно від співвідношення між довжиною хвилі променевого потоку і розмірами часток середовища, розсіювання може бути молекулярним (на досить малих частках), дифракційним (на частках, порівняних з довжиною хвилі) і геометричним (на частках великих розмірів).

При проходженні видимого та інфрачервоного випромінювання через атмосферу спостерігається вибіркове поглинання його багатоатомними молекулами газів і водяним паром. Вибіркове поглинання, яке виникає тільки при певних довжинах хвиль, пояснюється тим, що воно відбувається на тих хвилях, частота яких є резонансною для молекул атмосферних газів.

Найбільше ІЧ-випромінювання поглинається парами води, а з газів атмосфери – вуглекислим газом (CO_2) і озоном (O_3). У приземному шарі атмосфери смуги поглинання парів води перекривають смуги поглинання інших газів. Смуги поглинання водяної пари відповідають ділянкам спектра поблизу довжин хвиль 0,92; 1,13; 1,4; 1,88; 2,7; 3,2; і 6,3 мкм.

Вуглекислий газ характерний потужним поглинанням при довжинах хвиль 2,7; 4,3; і 14,5 мкм. Остання смуга поглинання шириною 13–17 мкм поряд зі спектром поглинання водяної пари при $\lambda > 17$ мкм є однією з основних причин непрозорості атмосфери для інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі більш 14 мкм.

Найбільш сильна лінія поглинання озоном проходить близько 9,6 мкм. Відсоток вмісту озону в атмосфері незначний, тому його поглинаючою здатністю можна зневажати, виняток становить післягрозовий період, коли в повітрі різко збільшується його вміст.

Ділянки особливої прозорості для інфрачервоного випромінювання, так звані вікна прозорості, розподіляються в такий спосіб: [3]

0,95–1,05 мкм;	3,3–4,2 мкм;
1,2–1,3 мкм;	4,5–5,1 мкм;
1,5–1,8 мкм;	8–13 мкм.
2,1–2,4 мкм.	

Інфрачервоні промені з такими довжинами хвиль досить легко проходять через атмосферу, причому тим краще, чим більша довжина їх хвилі.

Відносна величина проникнення у вікнах прозорості не є однозначною для всіх умов, вона залежить від висоти над рівнем моря і вмісту в атмосфері водяної пари. Зі збільшенням висоти щільність повітря і вміст у ньому водяної пари зменшується, відповідно зростає прозорість атмосфери і збільшується ширина смуг проникнення.

У приземних шарах атмосфери завжди є в зваженому стані тверді та рідкі частки, що утворюють хмари, тумани й атмосферні опади. На цих частках відбувається дифракційне і геометричне розсіювання інфрачервоного випромінювання.

Було встановлено, що характер та інтенсивність дифракційного розсіювання залежить від співвідношення між радіусом часток r , що розсіюють, і довжиною хвилі падаючого випромінювання λ .

Якщо радіус крапель туману стає більш 60 мкм, вони випадають на землю у вигляді дощу. Для часток із $r > 60$ мкм розсіювання коротко і середньохвильового інфрачервоного випромінювання (з λ до 12 мкм) уже практично не залежить від довжини хвилі, а залежить тільки від розміру крапель. Може виникнути питання: чи не буде додатково позначатися вибіркове поглинання випромінювання у водяних краплях під час дощу? За наявними даними кількість води, що утримується в дощових краплях при помірному дощі, набагато менша, ніж кількість води, що знаходиться в атмосфері у вигляді водяної пари. Навіть в 1 м^3 повітря утримується тільки близько 5 г води, а водяного пару в насиченому повітрі при $+25^\circ \text{C}$ утримується 25 г. Тому вибіркове поглинання в краплях води незначне порівняно з вибірковим поглинанням у водяній парі.

Таким чином, дощ не викликає помітного збільшення вибіркового поглинання у вікнах прозорості. Ослаблення хвиль інфрачервоного і видимого діапазонів у дощі приблизно однакове, тобто, якщо око здатне знайти в дощі на якійсь відстані джерело світла, незважаючи на розсіювання світла краплями дощу, то приблизно на таку ж відстань передаватиметься відповідна кількість інфрачервоної енергії. Виняток становлять ділянки спектра, що відповідають смугам прозорості атмосфери.

Висновки:

1. Атмосфера неоднорідна для проходження світла з різними довжинами хвиль, тому збільшення потужності джерела світла з широким спектром випромінювання (лампи розжарювання) не призводить до пропорційного збільшення відстані спостереження, тому що більшість світлової енергії поглинається атмосферою.

2. За інших рівних умов при прозорій атмосфері або при серпанку чи тумані ІЧ хвилі проходить через атмосферу значно краще видимого, даючи значний вигравш у дальності проникнення. Це пояснюється тим, що при малому розмірі часток, що замутиють атмосферу, розсіювання зменшується при збільшенні довжини хвилі падаючого випромінювання. Тому, в деяких випадках, можна одержати майже 20-ти кратне збільшення дальності дії порівняно з видимим світлом. На підставі зазначеного можна орієнтовно судити про ефективність використання ІЧ-випромінювання з різними довжинами хвиль у тих або інших атмосферних умовах [4].

3. Для збільшення дальності спостереження необхідно використовувати ті довжини хвиль, які найменше поглинаються атмосферою, тобто розробляти такі світлосигнальні пристрої і прилади спостереження, які використовують довжини хвиль, що співпадають з вікнами прозорості атмосфери.

4. Для розробки світлосигнальних пристроїв, які б максимально використовували вікна прозорості атмосфери, необхідні джерела світла з вузьким спектром випромінювання, який повинен повністю співпадати з відповідним вікном прозорості атмосфери. Такими джерелами світла можуть бути високоефективні світлодіоди, які мають майже монохроматичне випромінювання.

5. Найбільш широкими та прозорими є два вікна прозорості атмосфери: 0,95–1,05 мкм і 8–13 мкм. Тому для отримання максимального ефекту необхідно з цими довжинами хвиль узгоджувати як випромінювачі, так і фоторезисторні або фотодіодні матриці приладів спостереження. Наприклад, для першого вікна прозорості (0,95–1,05 мкм) найбільш придатні для виготовлення випромінювачів є інфрачервоні світлодіоди, в яких р-п-перехід виготовлений з матеріалу GaAsSi, що забезпечує випромінювання з довжиною хвиль 980 нм. Для інших вікон прозорості необхідні світлодіоди з більшою довжиною хвиль, для яких використовуються гетеро-переходи на основі GaInAs. Інфрачервоний діапазон спектра випромінювання від 740 нм до 18 мкм часто називають тепловим, тому і прилади спостереження, які використовують у цьому діапазоні довжин хвиль, отримали назву тепловізори або системи нічного бачення, спектральні характеристики цих приладів також треба налаштовувати на вікна прозорості атмосфери.

Список використаних джерел

1. Фрид Ю.В. Электро-сигнальное оборудование аэродромов / Фрид Ю.В., Величко Ю.К., Козлов В.Д.; Минск. нац.ун-т. транспорту. – Минск, 1988. – 318 с.
2. Гарковенко А.С. Новые лазеры. Методы, средства и технологии. / [Гарковенко А.С., Зубарев В.В., Ленков С.В., Лукомский Д.В., Мокрицкий В.Л] Одесса. : – Астропринт., 2002. – 280с.
3. Лісовенко Д.В. Адаптація світлосигнальних приладів до особливостей проходження світла через атмосферу / Д.В. Лісовенко // Нові технології. – 2008. – № 3 (21) – С. 81–85
4. Лісовенко Д.В. Багатофункціональна мобільна енергоефективна світлосигнальна система на базі світлодіодного випромінювання / Д.В. Лісовенко // Збірник Військового інституту Київського Національного університету імені Тараса Шевченка. – 2005. – № 1 – С. 102–106.

Рецензент: Б.О. Дем'янчук, д.т.н., доц. Військова академія (м. Одеса)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.

В.В. Головенский, В.Д. Лисовенко

Проведен анализ прозрачности атмосферы для волн инфракрасного диапазона излучения. Рекомендуется использовать в качестве источников излучения высокоэффективные светодиоды, спектры излучения которых должны совпадать с окнами прозрачности атмосферы, значительно увеличивает расстояние наблюдения световых сигналов при использовании приборов ночного видения при неблагоприятных погодных условиях.

Ключевые слова: окна прозрачности атмосферы, светодиод, прибор ночного видения.

INFRARED WAVELENGTH RANGE FOR AIR NAVIGATION SYSTEMS IN ADVERSE WEATHER CONDITIONS

V. Holovensky V. Lysovenko

The analysis of atmospheric transparency to infrared wavelengths of radiation. Recommended use as radiation sources highly efficient LEDs, emission spectra which should coincide with the transparency windows of the atmosphere, which increases the distance observing light signals when using night vision devices under adverse weather conditions.

Keywords: atmospheric transparency windows, LED night vision device.

УДК 355.32

В.Л. Козачук¹, к.т.н., с.н.с.,**О.В. Поповіченко²**, к.військ.н., доц.,**В.П. Харченко¹**, к.військ.н., с.н.с.¹ *Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ*² *Військова академія (м. Одеса)*

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РЕМОНТУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЯК МЕРЕЖІ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Представлено один із методичних підходів до моделювання системи ремонту пошкодженого та з відмовами озброєння і військової техніки, який базується на математичному апараті мереж масового обслуговування.

Ключові слова: ремонт, озброєння та військова техніка, мережа масового обслуговування.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Аналіз порядку та процесів проведення технічного забезпечення під час бойових дій свідчить, що в деяких ланках система ремонту зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) з пошкодженнями та відмовами має, по-перше, певну неоднорідність, по-друге, в деяких ланках вона є надлишковою, а в деяких – недостатньою [1]. Недостатність системи ремонту негативно позначається не лише на термінах ремонту та спроможності системи, а й на бойовому потенціалі частин та підрозділів, який знижується внаслідок несвочасного відновлення пошкоджених зразків ОВТ.

Надлишковість системи ремонту – це, в першу чергу, подорожчання її утримання, складність управління (система менш мобільна, менш адаптивна до ситуації, що змінюється, особливо якщо зміни відбуваються досить швидко), потреба в значних матеріальних, часових та людських ресурсах. Крім того, через те, що потік заявок на проведення робіт з ремонту не є упорядкованим, продуктивність сил і засобів ремонту, які можна розглядати як систему масового обслуговування (СМО), доволі низька. З огляду на викладене, питання коректного формування раціонального складу системи ремонту, визначення чисельності її підсистем та елементів за рахунок подальшого вдосконалення методичного апарата щодо обґрунтування оптимального складу ремонтних органів є актуальним.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Підходи до моделювання системи ремонту зразків ОВТ з пошкодженнями та відмовами мали декілька умовних етапів. На першому здійснювалось моделювання з використанням методів, які базуються на гіпотезі про лінійну залежність між кількістю ремонтних органів і показниками процесу ремонту [2]. Однак цей підхід не дозволяє враховувати стохастичний характер процесу ремонту зразків ОВТ, існування різних режимів функціонування ремонтних засобів під час виконання завдань, а також втрати цих засобів.

На другому умовному етапі створені моделі процесу ремонту були представлені як стохастичні, які базувались на теоріях імовірності, масового обслуговування та на статистичних спостереженнях, а власне система ремонту уявлялась як система масового обслуговування (СМО) [28]. Але і цей підхід має низку суттєвих недоліків. По-перше, система ремонту вважалася однорівневою, іноді і без урахування взаємодії органів ланки того рівня, який розглядається, з органами інших рівнів – вищого або нижчого, в результаті чого з'явилися припущення про СМО з очікуванням в черзі та відмовами в обслуговуванні. По-друге, система ремонту моделювалася як багатоканальна система, що не завжди відповідає дійсності. По-третє, під час моделювання не враховувався той факт, що в існуючій системі ремонту потоки заявок і процеси є неоднорідними та нестационарними, натомість систему ремонту розглядали як сукупність однорідних систем в одному рівні.

Постановка завдання та його розв'язання

Мета статті полягає у викладенні методичного підходу до формування моделі системи ремонту зразків ОВТ з пошкодженнями та відмовами як мережі масового обслуговування, що дозволить мінімізувати тривалість очікування заявок у черзі на обслуговування, виявити раціональну кількість каналів (засобів) ремонту зразків ОВТ як у цілому в мережі, так і в її елементах.

Вигляділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Представлення системи ремонту лише як сукупності окремих СМО недостатньо повно враховує особливості системи ремонту ОВТ та процесів, які в ній протікають, що може призвести до значних похибок у розрахунках. Реальному процесу ремонту ОВТ (і знов-таки з деякими припущеннями) більшою мірою відповідають моделі, які представляють досліджувану систему як мережу масового обслуговування (ММО) [9].

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Існуюча система ремонту являє собою чотирирівневу систему (рис. 1), в якій здійснюється ремонт всіх зразків ОВТ з пошкодженнями та відмовами – автомобільної техніки, бронетанкового озброєння та техніки, ракетно-артилерійського озброєння та техніки. Принцип побудови всіх перелічених систем приблизно однаковий, тому з метою спрощення моделі в статті розглядається лише одна складова – ремонт бронетанкового озброєння та техніки (БТОТ). При цьому мається на увазі, що принципи функціонування інших гілок та процеси в них аналогічні.

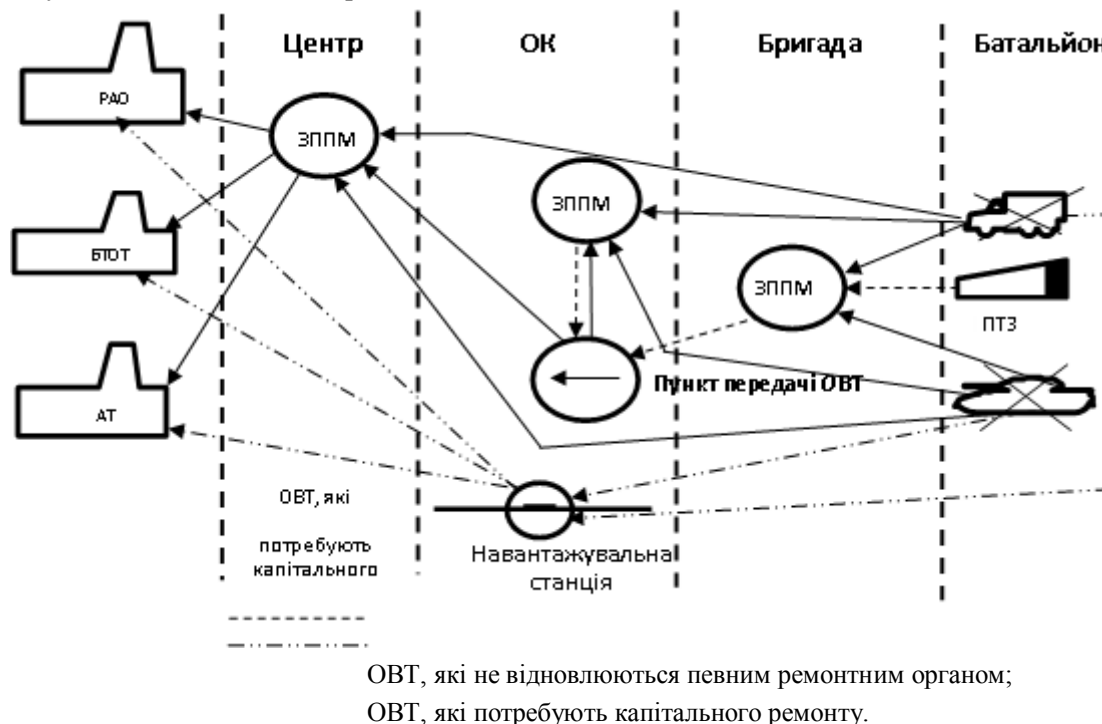


Рис. 1. Спрощена схема системи ремонту ОВТ

Виходячи з рис. 1, систему ремонту ОВТ можна уявляти як мережу масового обслуговування, яка має низку особливостей і для розгляду якої зроблені деякі припущення:

- мережа масового обслуговування є розімкнутою ММО (РММО), тобто потік заявок на вхід мережі є необмеженим, однорідним і здійснюється з зовнішнього незалежного джерела;
- розімкнута ММО включає кінцеву кількість вузлів – систем масового обслуговування;

- вузли можуть бути як одноканальними СМО, так і багатоканальними;
- після завершення обслуговування в деякому вузлі передача заявки в інший вузол здійснюється миттєво;
- усі канали багатоканального вузла є ідентичними і заявка може обслуговуватися будь-яким каналом;
- заявка, яка поступила в багатоканальний вузол, коли всі або декілька каналів вільні, направляється випадковим чином в один із вільних каналів;
- у кожному вузлі РММО є накопичувач заявок безмежної ємності, що означає відсутність відмов заявкам, які поступають, під час їх постановки в чергу, тобто заявка, яка поступає в вузол, завжди знайде в накопичувачі місце для очікування, незалежно від того, скільки заявок уже знаходиться в черзі;
- тривалість обслуговування заявок у всіх вузлах РММО є випадковою величиною;
- обслуговуючий канал вузла не простуює, якщо в його накопичувачі є хоча б одна заявка, причому після завершення обслуговування цієї заявки миттєво з накопичувача обирається наступна заявка;
- у кожному вузлі мережі заявки з накопичувача обираються в порядку надходження за правилом «першим прийшов – першим обслуговують» (FIFO – First In First Out).

Спрощена модель системи ремонту БТОТ як розімкнутої мережі масового обслуговування має вигляд, наведений на рис. 2.

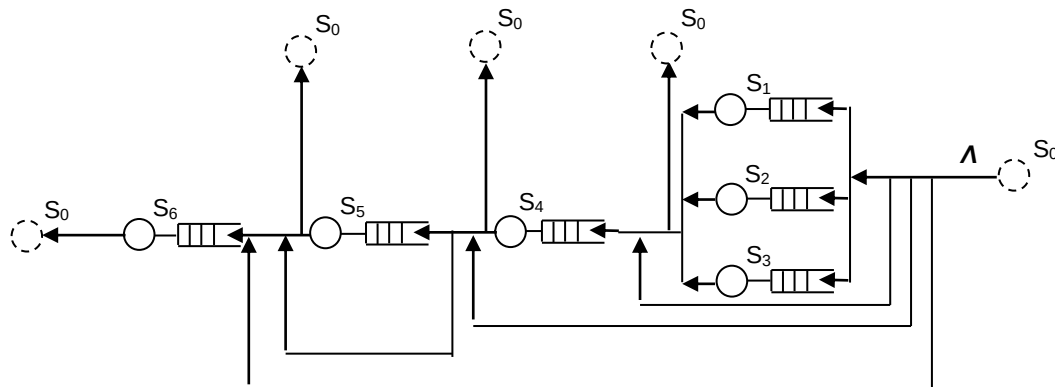


Рис. 2. Схема системи ремонту БТОТ у вигляді розімкнутої ММО

Функціонування РММО визначається сукупністю вузлових і мережових характеристик. Вузлові характеристики оцінюють функціонування кожної системи масового обслуговування та містять характеристики потоку заявок, який поступає на вхід вузла, а також весь набір характеристик, притаманний системам масового обслуговування. Мережові характеристики оцінюють функціонування мережі в цілому та включають:

- завантаженість – середню за часом кількість заявок, які обслуговуються мережею, і одночасно середню кількість каналів, зайнятих обслуговуванням;
- кількість заявок, які очікують обслуговування в мережі;
- кількість заявок, які знаходяться в мережі (в стані очікування і обслуговування);
- сумарний час очікування заявкою обслуговування в мережі;
- сумарний час перебування заявки в мережі.

На основі перелічених параметрів можуть бути розраховані вузлові та мережові характеристики, що описують ефективність функціонування вузлів і РММО в цілому. Розрахунок характеристик функціонування лінійних розімкнутих однорідних експонентних РММО базується на еквівалентному перетворенні мережі та проводиться в чотири етапи:

- розрахунок коефіцієнтів передач a_j та значень інтенсивності потоків заявок λ_j у вузлах $j = 1, n$ РММО;

- перевірка умови відсутності перевантажень у РММО;
- розрахунок вузлових характеристик;
- розрахунок мережових характеристик.

Для прикладу розглянемо визначення параметрів системи ремонту БТОТ, яка діє в Сухопутних військах ЗС України (рис. 2).

Виходячи з спрощеної моделі, яка зображена на рис. 2, можна задати параметри розімкнутої ММО:

- число СМО дорівнює $N = 6$;
- число каналів у СМО 1–3 дорівнює 1, в інших СМО знаходиться в результаті розрахунків, виходячи з максимуму коефіцієнта завантаження (однак за умови, що він менше одиниці);
- інтенсивність вхідного потоку заявок Λ , яка складається з інтенсивності пошкоджень у результаті бойових дій та інтенсивності відмов, які виникли внаслідок низької надійності. Для прикладу, який розглядається, значення Λ дорівнює 0,1 од./год;
- середній часом обслуговування $T_{обс1}, \dots, T_{обсN}$ заявок в СМО. Прийнято, що $T_{обс1} = T_{обс2} = T_{обс3} = 50$ год, $T_{обс4} = 100$ год, $T_{обс5} = 150$ год, $T_{обс6} = 200$ год;
- матриця перехідних ймовірностей $P = \| p_{ij} \|$, $i = 1, \dots, N$; $j = 0, \dots, N$. Для моделі варіанта системи ремонту БТОТ, яка розглядається (рис. 2), матриця перехідних ймовірностей виглядає таким чином:

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & p_{01} & p_{02} & p_{03} & p_{04} & p_{05} & p_{06} \end{matrix} \\ \begin{matrix} p_{10} \\ p_{20} \\ p_{30} \\ p_{40} \\ p_{50} \\ p_{60} \end{matrix} & \left\{ \begin{array}{cccccc} 0 & 0 & 0 & p_{14} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{24} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{34} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{45} & p_{46} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right. \end{matrix}$$

Значення ймовірностей у наведеній матриці перехідних ймовірностей такі: $p_{01} = 0,1$, $p_{02} = 0,1$, $p_{03} = 0,1$, $p_{04} = 0,15$, $p_{05} = 0,25$, $p_{06} = 0,3$, $p_{10} = 0,6$, $p_{14} = 0,4$, $p_{20} = 0,6$, $p_{24} = 0,4$, $p_{30} = 0,6$, $p_{34} = 0,4$, $p_{40} = 0,6$, $p_{45} = 0,3$, $p_{46} = 0,1$, $p_{50} = 0,8$, $p_{56} = 0,2$, $p_{60} = 1,0$.

У результаті проведення розрахунків отримані дані щодо значень мережових параметрів (середнє число заявок у чергах, середнє число заявок у мережі, середній час очікування заявок у чергах на обслуговування, середній час перебування заявки в мережі) і параметрів кожної СМО, яка функціонує в мережі масового обслуговування, – коефіцієнт передачі, інтенсивність вхідного потоку, коефіцієнт завантаження, середнє число зайнятих каналів, середнє число заявок у СМО, середня довжина черги, середній час очікування заявки в черзі на обслуговування, середній час перебування заявки в СМО (табл. 1).

Аналізуючи розрахункові дані, які представлені в табл. 1, можна визначити, що з точки зору створення раціональної РММО система ремонту досягає максимальної ефективності тоді, коли її продуктивність щодо оброблення вхідного потоку заявок максимальна, а мінімальними є значення таких параметрів, як кількість заявок на обслуговування в черзі та кількість приборів (каналів) обслуговування, які діють у мережі.

Також слід зазначити, що отримані в наведеному прикладі результати розрахунків майже повністю збігаються з розрахунковими даними, які були отримані в інших дослідженнях [10].

Для проведення розрахунків була використана аналітична платформа «AnyLogic», версія 5.4.1.

Таблиця 1

Результати розрахунків показників системи ремонту БТОТ у вигляді розімкнутої ММО

№ пп	Параметр	Номер СМО					
		1	2	3	4	5	6
1	Час обслуговування заявки, год	50	50	50	100	150	200
2	Кількість каналів, од.	1	1	1	3	5	8
3	Коефіцієнт передачі	0,1	0,1	0,1	0,27	0,331	0,3932
4	Інтенсивність вхідного потоку, заявок/год	0,01	0,01	0,01	0,027	0,0331	0,0393
5	Коефіцієнт завантаження	0,5	0,5	0,5	0,9	0,993	0,983
6	Середня кількість зайнятих каналів, од.	0,5	0,5	0,5	2,7	4,965	7,864
7	Середня кількість заявок в СМО, заявок/год	1	1	1	10,05	144,34	62,54
8	Середня довжина черги в СМО, заявок	0,5	0,5	0,5	7,35	139,37	54,676
9	Середній час очікування в черзі, год	50	50	50	272,35	4210,7	1390,5
10	Середній час перебування в СМО	100	100	100	372,35	4360,68	1590,5
Мережа масового обслуговування							
11	Інтенсивність вхідного потоку, заявок/год	0,1					
12	Середня кількість заявок у чергах, заявок/год	202,9					
13	Середня кількість заявок у мережі, заявок/год	219,93					
14	Середній час очікування в чергах, год	2029,03					
15	Середній час перебування заявки в мережі, год	2199,32					

Висновки

1. Запропонований методичний підхід побудований на використанні методів теорії масового обслуговування, зокрема методів дослідження розімкнутих мереж масового обслуговування. Такий підхід на відміну від існуючих дозволяє сформувати раціональну структуру системи ремонту, яка досліджується, як у цілому (як мережі масового обслуговування), так і кожного її елемента окремо (як системи масового обслуговування), розрахувати значення характеристик мережі та її елементів.

2. Наведений у статті приклад свідчить про можливість практичного використання запропонованого методичного підходу.

Перспективи подальших досліджень

Наведений приклад є самим простим, він надає можливості використання РММО у випадках, коли тривалість обслуговування заявок у всіх вузлах є випадковими величинами, які розподілені за експоненціальним законом, а не за іншими законами. В подальших дослідженнях запропонований підхід може бути також використаний у випадку, коли обслуговування здійснюється не за безпріоритетною дисципліною обслуговування (FIFO), що є досить простим випадком, а для рішення більш складних завдань, наприклад, у випадку пріоритетної дисципліни обслуговування.

Список використаних джерел

1. Павловський О.В. Методологічні основи обґрунтування складу сил і засобів системи забезпечення оперативного угруповання військ озброєнням та військовою технікою за критерієм відвернення збиток [Текст] : дис. ... докт. військ. наук : 20.01.05 / Павловський Олег Володимирович. – К. – 2016. – 380 с.
2. Танкотехническое обеспечение танковых (мотострелковых) подразделений в боевых условиях [Текст] : учебное пособие / ГВТУ МО СССР. – М. : Воениздат, 1989. – 223 с.
3. Технічне забезпечення військ (сил) у операції і бою [Текст] : підручник. Частина 1. / В.О. Шуєнкін, О.І. Хазанович, І.С. Ішутін та ін.; під ред. М.І. Шаталенка. – К. : НАОУ, 2001. – 616 с.
4. Павловський О. В. Імовірнісна модель спільного функціонування евакуаційного і ремонтного органів [Текст] / О.В. Павловський, І.С. Ішутін, С.С. Трегубенко // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – 2011. – № 1 (55). – С. 145–154.

5. Мовчан О.М. Удосконалена імовірнісна модель спільного функціонування евакуаційного і ремонтного органів [Текст] / О.М. Мовчан, І.Б. Лук'янець, І.С. Ішутін // Труды університету: зб. наук. пр. – 2011. – № 102. – С. 254–261.
6. Янчик О.Г. Математична модель функціонування системи відновлення пошкоджених зразків озброєння та військової техніки з'єднання (частини) [Текст] / О.Г. Янчик // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – 2011. – № 3 (57). – С. 248–256.
7. Закусило П.С. Метод прогнозування можливостей ремонтних органів на основі опису їхньої роботи марковськими системами масового обслуговування [Текст] / П.С. Закусило, І.С. Ішутін, О.В. Павловський // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – 2010. – № 3 (53). – С. 75–84.
8. Шуєнкін В.О. Метод визначення оптимального складу ремонтно-відновлювального органу [Текст] / В.О. Шуєнкін, П.С. Закусило, І.С. Ішутін // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – 2013. – № 4 (66). – С. 16–25.
9. Жожикашвили В.А. Сети массового обслуживания [Текст] / В.А. Жожикашвили, В.М. Вишневский. – М. : Радио и связь, 1988. – 190 с.
10. Удосконалення методики визначення раціонального складу сил і засобів відновлення озброєння та військової техніки Збройних Сил України під час відбиття збройної агресії [Текст] : звіт про НДР Шалфей (заключний) / ЦНДІ ЗС України; наук. кер. теми П.С. Закусило; викон.: О.В. Парій, В.Л. Козачук [та ін.]. – К., 2016. – 123 с.

Рецензент: Скачков В.В, д.т.н., проф., Військова академія (м.Одеса)

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ РЕМОНТА ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ КАК СЕТИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В.Л. Козачук, А.В. Поповиченко, В.П. Харченко

Приведён один из методических подходов к моделированию системы ремонта повреждённого и отказавшего вооружения и военной техники. Методический подход основывается на теории массового обслуживания, в частности на математическом аппарате сети массового обслуживания.

Ключевые слова: ремонт, вооружение и военная техника, сеть массового обслуживания.

METHODOICAL APPROACH TO MODELING THE SYSTEM OF REPAIR OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT AS A QUEUEING NETWORK

V. Kozachuk, A. Popovichenko, V. Kharchenko

One of the methodological approaches to modeling the repair system for damaged and abandoned weapons and military equipment is given. The methodical approach is based on the theory of mass service, in particular on the mathematical apparatus of the queueing network.

Keywords: repair; armament and military equipment, a network of queueing

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК В СУЧАСНИХ УМОВАХ

УДК 355.6

С.С. Ковалішин,

Р.В. Халтурин

Військова академія (м.Одеса), Україна

ОСНОВНІ НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ЗАВДАННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ СИЛ І ЗАСОБІВ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК (СИЛ) ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ОБОРОНИ

Проведено аналіз побудови структури підготовки військ (сил) територіальної оборони Республіки Польщі і її матеріально – технічного забезпечення. Після вступу країн Балтії і Польщі в НАТО збройні сили цих держав піддалися реформуванню, з тим щоб максимально відповідати завданням альянсу. Проте питання територіальної оборони (ТрО) в цих державах також були відбиті в національних військових концепціях і доктринах.

Прикладом тому є Республіка Польща (РП), де протягом останніх років були зроблені значні зусилля, направлені на розробку основ територіальної оборони країни, програм навчання і підготовки контингентів відповідних військ, створення і вдосконалення на практиці моделі їх взаємодії з регулярними підрозділами, а також зі збройними формуваннями оборонної системи країни.

Ключові слова: єдина державна система матеріально-технічного забезпечення ТрО, органи технічного забезпечення.

Постановка проблеми

У процесі реформування системи матеріально-технічного забезпечення збройних формувань найбільш розвинених країн світу переважає тенденція до підвищення централізації управління матеріально-технічним забезпеченням сил та їх дій, ліквідації проміжних ланок систем постачання та обтяжливої забезпечувальної інфраструктури у військовій ланці.

Предметом дослідження є матеріально-технічне забезпечення військ (сил) територіальної оборони. Виходячи з актуальності проблеми, ставиться за мету висвітлення досвіду організації матеріально-технічного забезпечення територіальної оборони Республіки Польщі та інших держав.

Варіанти системи ТрО різних країн світу вказані у статті «Роль і місце територіальної оборони України в загальній системі оборони держави», розподілу зусиль між збройними силами та силами ТрО в ході виконання завдань оборони держави [1, С. 36–39].

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Зарубіжні військові експерти відзначають, що зміст сил ТрО обходиться значно дешевшим, ніж регулярних військ (у США – в 6 разів, Данію і ФРН – в 10). Створення національної системи територіальної оборони дозволить Республіці Польща (РП) значно скоротити фінансові витрати на національних збройних силах. Проте, зважаючи на ряд проблем, зокрема із-за недостатнього фінансування, наголошується брак транспортних коштів і засобів зв'язку. Озброєння територіальних військ в значній мірі застаріло, гострими залишаються питання укомплектованості особовим складом (на сьогоднішній момент в РП вона менше 18 %).

В даний час розробляється концепція створення військ територіальної оборони РП за участю групи військових експертів. Польські військові експерти пропонують створити систему ТрО країни, прийнявши за основу досвід в цій області Швеції і Швейцарії.

Виклад основного матеріалу дослідження

Після вступу країн Балтії і Польщі в НАТО збройні сили цих держав піддалися реформуванню, тим щоб максимально відповідати завданням альянсу. Проте питання територіальної оборони (ТрО) в цих державах також були відбиті в національних військових концепціях і доктринах.

Прикладом тому є Республіка Польща, де протягом останніх років були зроблені значні зусилля, направлені на розробку основ територіальної оборони країни, програм навчання і підготовки контингентів відповідних військ, створення і вдосконалення на практиці моделі їх взаємодії з регулярними підрозділами, а також зі збройними формуваннями оборонної системи країни.

Планується, що загальна чисельність підрозділів такого типу в мирний час складе 15–17 тис. військовослужбовців, зокрема близько 13 300 резервістів і до 4 тис. кадрових військовослужбовців центрів підготовки. У військовий час на базі останніх планується формувати бригади територіальної оборони. Оперативне застосування військ ТрО припускає їх залучення до вирішення завдань при проведенні пошуково-рятувальних операцій; підтримці громадського порядку; по посиленню охорони і оборони державного кордону і важливих об'єктів; а також війська повинні брати участь в інженерному устаткуванні ТВД.

Принципи діяльності військ ТрО

На думку польських військових експертів, ці війська повинні спиратися на громадські патріотичні організації оборонної спрямованості та в перспективі стати активним резервом для національних збройних сил. Структура ТрО включатиме дві складові – цивільну, покликану забезпечити взаємодію з цивільними адміністраціями, і військову, яка відповідатиме за базову військову підготовку особового складу і підвищення його кваліфікації.

Підрозділи ТрО передбачається формувати на добровільній основі за територіальною ознакою. Військову підготовку особового складу планується організувати у вихідні дні або у вільний від роботи час. Період навчання і підвищення кваліфікації оплачуватиметься, а закупівля спорядження і устаткування звільняється від податку. Особовий склад військ ТрО намічається розділити на дві категорії – військовослужбовців територіальної оборони (підготовлених резервістів) і кандидати в таких. Останні пройдуть спочатку стажування в своїх підрозділах, а потім – основну 30-добову підготовку в учбових центрах, після завершення якої, прийнявши присягу, отримають статус військовослужбовців військ ТрО.

Структура і чисельний склад ТрО

Передбачається, що війська територіальної оборони РП будуть окремим компонентом сухопутних військ зі своїм командуванням.

Планується створити п'ять учбових центрів підготовки ТРО, безпосередньо підлеглих командуванню територіальної оборони. Під час мобілізації їх намічається розподіляти в бригади ТрО (у одному центрі до двох-трьох піхотних бригад штатів військового часу). Фахівцями центрів підготовки стануть кадрові військовослужбовці.

При розподілі бригади ТрО до штатів військового часу її чисельність збільшиться з 500 до 3 500 чоловік. Основною бойовою одиницею стане легкий піхотний батальйон територіальної оборони, до структури якого увійдуть: управління, штаб, три легкі піхотні роти і одна спеціального призначення, а також чотири взводи: інженерний, логістики, протиповітряної оборони і управління.

Рота спеціального призначення включатиме чотири взводи – один спеціальний (або психологічної боротьби), один протидиверсійний і два розвідувальних.

По штату мирного часу в складі ТрО планується мати 19 легких піхотних батальйонів (три – центрального підпорядкування і один – в кожному з 16 воєводств). Чисельність особового складу батальйону 680–700 військовослужбовців. Планується, що легкий піхотний

взвод дислокуватиметься в кожному повіті (середня адміністративно-територіальна одиниця Польщі). Всього намічається сформувати 308 взводів (по кількості повітів).

У разі стихійних лих і катастроф взводи, що дислокуються в повітах, знаходитимуться у розпорядженні старости, а при введенні воєводами надзвичайного положення вони повинні діяти у складі відповідного батальйону ТрО воєводства.

Система підготовки сил ТрО

Головними завданнями центрів підготовки ТрО стануть навчання підрозділів ТрО, перепідготовка і підвищення кваліфікації командирів та особового складу, а також організація спеціальних курсів: по веденню бойових дій в місті, дій нерегулярних (ірегулярних) формувань, протидиверсійних дій, бойових дій в горах, протихімічних дій, порятунки населення та ін.

Підготовку кадрів підрозділів територіальної оборони планується починати в допризовному віці (від 16 до 20 років). Неповнолітні члени громадських організацій військово-патріотичної спрямованості до свого повноліття будуть охоплені окремою програмою підготовки в так званих учбових взводах, це піде в залік майбутньої служби в підрозділах ТрО. У перспективі практично всі члени таких громадських організацій стануть кадровою основою цих підрозділів.

Підготовку планується організувати таким чином: щотижневі одноденні заняття по місцю дислокації, щомісячні дводенні заняття в центрі підготовки, один раз в рік 30- або 14-денний курс в полігонному центрі підготовки.

Система підготовки військовослужбовця територіальної оборони передбачає.

1. Навчання в центрах підготовки територіальної оборони, що включає:

- допризовну підготовку у взводі;
- курс основної підготовки, що закінчується приведенням до військової присяги;
- спеціальний курс;
- курс командирів відділень.

2. Дворічне стажування на посаді командира відділення.

Після проходження стажування і атестації на відповідність вимогам військовослужбовців, що пред'являються, прямуватиме на курси командирів взводів у вищу офіцерську школу сухопутних військ. Після трирічної служби на посаді командира взводу територіальної оборони, кандидат може бути направлений у вищу офіцерську школу сухопутних військ на курси підготовки командирів рот.

Підготовку взводів ТрО планується проводити протягом року безпосередньо в своїх взводах. За домовленістю з місцевими органами влади тренування і заняття проходитимуть в різних умовах місцевості, а також у будь-який час року.

Взаємодія територіальних військ з підрозділами поліції і прикордонної охорони РП передбачається здійснювати у сфері протидії злочинності серед молоді за допомогою проведення сумісних акцій, пропаганди в школах і т. і.

Матеріально-технічне забезпечення

Передбачається, що війська ТРО стануть самостійним видом збройних сил, що не вимагає великих фінансових витрат. Частина спорядження, наприклад обмундирування, встановленим порядком передаватиметься з агентства військового майна. Частина витрат по забезпеченню взводів ТрО планується покласти на органи місцевого самоврядування за принципом співфінансування (зміст службових приміщень, паливо мастильних матеріалів (ПММ), засоби зв'язку та ін.).

Питання матеріально-технічного забезпечення, живлення, охорони центрів підготовки або майна планується вирішувати із залученням приватних фірм, що надають послуги в цих областях на платній основі.

Очікується, що ТрО не зажадає великих складських приміщень, полігонів і істотних витрат на підготовку особового складу. Персонал військ безпосередньо в місцях свого мешкання матиме власне обмундирування, спорядження і масо-габаритний макет зброї для використання в ході учбового процесу.

Розроблена концепція використання сил і засобів військ територіальної оборони Республіки Польща у військовий і мирний час. У цьому документі розглядаються шість основних етапів розвитку військового конфлікту:

1. Період, передуючий конфлікту;
2. Початок конфлікту;
3. Безпосередньо військовий конфлікт;
4. Дії в тилу противника;
5. Контрнаступ;
6. Закінчення військового конфлікту.

На першому етапі сили і засоби матеріально-технічного забезпечення ТрО виконують завдання:

- надання допомоги у видачі з складів зброї і обмундирування резервістам;
- децентралізації матеріальних запасів і предметів постачання, а також озброєння та боєприпасів для національних ЗС;

- тилове забезпечення своїх оперативних і регулярних сил.

На другому етапі сили і засоби МТЗ передбачається привертати для:

- сприяння підрозділам національних збройних сил і поліції у сфері МТЗ;
- будівництва тимчасових місцевих (зокрема польових) баз, необхідних для МТЗ своїх сил;
- створення децентралізованої мережі місцевих баз, забезпечуючи укриття і маскування підрозділів МТЗ.

Протягом третього етапу сили і засоби МТЗ територіальної оборони повинні забезпечити:

- матеріально-технічне забезпечення підрозділів ТрО при знищенні повітряних десантів противника і ведення боротьби з розвідувально-диверсійними групами й окремими розвідниками;
- матеріально-технічне забезпечення при веденні бойових дій в обороні;
- матеріально-технічне забезпечення при охороні флангів оперативних сил в обороні;
- технічне забезпечення озброєння і техніки на маршрутах переміщення оперативних сил.

На четвертому етапі сили і засоби МТЗ передбачається задіювати для вирішення наступних завдань:

- матеріально-технічне забезпечення скритного проникнення через лінію зіткнення військ, зокрема з використанням техніки військ ТрО;
- матеріально-технічне забезпечення в пунктах (районах) відновлення бойової готовності;

В ході п'ятого етапу сили і засоби МТЗ територіальної оборони Польщі покликані вирішувати наступні завдання:

- матеріально-технічне забезпечення ведення бойових дій у складі оперативних сил, при ліквідації опорних пунктів оборони, знищенні бойової техніки противника, дислокованої на окупованих територіях, а також технічного устаткування, складів МТЗ і боєприпасів;
- збір трофейного майна, озброєння і військової техніки противника та відновлення ОВТ противника для використання в своїх інтересах.

Шостий етап припускає:

- матеріально-технічне забезпечення по відновленню боєздатності військ ТрО.

Згідно концепції, основними напрямками діяльності всіх структур національної системи територіальної оборони в мирний час є:

- матеріально-технічне забезпечення проведення заходів щодо охорони життя і здоров'я, надання допомоги цивільному населенню при техногенних катастрофах і катастрофах природного характеру, терактах, масових безладах і т. п.;

- матеріально-технічне забезпечення при участі в активних і превентивних заходах правоохоронних органів;
- матеріально-технічне забезпечення при перекладі у вищій ступені готовності підрозділів ТрО воєводств (через командування Збройних Сил Польщі на підставі інформації від цивільних кризових штабів);
- матеріально-технічне забезпечення при мобілізації сил ТрО воєводства для надання допомоги підрозділам ТрО сусідніх воєводств у разі потреби;
- технічне забезпечення при використанні автотранспорту сил ТрО для проведення пошуково-рятувальних заходів і забезпечення масової евакуації цивільного населення;
- матеріально-технічне забезпечення при наданні допомоги підрозділам і медичним службам національних збройних сил в розгортанні польових медичних баз і мобільних госпіталів в безпосередній близькості від районів лих для евакуйованого цивільного населення;
- матеріально-технічне забезпечення при розгортанні польових пунктів живлення і продовольчих харчоблоків одночасно із створенням територіальних пунктів постачання продовольством, польовими кухнями і пекарнями;
- використання польових пралень і душових для забезпечення потреб евакуйованого населення;
- надання медичної допомоги цивільному населенню в польових умовах безпосередньо в районах лиха.

Матеріально-технічне забезпечення сил і засобів територіальної оборони повинне відповідати всім вимогам забезпечення регулярних військ. На цій основі, головними видами забезпечення ТрО повинні бути: бойове, технічне і тилове. А вони, у свою чергу, повинні бути направлені на:

- створення умов для підтримки сил і засобів ТрО в боєздатному стані, в готовності до виконання ними завдань по призначенню в будь-яких умовах обстановки;
- своєчасне укомплектовування територіальних військ озброєнням і військовою технікою, боеприпасами, військово-технічним майном, засобами зв'язку, програмно-апаратними засобами телекомунікації та інформаційними даними для забезпечення планування бойових дій військ і протидії противникові;
- підтримка озброєння, військової техніки, пунктів управління і об'єктів тактичного й оперативно-стратегічного устаткування зони відповідальності в постійній готовності до бойового застосування.

Технічне забезпечення – це комплекс заходів, які повинні бути направлені на своєчасне укомплектовування ТрО озброєнням і військовою технікою (далі по тексті ОВТ), забезпечення їх боеприпасами і майном, підтримка ОВТ в постійній готовності до використання, забезпечення надійної роботи та швидкого їх відновлення.

Основним органом управління силами технічного забезпечення територіальних військ повинен бути штаб зони територіальної оборони.

Технічне забезпечення ТрО повинне організовуватися і здійснюватися в цілях:

- підтримка бойової готовності та боєздатності сил ТрО шляхом укомплектовування їх озброєнням і технікою;
- забезпечення військових частин ТрО боеприпасами всіх виглядів і військово-технічним майном (далі по тексті ВТМ), підтримка їх в справному стані та в постійній готовності до бойового застосування (використанню по призначенню);
- відновлення пошкодженого (несправного) озброєння і техніки, своєчасного повернення їх в лад.

Основними завданнями технічного забезпечення при підготовці до виконання заходів ТрО повинні бути:

- доукомплектування бракуючими зразками озброєння і техніки військових частин ТрО, отримання і доставка їх в райони (місця) розташування військ, розподіл між підрозділами та введення їх в лад;
- підготовка озброєння і техніки до використання в конкретних умовах обстановки, місцевості, пори року, доби і погоди;

- створення встановлених запасів боєприпасів, підготовка їх до бойового застосування, транспортування і зберігання;
- завершення відновлення озброєння і техніки, що вийшли з ладу;
- підготовка підрозділів технічного забезпечення до роботи в ході виконання поставлених завдань;
- створення встановлених або необхідних запасів ВТМ;
- технічна і спеціальна підготовка військовослужбовців.

Основними завданнями технічного забезпечення в ході ведення ТрО повинні бути:

- технічне обслуговування озброєння і техніки в ході виконання поставлених завдань;
- заповнення витрати і втрат боєприпасів, їх транспортування або зберігання, підготовка боєприпасів, що поступають, до бойового застосування;
- відновлення озброєння і техніки, що вийшли з ладу;
- заповнення витрати і втрат ВТМ, збір, евакуація, здача або ремонт агрегатів та інших складальних одиниць, знятих з озброєння і техніки.

Основними видами технічного забезпечення, як правило, є артилерійсько-технічне, автотехнічне, інженерно-технічне, технічне забезпечення РХБ захисту, технічне забезпечення зв'язку, технічне забезпечення по службах тилу.

В цілому ж до основних проблемних питань МТЗ ТрО на сучасному етапі можна віднести:

- відсутність нормативно-правової бази по матеріально-технічному забезпеченню військ (сил), формувань ТрО;
- певна децентралізація у вирішенні завдань матеріально-технічного забезпечення військ (сил), формувань ТрО;
- ускладнення можливості уніфікації сил і засобів технічного та тилового забезпечення, а також документів з управління цими видами забезпечення;
- необхідність більш систематизованого та детального викладення питань щодо порядку забезпечення військ (сил) ОВТ, ПММ, ВТМ іншими видами матеріально-технічних засобів, особливо питань, пов'язаних з організацією експлуатації, відновлення пошкоджених ОВТ у ході ведення дій військами (силами) ТрО, створення запасів матеріально-технічних засобів та їх ешелонування.

Організація технічного забезпечення військ (сил), що призначені для виконання завдань територіальної оборони, організовується і здійснюється з метою підтримання бойової готовності та боєздатності військ (сил) ТрО, забезпечення військ (сил) ТрО озброєнням та військовою технікою, боєприпасами всіх виглядів, військовими засобами вимірювання та контролю і військово-технічним майном, підтримання озброєння та військової техніки у справному стані та готовності до бойового застосування, відновлення озброєння та військової техніки при пошкодженні і своєчасного повернення до ладу.

Заходи щодо технічного забезпечення військ, що залучаються для виконання завдань територіальної оборони, повинні відображатися у плані матеріально-технічного забезпечення військ (сил) ТрО, який узгоджується з силовими структурами й органами місцевого самоврядування, включно до районних (міських) адміністрацій.

Технічне забезпечення військ (сил) ТрО організовується і здійснюється ремонтно-відновлювальними частинами та підрозділами ТрУ (Територіального управління), стаціонарними ремонтними заводами, базами і складами озброєння, боєприпасів і військово-технічного майна, частинами технічного забезпечення з'єднань і частин виглядів збройних сил, ДПСУ, МВС, МНС, а також підприємствами місцевої промислової бази за рішенням відповідних місцевих органів влади областей.

На сучасному етапі це питання треба вирішити на законодавчому рівні.

Забезпечення озброєнням загальновійськової номенклатури та боєприпасами до нього частин і підрозділів ЗС, прикордонних військ, СБУ і ВВ МВС, спеціальних формувань відповідних міністерств і відомств повинне здійснюватися через артилерійські склади озброєння та боєприпасів, арсенали, бази Об'єднаних сил забезпечення. Однак це питання треба також вирішувати на законодавчій базі.

Управління силами і засобами технічного забезпечення повинно здійснюватися в єдиній системі матеріально-технічного забезпечення ТрО, у тісній взаємодії з місцевими органами самоврядування, а також з органами СБУ, МВС та іншими формуваннями, що беруть участь в територіальній обороні.

Організаційно-штатні структури органів системи матеріально-технічного забезпечення ТрО повинні мати можливість самостійно вирішувати завдання щодо комплексного технічного обслуговування і поточного ремонту ОБТ військ (сил) і забезпечувати утримання запасів боєприпасів.

Головним принципом тилового забезпечення є територіально-зональне прикріплення військ (сил) територіальній обороні до найближчих стаціонарних та польових установ тилу.

Визначення потреби військ (сил), що залучаються до виконання завдань територіальної оборони, у матеріальних засобах здійснюється на підставі рішення командування (адміністрації) ТрО.

Розміри утримання запасів та витрат матеріальних засобів військам, що залучаються до територіальної оборони, встановлюються директивою командування військами (силами) ТрО.

Організація тилового забезпечення полягає: у визначенні порядку підготовки та призначення сил і засобів тилу, комплексного використання транспорту та транспортних комунікацій; взаємодії з органами тилу міністерств, інших центральних органів виконавчої влади і місцевими органами виконавчої влади; використання місцевої промислово-економічної бази та ресурсів в інтересах військ і вирішенні інших завдань.

Основу тилового забезпечення військ територіальної оборони складає стаціонарна матеріально-технічна база тилу та підприємств народного господарства.

Забезпечення військ матеріальними засобами за номенклатурою загального призначення (паливом, мастильними матеріалами та спеціальними рідинами, продовольством, речовим, ветеринарним і квартирним майном) здійснюється відповідними центральними управліннями через підлеглі органи постачання.

Забезпечення військ матеріальними засобами зі спеціального майна здійснюється відповідними центральними управліннями, видами збройних сил та міністерствами, іншими центральними органами виконавчої влади.

Забезпечення військ військових формувань здійснюється зі своїх складів та баз за рахунок засобів, наявних на підприємствах та в установах для потреб підприємницької діяльності.

При централізованих розрахунках за матеріальні засоби їх відпускання здійснюється без оплати вартості через бази і склади, до яких приписані війська чи формування.

Торговельно-побутове забезпечення здійснюється структурними підрозділами військової торгівлі мирного часу та тими, що розгортаються з планами мобілізації у тісній взаємодії з державними, акціонерними та комерційними торговельно-побутовими установами.

Торговельно-побутове забезпечення військ, що розташовані в польових умовах, здійснюється пересувними засобами, а тих, що дислокуються в населених пунктах, – через наявні установи військової торгівлі, місцеві торговельно-побудові установи та пересувні лавки польових відділів військової торгівлі.

Начальником зони ТрО є голова обласної Ради. В кожній зоні створюється штаб ТрО, який очолює заступник військового комісара області. Пропонується створити при цьому штабі і відповідального за тиліве забезпечення, який у тісній взаємодії з адміністрацією області буде в змозі надавати реальну допомогу військам (силам), що дислокуються в зоні ТрО, при укладенні угод з підприємствами області. Крім того, доцільно надання органу тилу зони ТрО повноважень з організації взаємодії між різновідомчими з'єднаннями, частинами та установами, контролювати закупочні ціни. В свою чергу, з'єднання, частини і установи повинні постійно надавати оперативну інформацію про забезпеченість їх матеріальними засобами.

Проблемне питання: відсутні структурні підрозділи, які б розв'язували питання транспорту, доріг, ветеринарного забезпечення тощо. Зі скороченням збройних сил левову частку функцій транспортного та дорожнього забезпечення здійснюватимуть певні міністерства та відомства України, з якими треба буде взаємодіяти.

Записати в законодавчу базу рішення питання організації транспортного забезпечення, у якій повинна використовуватися наявна мережа залізничних і автомобільних доріг, що утримується в основному місцевими транспортними організаціями та спеціальними формуваннями. Для експлуатації, технічного прикриття і відновлення військово-автомобільних доріг (ВАД) в інтересах забезпечення військ, що здійснюють ТрО, треба додатково залучати дорожні структурні підрозділи органів самоврядування. Дорожня служба забезпечує на ВАД регулювання руху і диспетчерський контроль, підтримку встановленого порядку руху транспорту, контроль за дотриманням маскування. Шляхи від вивантажувальних станцій (портів), аеродромів, а також під'їзди до складів з'єднань і частин готуються і утримуються силами та засобами військ (сил), які забезпечуються.

Таким чином, розглянуті основні проблемні питання у зв'язку з концепцією МТЗ за єдиним територіальним принципом до виконання її у територіальній обороні військ (сил), військових формувань.

Питання розосередження населення, евакуацію у загородну зону треба здійснювати комбінованим засобом: частину населення вивезти залізничним, водним і автомобільним транспортом, а частину населення пішим порядком, до перевезення дітей престарілих і хворих людей виглядіяти автобуси.

Медичне забезпечення здійснювати у системі лікувально-медичних установ. Крім того, на кожному підприємстві, частині треба збудувати заgonи сандружин на базі медичних пунктів.

Таким чином, у процесі організації управління матеріально-технічним забезпеченням ТрО слід передбачати і вирішувати питання на законодавчому рівні:

- використання єдиної державної системи МТЗ до ТрО;
- координаційні та постійні органи управління для виконання завдань матеріально-технічного забезпечення ТрО на загальнодержавних, відомчих і регіональних (місцевих та обласних) рівнях;
- сили та засоби МТЗ, які повинні приймати участь у ТрО;
- режим функціонування МТЗ ТрО в повсякденній діяльності та підвищенні готовності в особливий період;
- фінансування МТЗ ТрО;
- загальне планування роботи МТЗ ТрО;
- взаємодію функціональних органів МТЗ ТрО, СБУ, МВС, МНС та інших і їх структурних підрозділів;
- функції міністерств, відомств та інших центральних органів законодавчої і виконавчої влади щодо матеріально технічного забезпечення ТрО України.

Перспективи подальших досліджень

На нинішній час в Україні відсутня нормативна база по визначенню матеріально-технічного забезпечення підрозділів і частин територіальної оборони. Тому метою подальших досліджень є вивчення можливості застосування міської промислової бази, використання стацій технічного обслуговування та ремонту, заправка озброєння і техніки та інше.

Список використаних джерел

1. Романченко І.С. Роль і місце територіальної оборони України в загальній системі оборони держави / І.С. Романченко, В.С. Фролов // *Наука і оборона*. – 2009. – № 1. – С. 36–39.

2. Полковник С. Корчагин // Концепция создания войск территориальной обороны Республики Польша. // *Зарубежное военное обозрение* – 2013. – № 4. – С. 36-45.

3. Ковалишин С.С. Напрями удосконалення організаційно-штатної структури органів технічного забезпечення у військової ланці в єдиній системі матеріально-технічного забезпечення / С.С. Ковалишин, Р.В. Халтурин // *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*. – 2014. – № 2(2). – С. 71–77.

Рецензент: Скачков В.В., д.т.н., проф., Військова академія, (м.Одеса)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ЗАДАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СИЛ И СРЕДСТВ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК (СИЛ) ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОБОРОНЫ (ТрО)

С.С. Ковалишин, Р.В. Халтурин

Проведён анализ построения структуры, подготовки войск (сил) территориальной обороны Республики Польши и ее материально-технического обеспечения. После вступления стран Балтии и Польши в НАТО вооруженные силы этих стран начали реформирование с тем, чтобы максимально соответствовать заданиям НАТО. Поэтому вопросы территориальной обороны (ТрО) в этих странах также были записаны в национальных военных концепциях и доктринах.

Примером тому, в Республике Польша (РП) на протяжении последних лет были направлены основные усилия на разработку основ территориальной обороны страны, программ обучения и подготовки войск территориальной обороны, создания и усовершенствования на практике модели взаимодействия с регулярными подразделениями, а также вооруженными силами оборонной системы страны.

Ключевые слова: *единая государственная система материально-технического обеспечения ТрО, органы тылового и технического обеспечения.*

OSNOVN'IE NAPRAVLENNYA PERFECTION AND TASK SYSTEM OF PREPARATION OF FORCES AND FACILITIES OF STRUKTURI MATERIALLY-TECHNICAL OBESPECHENNYA OF TROOPS (SIL) OF TERRITORIAL OBORON'I (TrO)

S. Kovalishin, R. Khalturin

The analysis of construction of structure is conducted, preparations of troops (forces) defend Republics of Poland territorial and it materially-technical providing. After the entry of countries of Baltii and Poland in NATO military powers quiet powers began reformation, with that maximally to correspond tasks NATO. Therefore questions defend (TrO) territorial in ztikh powers were also written in national soldiery conceptions and doctrines.

By an example to that, in Republic to Poland (RP), where during the last years basic efforts were directed for development of bases defend countries territorial, programs of teaching and preparation of troops of territorial defend, creations and improvements in practice of model of cooperating with regular subdivisions, and also military powers of the defensive system of country.

Keyword: *single state system of logistical support of TrO, organs of the rearward and technical providing.*

ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

УДК 681.51

М.О. Шишанов¹, д.т.н., проф.,**В.Г. Козлов¹**, к.т.н.,**М.М. Шевцов²**¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки

Збройних Сил України, м. Київ, Україна

²Начальник Озброєння Збройних Сил України, м. Київ, Україна

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ТРУДОВИТРАТ НА ВИКОНАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО РЕМОНТУ БРОНЕТАНКОВОГО ОЗБРОЄННЯ ТА ТЕХНІКИ

У статті розглянуті методичні основи вибору раціонального складу засобів відновлення бронетанкового озброєння та техніки і основні принципи, завдання, що вирішуються при обґрунтуванні відновлювального ремонту бронетанкового озброєння та техніки на основі розрахунку вартості ремонту.

Ключові слова: розрахунок, відновлювальний ремонт, бронетанкове озброєння та техніка.

Постановка проблеми

Відновлювальний ремонт бронетанкового озброєння та техніки (далі-БТОТ) проводиться з метою ліквідації наслідків впливу засобів ураження противника на їх складальні одиниці [1]. Характер і складність цих пошкоджень залежить від багатьох чинників, до основних з яких належать тип БТОТ, їх конструктивне виконання, ступінь інженерного обладнання місць розміщення БТОТ на місцевості, тип і кількість застосовуваних супротивником для знищення та пошкодження БТОТ боєприпасів. Від характеру і складності ушкоджень залежить обсяг їх відновлювального ремонту (величина трудовитрат на відновлювальний ремонт) і склад необхідних для його виконання ремонтних сил (фахівців) і засобів (ремонтного обладнання, ЗІП і експлуатаційних матеріалів). Враховуючи той факт, що відновлювальний ремонт БТОТ притаманний лише умовам воєнного часу і термін його виконання, як правило, досить обмежений, підготовка до нього повинна проводитися завчасно, на етапі мирного часу.

Аналіз відомих методів рішення завдань при організації відновлювального ремонту, до яких відносяться завдання визначення трудовитрат на його проведення повинні вирішуватись методами оптимізаційного моделювання [1, 2, 3]. Найбільш повно в прикладних аспектах ці методи викладені в [2]. Однак в наведених джерелах немає єдиного методичного підходу щодо вибору способу відновлення БТОТ.

Постановка завдання та його розв'язання

У процесі підготовки до відновлювального ремонту БТОТ, використовуючи результати прогнозування складності та характеру очікуваних ушкоджень їх складальних одиниць, розраховується необхідний склад ремонтних сил і засобів, їх накопичення, розробляється ремонтна документація та визначаються раціональні варіанти організації відновлення пошкоджених БТОТ.

Трудовитрати на виконання відновлювального ремонту БТОТ залежать від багатьох факторів, основні з яких можуть бути такі:

- спосіб ремонту;
- конструкційні особливості БТОТ;

- характер пошкодження складальних одиниць БТОТ;
- ступінь забезпеченості ремонтних бригад ремонтним устаткуванням і технологічним оснащенням;
- ступінь забезпеченості БТОТ необхідними для ремонту елементами ЗПП;
- рівень професійної підготовки складу ремонтних бригад.

Вигляділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття

Аналіз перерахованих факторів свідчить про те, що без накладання певних умов та обмежень на вирішуване завдання неможливо отримання однозначного рішення. Виходячи з фізичних передумов, основною умовою для розв'язуваного завдання повинна з'явитися мінімізація витрат на відновлювальний ремонт БТОТ, які будуть в основному визначатися обраним способом ремонту.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Якщо вважати фіксованими характер пошкодження аналізованого зразка БТОТ, склад ремонтного обладнання і технологічної оснастки, наявних у ремонтних органах для довільного ν -го способу її відновлення, можна записати співвідношення для розрахунку вартості ремонту в такому вигляді:

$$C_{\nu} = \sum_{i=1}^{l_{\nu}} C_{i\nu} N_{i\nu} + \sum_{j=1}^{M_{\nu}} C_{j\nu} L_{j\nu}, \quad (1)$$

де $C_{i\nu}$ – вартість однієї замінної складальної одиниці БТОТ;

$N_{i\nu}$ – число складальних одиниць, що підлягають заміні в процесі ремонту БТОТ;

$L_{j\nu}$ – необхідна кількість фахівців для виконання ремонтних робіт j -го виду;

$C_{j\nu}$ – вартість підготовки та утримання одного спеціаліста для виконання ремонтних робіт j -го виду;

l_{ν} – максимальна кількість замінних одиничних виробів БТОТ при ν -ому способі його ремонту;

M_{ν} – кількість виглядів ремонтних робіт при ν -ому способі ремонту БТОТ.

Оцінивши значення C_{ν} для всіх $\nu \in \overline{1, R}$ (R – можливе число варіантів заміни одиничних виробів в процесі ремонту БТОТ) з умови

$$C = \min_{\nu \in \overline{1, R}} C_{\nu}, \quad (2)$$

можна визначити раціональний варіант ремонту, а трудовитрати на виконання всіх M виглядів ремонтних робіт при такому варіанті будуть шуканою величиною.

Слід, однак, відзначити, що викладений підхід справедливий лише в тому разі, коли відсутні обмеження на тривалість ремонту [2].

Оскільки для БТОТ військового призначення існують обґрунтовані вимоги до допустимих строків їх відновлення, то розв'язуване завдання може бути сформульоване наступним чином: визначити трудовитрати на виконання відновлювального ремонту аналізованого зразка БТОТ, реалізація яких забезпечує досягнення мінімуму функціонала [3]:

$$C = \min_{\nu \in \overline{1, R}} \left[\sum_{i=1}^{l_{\nu}} C_{i\nu} N_{i\nu} + \sum_{j=1}^{M_{\nu}} C_{j\nu} L_{j\nu} \right], \quad (3)$$

при виконанні обмеження [2]:

$$\sum_{j=1}^{M_v} \tau_j \leq T_{\text{дон}} , \quad (4)$$

де τ_j – тривалість виконання ремонтних робіт j -го виду;

$T_{\text{дон}}$ – допустимий час відновлення БТОТ при v -ому способі її ремонту.

При наявності труднощів розрахункового порядку з використанням співвідношення (3) можливе децю інше формулювання розв’язуваної задачі, що зводиться до визначення залежності середнього часу відновлення БТОТ $T_e(\underline{H})$ та вартості відновлення $C(\underline{H})$ в залежності від числа замін складальних одиниць k і кількості відновлених складальних одиниць m з використанням методу заміни n_j деталей. Тут $\underline{H} = (k, m)$ – вектор, характеризує число складальних одиниць, відновлених агрегатним методом і методом заміни деталей. Нехай T_θ – середній час відновлення складальних одиниць шляхом їх заміни, а T_o – шляхом заміни деталей. Тоді час відновлення БТОТ можна визначити із співвідношення:

$$T_e(\underline{H}) = kT_\theta + mT_o , \quad (5)$$

де

$$T_\theta = \frac{\sum_{l=1}^k T_l}{k} ,$$

$$T_o = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij}}{\sum_{j=1}^m n_j} ,$$

t_{ij} час заміни i -го пошкодженого елемента в j -ому блоці;

n_j число пошкоджених елементів в j -ому блоці.

Витрати на відновлення БТОТ можна розрахувати за формулою:

$$C(\underline{H}) = \sum_{l=1}^k C_l = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} C_i , \quad (6)$$

де C_l (C_i) – затрати, пов’язані з заміною l -го блоку (i -ої деталі).

Отримані вирази для обчислення $T_e(\underline{H})$ та $C(\underline{H})$ дозволяють сформулювати задачу оптимізації наступним чином: визначити мінімум функції (6) при умові $T_e(\underline{H}) \leq T_{\text{дон}}$.

Точне рішення цієї задачі може бути отримано методом прямого перебору, однак при великому числі пошкоджених складальних одиниць БТОТ його реалізація утруднена. Тому для наближеного розв’язку сформульованої задачі можна використовувати градієнтний метод [3]. Для цього необхідно процес вибору оптимального поєднання методів відновлення представити у вигляді наступного багатокрокового процесу. Розглядається деякий зразок БТОТ, у якої пошкоджено H блоків.

Попередньо вибирається вектор $\underline{H}^{(0)} = (k=0, m=H)$. На s -ому кроці ($s \geq 1$) необхідно обчислити

$$h^{(s)} = \frac{T(\underline{H}^{(s-1)}) - T(\underline{H}_i^{(s+1)})}{C(\underline{H}^{(s-1)}) - C(\underline{H}_i^{(s+1)})} . \quad (7)$$

Вектор $\underline{H}_i^{(s-1)}$ отримують з вектора $\underline{H}^{(s-1)}$ збільшенням на одиницю числа заміні з використання поетапної процедури. Процес закінчується на s -ому кроці, якщо $T_s(\underline{H}^{(s)}) \leq T_{don}$, причому $\underline{H}^{(s)}$ – наближене рішення.

Перспективи подальших досліджень

Таким чином, запропонована методика забезпечує можливість вибору раціонального способу ремонту об'єктів БТОТ, і на етапі підготовки відновлювального ремонту дає можливість розрахувати трудовитрати на його виконання, що є необхідною умовою для вирішення завдань розрахунку сил і засобів удосконалення системи відновлення БТОТ.

Список використаних джерел

1. Марютина М.И. Научные основы организации и управления ремонтом бронетанковой и автомобильной техники / М.И. Марютина. – М. : Военной Академии бронетанковых войск имени маршала Малиновского Р.Я. – 1978 г. – 376 с.
2. Ковтуненко А.П. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем: монографія / А.П. Ковтуненко, М.О. Шишанов, В.В. Зубарев; Центральный научно-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України. – К. : НАУ, 2007 – 296 с.
3. Ковтуненко А.П. Математическое моделирование в задачах исследования надежности технических систем: монографія / А.П. Ковтуненко, В.В. Зубарев, Б.Н. Ланецкий, А.А. Зверев; Центральный научно-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України. – К. : НАУ, 2006 – 236 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЁТОВ ТРУДОРАСХОДОВ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВОЗОБНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ

М.О. Шишанов, В.Г. Козлов, М.М. Шевцов

В статье рассмотрены методические основы выбора рационального состава средств восстановления бронетанкового вооружения и техники и основные принципы, задачи, которые решаются при обосновании возобновительного ремонта бронетанкового вооружения и техники на основе расчетов стоимости ремонта.

Ключевые слова: расчёты, возобновительный ремонт, бронетанковое вооружение и техника.

METHODOICAL BASES OF CALCULATIONS OF WORK EXPENSES ON PERFORMANCE OF RENOVATIVE REPAIR OF THE ARMORED AND EQUIPMENTS

M. Shishanov, V. Kozlov, M. Shevtsov

In the article, the methodological foundations of the choice of the rational composition of the means for restoring armored vehicles and equipment and the basic principles, tasks that are solved in substantiating the renewal of armored vehicles and equipment based on the cost of repair are considered.

Keywords: calculations, renewal repairs, armored vehicles and equipment.

УДК 621:681.65

В.В. Скачков¹, д.т.н., проф.,**В.В. Чепкій¹**, к.т.н., доц.,**О.М. Єфимчиков¹**, к.т.н., доц.,**О.Д. Єльчанінов²**, к.т.н., доц.,**В.Ф. Тімков³**, к.т.н., доц.¹ Військова академія (м. Одеса), Україна² Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, Україна³ Апарат РНБО України, Головний ситуаційний центр України, м. Київ, Україна

СИНТЕЗ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ СТАНУ АДАПТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НАЗЕМНОГО РОБОТОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Запропоновано ступінь невизначеності стану адаптивної інформаційно-вимірювальної системи наземного робототехнічного комплексу чисельно оцінювати середньою кількістю інформації на її виході, використовуючи модифіковану метрику Шеннона. На основі ентропійного підходу синтезовано інтегральний показник інформаційної ефективності системи, що досліджується, отримані загальна і часткова аналітичні форми його представлення. Оцінено втрати інформації в інформаційно-вимірювальній системі робототехнічного комплексу за умови впливу зовнішніх збурень і розширення спектру внутрішньосистемних збурювань, включаючи й багатопараметричний вектор адаптивного управління.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, наземний робототехнічний комплекс, ентропійний підхід, інтегральний показник, зовнішні та внутрішньосистемні збурення, невизначеність.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досягнень і публікацій

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) є невід'ємною структурною складовою будь-якого наземного робототехнічного комплексу [1]. У загальному випадку така система являє собою сукупність функціонально об'єднаних апаратно-програмних засобів, призначених для отримання поточної інформації про власний стан робототехнічного комплексу та стан зовнішнього середовища з подальшим перетворенням цієї інформації у сигнали керування. Ефективність функціонування наземного робототехнічного комплексу (НРК) у цілому в значній мірі залежить від якості його інформаційно-вимірювальної системи.

В процесі оцінювання якості стану інформаційно-вимірювальних систем наземних робототехнічних комплексів виникає необхідність рішення багатокритеріальних (векторних) оптимізаційних задач. При цьому найбільш складними є багатокритеріальні задачі, що вирішуються в умовах ситуаційної (априорної) невизначеності та відносяться до класу некоректних задач у визначенні Адамара-Тихонова [2]. В таких задачах незначні варіації спостережуваних реалізацій вибірок $u_i(t)$, де $i = 1, 2, \dots, N$, призводять до непередбачених результатів їх рішення.

Ситуаційна невизначеність оцінки стану ІВС обумовлена впливом незапланованих дестабілізуючих факторів середовища її перебування – зовнішня невизначеність, а також існуванням різноманітних ресурсних обмежень – внутрішньосистемна невизначеність [3, 4]. Властиві будь-якій реальній системі незаплановані дестабілізуючі фактори та непереборні ресурсні обмеження на фізичному рівні проявляються у вигляді випадкових зовнішніх і внутрішньосистемних збурень. За такої детермінації ступінь ситуаційної невизначеності стану інформаційно-вимірювальної системи НРК буде різним в будь-які моменти часу.

Об'єктивне оцінювання оптимальності інформаційно-вимірювальної системи здійснюється на основі показника, який інтегрує в собі сукупність властивостей і ознак, що визначають придатність даної системи задовольняти вимоги щодо свого призначення [5]. Вибір інтегрального показника передбачає формування тим чи іншим способом критерію оцінки якості стану

досліджуваної системи. Згідно основних положень теорії системного аналізу [3, 5], інтегральний або глобальний (узагальнений) показник стану і критерій оцінки якості будь-якої технічної системи повинен бути функцією всіх найважливіших характеристик системи, у фізичному сенсі конструктивним і простим, відображувати якість виконання системою поставлених завдань. Суперечливість вимог та умов формування інтегрального показника оцінки якості такої системи ускладнюється тим, що для більшості реальних процесів характерним є безперервність зміни параметрів, які визначають критерії її оптимальності. У подібних ситуаціях простір стратегій прийняття рішень стає нескінченним, що обмежує застосування методів приведення векторної оптимізації до скалярної та введення глобального показника якості [6].

Зазначені обставини суттєво ускладнюють проблему інтегральної оцінки стану інформаційно-вимірювальної системи НРК та унеможливають формалізацію критеріального показника якості системи з множиною параметрів і часткових критеріїв. Крім того, глобальний показник якості ІВС у вигляді суми часткових показників з відповідними ваговими коефіцієнтами може бути неслухним, оскільки недолік одного часткового показника може компенсуватись перевагами іншого [5].

В контексті подолання окреслених проблем актуалізується ідея інтерпретації ситуаційної невизначеності стану інформаційно-вимірювальної системи НРК у вигляді інформаційної моделі в модифікованому метричному поданні Шеннона [7–10]. За такого подання практичного значення набуває процедура застосування ентропійного підходу в задачах синтезу інтегрального показника якості. Останній, відображаючи ступень задоволення вимог до часткових показників якості, надає можливість оцінювати втрати інформації про якісний стан досліджуваної системи з довільною параметричною розмірністю, а отже, володіє ознаками глобального критеріального показника [9].

Постановка завдання та його розв'язання

Мета дослідження полягає в застосуванні ентропійного підходу до синтезу інтегрального показника якості інформаційно-вимірювальної системи наземного робототехнічного комплексу та оцінювання її стану в умовах ситуаційної невизначеності.

В широкому сенсі, інформаційна модель стану інформаційно-вимірювальної системи НРК в умовах зовнішніх і внутрішньосистемних збурень характеризується величинами апіорної та апостеріорної ентропії Шеннона $H^{(*)}$ до та після оцінювання N -мірного процесу $\mathbf{U}^T = [u_1(t), \dots, u(t), \dots, u_N(t)]$, який містить доступну інформацію про стан системи. Їхня різниця показує середню кількість інформації на виході досліджуваної системи. Представляючи узагальнений критерій невизначеності стану будь-якої технічної системи, ентропія являє собою дійсну функцію, яка залежить від щільності ймовірності $p(\mathbf{U})$. Серед сукупності відомих функцій розподілу $p(\mathbf{U})$, які мають однакову дисперсію σ^2 , максимальною ентропією володіє розподіл Гаусса [3, 9].

За цією логікою глобальним показником якості ІВС може служити модифікована ентропійна метрика Шеннона, за якої середня кількість отриманої інформації про стан системи, що досліджується, фактично визначається величиною знятої невизначеності [4, 8, 9]:

$$I[f(\mathbf{V}), f(\mathbf{U})] = H[f(\mathbf{U})] - H[f(\mathbf{U})/f(\mathbf{V})], \quad (1)$$

де $f(\mathbf{U})$ і $f(\mathbf{V})$ – результати обробки за алгоритмом $f^{(*)}$ компонентів, відповідно, вхідного векторного процесу $\mathbf{U}$, (так званого вектору стану системи) та векторного процесу $\mathbf{V}$, який містить корисну (істину) інформацію про стан системи;

$H[f(\mathbf{U})]$ – апіорна (безумовна) ентропія та $H[f(\mathbf{U})/f(\mathbf{V})]$ – апостеріорна (умовна) ентропія.

Згідно інформаційної моделі, стан інформаційно-вимірювальної системи НРК та середовища її перебування характеризується сукупністю корисних процесів і процесів зовнішніх збурень, яка задана гауссівським M -мірним вектором $\mathbf{X}(M, 1)$ з нульовим середнім $E(\mathbf{X})$ і кореляційною матрицею

$\mathbf{Q}_X = E(\mathbf{X}\mathbf{X}^T) = \text{diag}(\sigma_1^2, \dots, \sigma_i^2, \dots, \sigma_M^2)$. Тут $E(*)$ – операція статистичного усереднення; σ_i^2 – дисперсія i -го скалярного випадкового процесу $x_i(t) \in \mathbf{X}$, $i \in \overline{1, M}$; t – індекс операції транспонування.

Виклад основного матеріалу дослідження

1. Синтез інтегрального показника якості стану системи. У векторно-матричній формі процес на вході інформаційно-вимірювальної системи НРК описується лінійним перетворенням вектора $\mathbf{X}(M, 1)$ в N -мірний вектор

$$\mathbf{U} = \mathbf{K}\mathbf{X} + \mathbf{n}, \quad (2)$$

де $\mathbf{K} = \mathbf{K}(N, M)$ – прямокутна (N, M) – мірна матриця, яка визначає трансформацію вектора $\mathbf{X}$ на N незалежних входів системи; $\mathbf{n} = \mathbf{n}(N, 1)$ – внутрішньосистемні збурення, які представлені $(N \times 1)$ – мірним гауссівським вектор-стовпцем з нульовим середнім $E(\mathbf{n})$, взаємно-кореляційною матрицею $E(\mathbf{X}\mathbf{n}^T) = \mathbf{0}(M, N)$ та кореляційною матрицею $\mathbf{A}_n = E(\mathbf{n}\mathbf{n}^T) = \sigma_0^2 \mathbf{I}(N, N)$. Тут $\mathbf{I}(*)$ – одинична і $\mathbf{0}(*)$ – нульова матриці; σ_0^2 – дисперсія внутрішньосистемних збурень.

Об'єднавши гауссівські процеси $\mathbf{X}$ та $\mathbf{n}$ в розширений вектор $\mathbf{Z}$, розміру $\mathbf{Z}^T = \mathbf{Z}^T(1, M + N) = [\mathbf{X}(1, M) \quad \mathbf{n}(1, N)]$, представимо векторно-матричну комбінацію (2) таким чином: $\mathbf{U} = \mathbf{G}\mathbf{Z}$. Тут матриця перетворення $\mathbf{G} = \mathbf{G}(N, M + N)$ вектору $\mathbf{Z}$ дорівнює $\mathbf{G} = [\mathbf{K}(N, M) \quad \mathbf{I}(N, N)]$. За визначенням характеристична функція гауссівського процесу $\mathbf{Z}$ з нульовим середнім $E(\mathbf{Z})$ і матрицею $\mathbf{Q}_Z$ має вигляд:

$$\Phi_Z(\boldsymbol{\mu}) = E[\exp(j\boldsymbol{\mu}^T \mathbf{Z})] = \exp(-0,5\boldsymbol{\mu}^T \mathbf{Q}_Z \boldsymbol{\mu}), \quad (3)$$

де $\boldsymbol{\mu}$ – векторний параметр функції.

Звідси, характеристична функція вектора $\mathbf{U}$ в рівнянні (2) приймає вигляд: $\Phi_U(\boldsymbol{\mu}) = E[\exp(j\boldsymbol{\mu}^T \mathbf{U})] = E[\exp(j\boldsymbol{\mu}^T \mathbf{G}\mathbf{Z})]$. Виконавши відповідне перетворення, отримаємо аналітичний вираз

$$\Phi_U(\boldsymbol{\mu}) = \Phi_Z(\mathbf{G}^T \boldsymbol{\mu}) = \exp(-0,5\boldsymbol{\mu}^T \mathbf{G}\mathbf{Q}_Z \mathbf{G}^T \boldsymbol{\mu}). \quad (4)$$

Згідно (4) лінійна комбінація вихідних гауссівських векторних процесів на N -мірному вході параметричної системи (2) буде мати гауссів розподіл з нульовим середнім та кореляційною матрицею спостереження

$$\mathbf{A} = \mathbf{G}\mathbf{Q}_Z \mathbf{G}^T = \mathbf{K}\mathbf{Q}_X \mathbf{K}^T + \sigma_0^2 \mathbf{I}. \quad (5)$$

Виходячи з конкретизації вихідних складових вектора $\mathbf{X}$ і структури матриці трансформації $\mathbf{K}$, кореляційна матриця (5) може бути представлена сумою матриць корисного інформаційного процесу $\mathbf{A}_V$, зовнішніх збурень $\mathbf{A}_j$ та внутрішньосистемних збурень $\mathbf{A}_n = \sigma_0^2 \mathbf{I}$, тобто:

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_V + \mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n. \quad (6)$$

Рішення багатокритеріальної задачі припускає таке перетворення вектора спостережень $f(\mathbf{U})$, під час якого досягається екстремум заданого критерію оптимальності $J[f(\mathbf{U})]$. Для широкого класу інформаційних задач перетворення $f(\mathbf{U})$ реалізовується за схемою вагового підсумовування [3, 5]:

$$f(\mathbf{U}) = \mathbf{W}^T \mathbf{U} = U_\Sigma, \quad (7)$$

де $\mathbf{W}$ – багатопараметричний вектор управління, який формується в інформаційно-вимірювальній системі за результатами спостереження N -мірного процесу $\mathbf{U}$.

В цьому випадку характеристична функція випадкового процесу $U_{\Sigma} = f(\mathbf{U})$ на виході N -мірної системи буде пов'язана з деяким скалярним аргументом β наступною залежністю:

$$\Phi_{\Sigma}(\beta) = E\{\exp[j\beta f(\mathbf{U})]\} = E[\exp(j\beta \mathbf{W}^T \mathbf{U})]. \quad (8)$$

Позначивши $\alpha = \beta \mathbf{W}$, можна представити залежність (8) у вигляді $\Phi_{\Sigma}(\beta) = \Phi_U(\alpha)$. З визначення характеристичної функції гауссівського процесу $\mathbf{U}$, витікає, що $\Phi_U(\alpha) = \exp(-0,5 \alpha^T \mathbf{A} \alpha)$. Звідси $\Phi_U(\beta \mathbf{W}) = \exp(-0,5 \beta^2 \mathbf{W}^T \mathbf{A} \mathbf{W})$.

Враховуючи, що дисперсія скалярного випадкового процесу на виході багатопараметричної системи дорівнює $\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_{\Sigma}^2(\mathbf{W}) = \mathbf{W}^T \mathbf{A} \mathbf{W}$, характеристичну функцію (8) вихідного процесу U_{Σ} можна представити таким чином:

$$\Phi_{\Sigma}(\beta) = \exp(-0,5 \beta^2 \sigma_{\Sigma}^2). \quad (9)$$

Узагальнюючи проведені міркування, можна зробити висновок про те, що за гіпотези гауссівського розподілу векторного процесу $\mathbf{U}$ на виході досліджуваної системи також спостерігається гауссівський скалярний процес U_{Σ} з нульовим середнім, дисперсією $\sigma_{\Sigma}^2 = E[f^2(\mathbf{U})] = \mathbf{W}^T \mathbf{A} \mathbf{W}$ та функцією розділу $p(U_{\Sigma}) = (\sqrt{2\pi}\sigma_{\Sigma})^{-1} \exp(-0,5 U_{\Sigma}^2 / \sigma_{\Sigma}^2)$. Останнє є необхідною і достатньою умовою потенційної ентропійної міри випадкового процесу U_{Σ} на виході даної N -мірної системи:

$$H(U_{\Sigma}) = H[f(\mathbf{U})] = - \int_{-\infty}^{\infty} p(U_{\Sigma}) \lg[p(U_{\Sigma})] dU_{\Sigma} = 0,5 \lg(2\pi e \mathbf{W}^T \mathbf{A} \mathbf{W}). \quad (10)$$

Замінивши в (10) кореляційну матрицю $\mathbf{A}$ сумою матриць (6), отримаємо:

$$H(U_{\Sigma}) = 0,5 \lg[\mathbf{W}^T (\mathbf{A}_V + \mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n) \mathbf{W}] + C, \quad (11)$$

де $C = 0,5 \lg(2\pi e)$ – постійний коефіцієнт.

З рівняння (11) випливає, що ентропія інформаційного процесу на виході будь-якої технічної системи залежить від величини вектора управління $\mathbf{W}$. Виходячи з припущення про ергодичність і незалежність процесів, що спостерігаються, а також з огляду на перетворення (7) і його проекцію на площину корисних процесів $f(\mathbf{V}) = \mathbf{W}^T \mathbf{V} = V_{\Sigma}$, вираз (1) для системи, що розглядається, можна переписати таким чином:

$$I(V_{\Sigma}, U_{\Sigma}) = H(U_{\Sigma}) - H(U_{\Sigma}/V_{\Sigma}), \quad (12)$$

де $H(U_{\Sigma}/V_{\Sigma})$ – апостеріорна ентропія вихідного процесу інформаційно-вимірювальної системи НРК, яка дорівнює ентропії внутрішньосистемних збурень:

$$H(U_{\Sigma}/V_{\Sigma}) = 0,5 \lg[\mathbf{W}^T (\mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n) \mathbf{W}] + C. \quad (13)$$

Замінивши у виразі (12) зменшуване і від'ємник їхніми значеннями (11) і (13) та здійснивши ряд перетворень, визначаємо середню кількість інформаційної розбіжності між корисним процесом V_{Σ} і процесом U_{Σ} на виході системи:

$$I(V_{\Sigma}, U_{\Sigma}) = 0,5 \lg \left\{ \mathbf{W}^T \mathbf{A} \mathbf{W} [\mathbf{W}^T (\mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n) \mathbf{W}]^{-1} \right\}. \quad (14)$$

За умови (6) аналітичний вираз (14) зводиться до вигляду:

$$I(V_{\Sigma}, U_{\Sigma}) = 0,5 \lg \left\{ 1 + \mathbf{W}^T \mathbf{A}_V \mathbf{W} [\mathbf{W}^T (\mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n) \mathbf{W}]^{-1} \right\}, \quad (15)$$

де $\mathbf{W}^T \mathbf{A}_V \mathbf{W} [\mathbf{W}^T (\mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n) \mathbf{W}]^{-1}$ – відносний параметр ступеня перевищення корисного інформаційного процесу над процесами зовнішніх та внутрішньосистемних збурень на виході ІВС.

Приведений до рівня внутрішньосистемних збурень аналітичний вираз (15) приймає остаточний вигляд:

$$I(V_\Sigma, U_\Sigma) = 0,5 \lg \{ 1 + \xi_V(\mathbf{W}) [1 + \xi_j(\mathbf{W})]^{-1} \}, \quad (16)$$

де $\xi_V(\mathbf{W})$ та $\xi_j(\mathbf{W})$ – відносні параметри, що визначають, відповідно, ступень перевищення значення корисного процесу і зовнішніх збурень над процесами внутрішньосистемних збурень на виході інформаційно-вимірювальної системи НРК.

Аналітичний виразу (16) дозволяє визначати теоретичну межу інтегральної оцінки середньої кількості інформації, як показника поточного стану будь-якої технічної системи з довільною параметричною розмірністю, за умови, що внутрішньосистемний процес з фіксованим значенням дисперсії володіє найбільшою ентропією. Останнє адекватно максимальній втраті інформації на виході даної системи. Саме тому, за своїми змістовними ознаками синтезований показник $I(V_\Sigma, U_\Sigma)$ відповідає всім основним вимогам до глобального (узагальненого) показника критерію оцінювання якості стану інформаційно-вимірювальної системи НРК [4, 8].

Аналіз характеру практичних завдань, що пов'язані з оцінюванням якості стану ІВС, показує можливість використання сформованого критеріального показника в умовах, коли багатопараметричний вектор управління $\mathbf{W}$ приймає одиничне значення $\mathbf{W} = \mathbf{I}(N, 1)$. В цьому випадку аналітичний виразу (16) набуває часткової форми:

$$I(V_\Sigma, U_\Sigma) = 0,5 \lg \left(1 + N \frac{\xi_V}{1 + \xi_j} \right). \quad (17)$$

Якщо оцінювання якості стану інформаційно-вимірювальної системи відбувається у контексті винерівського рішення задачі, то багатопараметричний вектор управління набуває такого вигляду: $\mathbf{W} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{r}$. Тут $\mathbf{r} = E(U_0 \mathbf{U})$ – вектор взаємної кореляції між скалярним процесом цільової функції (еталоном) U_0 та вектором стану системи $\mathbf{U}$. В цьому випадку формула критеріального показника якості стану досліджуваної системи (15) набуває іншого часткового вигляду [4]:

$$I(V_\Sigma, U_\Sigma) = 0,5 \lg \left[1 + \frac{\mathbf{r}^T \mathbf{A}^{-1} \mathbf{A}_V \mathbf{A}^{-1} \mathbf{r}}{\mathbf{r}^T \mathbf{A}^{-1} (\mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n) \mathbf{A}^{-1} \mathbf{r}} \right]. \quad (18)$$

За логікою практичної реалізації інтегральний показник якості (16) та аналітичні вирази його часткових форм (17) і (18) представляють функцію міри невизначеності стану інформаційно-вимірювальної системи НРК. Остання залежність від структурних характеристик системи, сукупності параметрів матриць, що відображують процеси істинного її стану $\mathbf{A}_V$, зовнішніх збурень $\mathbf{A}_j$ та внутрішньосистемних збурень $\mathbf{A}_n$. За своїм змістом співвідношення (16) – (18) служать субстанцією математичної моделі, тобто формального образу статистичного опису процедури оцінювання інформаційного стану системи, що розглядається з максимальним ступенем наближення до реально існуючого середовища.

2. Оцінювання втрат інформації про стан досліджуваної системи з фіксованою розмірністю за умови впливу зовнішніх збурень. В апаратно-програмному аспекті моделювання виконано в середовищі комплексу MATLAB. Результати цього моделювання приведені на рис. 1.

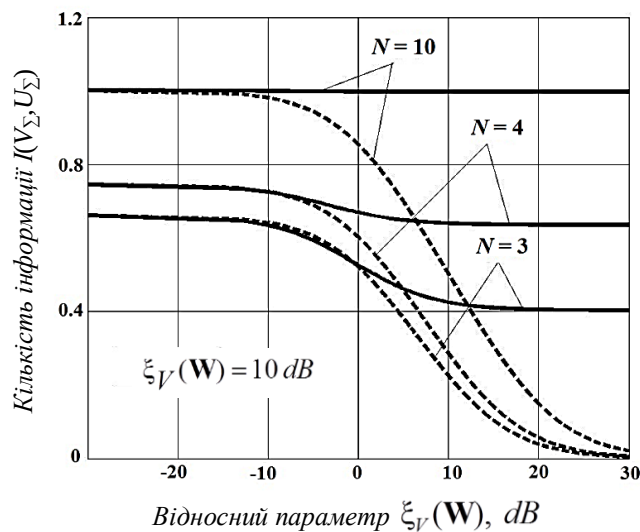


Рис. 1. Динаміка втрат інформації про якісний стан системи за умови впливу зовнішніх збурень

Представлені графічні зображення двох сімейств кривих відображають зміни кількості інформації на виході досліджуваної системи $I(V_\Sigma, U_\Sigma)$ в залежності від ступеню перевищення значення зовнішніх збурень над внутрішньосистемними збуреннями $\xi_j(\mathbf{W})$ на її вході, за умови фіксованого значення параметра $\xi_V(\mathbf{W}) = 10 \text{ dB}$ та розмірності системи $N = 3; 4; 10$. Штриховими лініями позначені криві $I(V_\Sigma, U_\Sigma) = \varphi[\xi_j(\mathbf{W})]$, які згідно (17) ілюструють інформаційні втрати в системі за відсутності режиму адаптивного управління. Суцільними лініями позначені криві $I(V_\Sigma, U_\Sigma) = \psi[\xi_j(\mathbf{W})]$, які згідно (18) ілюструють інформаційні втрати за наявності режиму адаптивного управління.

Аналіз сімейства кривих (рис. 1) показують, що рівень інформаційних втрат суттєво зменшується за впровадження елементів адаптивного управління характеристиками інформаційно-вимірювальної системи, режим функціонування яких відповідає динаміці зовнішніх дестабілізуючих факторів. Досягти оптимального в деякому сенсі стану або поведінки інформаційно-вимірювальної системи НРК за апіорної невизначеності, тобто звести рівень цих втрат до мінімуму, можна шляхом збільшення розмірності системи N . Однак таке рішення призводить до надмірності системи ($N \gg M$) і до зростання дефекту кореляційної матриці спостережень $\mathbf{A}$.

Узагальнюючи сказане, слід відзначити, що подолання зовнішньосистемної невизначеності за рахунок реалізації потенційних можливостей впроваджених елементів адаптивного управління гарантується присутністю виключно непереборних внутрішньосистемних збурювань. Виходячи з такого припущення, нестійкі оцінки якісного стану інформаційно-вимірювальної системи НРК за іншими критеріями з розгляду виключаються [7, 11, 13, 22, 23]. У той же час, не заперечується чутливість отриманих критеріальних оцінок до рівня внутрішньосистемних збурювань багатопараметричного вектора управління $\mathbf{W}$ системи.

3. Використання інтегрального показника для оцінювання інформаційних можливостей системи в умовах внутрішньосистемних збурень. Дослідження інформаційних можливостей досліджуваної системи в умовах розширення спектра внутрішньосистемних збурень пропонується

здійснювати варіаційно-параметричним методом [1–3, 6, 11]. Відхилення параметрів показника якості стану системи з елементами адаптивного управління від його оптимального значення пов'язано, перш за все, з випадковими варіаціями $\Delta \mathbf{W}$ параметричного вектора $\mathbf{W}$. Такі варіації найбільш адекватно відображають внутрісистемну невизначеність стану будь-якої технічної системи незалежно від особливостей конкретної фізичної проблеми. Аналітичним узагальненням внутрісистемної невизначеності стану інформаційно-вимірювальної системи НРК служить збурений параметричний вектор який має такий вигляд:

$$\hat{\mathbf{W}} = F(\Delta \mathbf{W}) = \mathbf{W} + \Delta \mathbf{W}, \quad (19)$$

де варіація $\Delta \mathbf{W} = \Delta \mathbf{W}(N,1)$ представляє випадковий вектор внутрішньосистемних збурень з розподілом $p(\Delta \mathbf{W})$, який характеризується нульовим середнім $E(\Delta \mathbf{W})$, відносною дисперсією $\sigma_w^2 = \|\Delta \mathbf{W}\|^2 / (N \|\mathbf{W}\|^2)$ і кореляційною матрицею $E(\Delta \mathbf{W} \Delta \mathbf{W}^T) = \sigma_w^2 \|\mathbf{W}\|^2 \cdot \mathbf{I}(N, N)$. Тут $\|\cdot\|$ – норма вектора.

З урахуванням прийнятих позначень дисперсія випадкового процесу U_Σ на виході системи в умовах внутрішньосистемної невизначеності дорівнює:

$$\hat{\sigma}_\Sigma^2 = \iint_{\infty} [F(\Delta \mathbf{W})]^T \mathbf{U} \mathbf{U}^T [F(\Delta \mathbf{W})] p(\mathbf{U}, \Delta \mathbf{W}) d\mathbf{U} d(\Delta \mathbf{W}), \quad (20)$$

де $p(\mathbf{U}, \Delta \mathbf{W})$ – спільна щільність ймовірності випадкових процесів $\mathbf{U}$ і $\Delta \mathbf{W}$.

Проінтегруємо вираз (20), використовуючи введені позначення статистичних моментів вектора $\Delta \mathbf{W}$ і факторізоване уявлення $p(\mathbf{U}, \Delta \mathbf{W}) = p(\mathbf{U})p(\Delta \mathbf{W})$, що впливає з природної умови статистичної незалежності випадкових векторів $\mathbf{U}$ та $\Delta \mathbf{W}$. В результаті операції інтегрування отримаємо:

$$\hat{\sigma}_\Sigma^2 = \mathbf{W}^T \mathbf{A} \mathbf{W} + \sigma_w^2 \|\mathbf{W}\|^2 \cdot \text{tr} \mathbf{A}, \quad (21)$$

де $\text{tr} \mathbf{A}$ – слід матриці.

За умови незалежності векторних процесів, вираз (21) дозволяє визначити ентропію збурення (шуму) на виході інформаційно-вимірювальної системи НРК зі збуреним параметричним вектором (19) як апостеріорну ентропію:

$$H(\hat{U}_\Sigma / \hat{V}_\Sigma) = 0,5 \lg \left[\mathbf{W}^T (\mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n + \sigma_w^2 \cdot \text{tr} \mathbf{A} \cdot \mathbf{I}) \mathbf{W} \right] + C. \quad (22)$$

Різниця величин (22) і (13) показує, що за внутрішньосистемної невизначеності ентропія шуму на виході досліджуваної системи зі збуреним параметричним вектором адаптивного управління перевершує аналогічний показник якості незбуреної системи на величину

$$\Delta H = 0,5 \lg \left[1 + \sigma_w^2 \cdot \text{tr} \mathbf{A} \cdot \|\mathbf{W}\|^2 (\mathbf{W}^T \mathbf{A} \mathbf{W})^{-1} \right]. \quad (23)$$

З інформаційної точки зору це еквівалентно подачі на N -мірний вхід ІВС збуреного процесу у вигляді моделі білого шуму, рівень якого визначається дисперсією внутрішньосистемних збурень параметричного вектора системи σ_w^2 .

Для вінеровського рішення кількість інформації на виході досліджуваної системи з елементами адаптивного управління та збудженим параметричним вектором (19) визначається таким виразом:

$$I(\hat{V}_\Sigma, \hat{U}_\Sigma) = H(\hat{U}_\Sigma) - H(\hat{U}_\Sigma / \hat{V}_\Sigma) = 0,5 \lg \left[1 + \frac{\mathbf{r}^T \mathbf{A}^{-1} \mathbf{A}_v \mathbf{A}^{-1} \mathbf{r}}{\mathbf{r}^T \mathbf{A}^{-1} (\mathbf{A}_j + \mathbf{A}_n + \sigma_w^2 \text{tr} \mathbf{A} \cdot \mathbf{I}) \mathbf{A}^{-1} \mathbf{r}} \right]. \quad (24)$$

В аналітичному виразі (24) перевищення сліду кореляційної матриці спостережень над рівнем

дисперсії внутрішньосистемних збурень σ_0^2 становить $\text{tr} \mathbf{A} / \sigma_0^2 = N(\xi_V(\mathbf{W}) + \xi_j(\mathbf{W}) + 1)$. Величина цього перевищення визначає чутливість як самої ІВС, так й інтегрального показника якості її стану до рівня дисперсії внутрішньосистемних збурень, які визначені величинами σ_0^2 та σ_W^2 . Отже, за наявності внутрішньосистемних збурень зростання параметра зовнішньої перешкоди $\xi_j(\mathbf{W})$, коли $\xi_j(\mathbf{W}) \gg \xi_V(\mathbf{W})$ та $\sigma_W^2 = \text{const}$, призводить до зменшення кількості інформації $I(\hat{V}_\Sigma, \hat{U}_\Sigma)$. В теорії збурень [6, 17] це явище пояснюється підвищеною чутливістю ермітової матриці з поганою обумовленістю і великим дефектом до випадкових варіацій її елементів.

Кількість інформації на виході N -мірної інформаційно-вимірювальної системи НРК з елементами адаптивного управління і відносний параметр $\xi_j(\mathbf{W})$ в умовах внутрішньосистемних збурень параметричного вектора управління σ_W^2 пов'язані залежністю $I(\hat{V}_\Sigma, \hat{U}_\Sigma) = \gamma(\xi_j(\mathbf{W}))$. На рис. 2 представлено сімейства графічних кривих, які відображують дану залежність за фіксованих значень параметра $\xi_V(\mathbf{W}) = 10 \text{ dB}$, розмірності системи $N = 3; 4; 10$ та дисперсії внутрішньосистемних збурень параметричного вектора управління $\sigma_W^2 = 10^{-2}$. Сімейство кривих, що графічно позначені суцільною лінією, отримані за умови присутності внутрішньосистемних збурень параметричного вектора ($\sigma_W^2 \neq 0$), а штриховими лініями – за умови відсутності таких ($\sigma_W^2 = 0$).

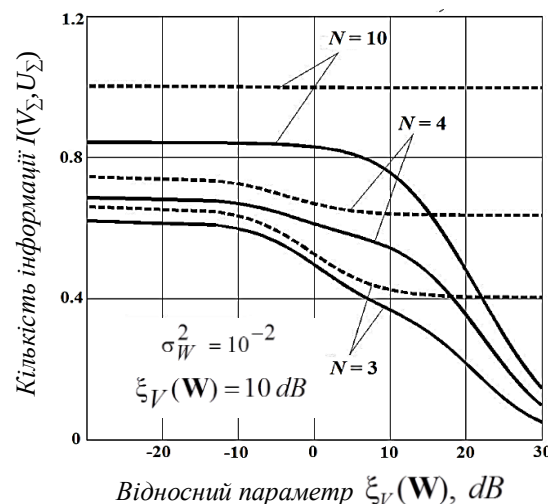


Рис. 2. Динаміка втрат інформації про стан системи за умови внутрішньосистемних збурень параметричного вектора управління

Результати порівняння динаміки графічних кривих на рис. 2 показує, що за незначного рівня зовнішніх збурень $\xi_j(\mathbf{W}) \leq -10 \text{ dB}$ кількість інформації на виході інформаційно-вимірювальної системи НРК з елементами адаптивного управління практично не змінюється, але при цьому спостерігаються інформаційні втрати відносно ситуації, коли $\sigma_W^2 = 0$. В умовах внутрішньосистемної невизначеності втрати інформації суттєво зростають, якщо $\xi_j(\mathbf{W}) \geq 10 \text{ dB}$, а також зі збільшенням розмірності системи. Потрібно також вказати на істотне зростання інформаційних втрат про якісний стан інформаційно-вимірювальної системи НРК за умови збільшення дисперсії внутрішньосистемних збурень параметричного вектора управління σ_W^2 . При цьому крутизна кривих, що позначені суцільною лінією на рис. 2, істотно зростає.

Висновки

1. За інтерпретації ситуаційної невизначеності стану інформаційно-вимірювальної системи НРК у вигляді інформаційної моделі в модифікованому метричному поданні Шеннона та застосування ентропійного підходу синтезовані інтегральний показник її якості, а також загальна і часткова аналітичні форми його визначення. Останні, представляючи функцію міри невизначеності стану системи з довільною параметричною розмірністю, дозволяють оцінити:

- по-перше, теоретичну межу середньої кількості інформації на виході досліджуваної системи з довільною параметричною розмірністю;
- по-друге, максимальні втрати інформації на виході даної системи, за умови, що внутрішньосистемний процес з фіксованим значенням дисперсії володіє найбільшою ентропією.

2. Отримані результати ентропійного оцінювання ілюструють суттєве зменшення втрат інформації про стан інформаційно-вимірювальної системи НРК за умови впровадження адаптивного управління, яке за часом і простором узгоджено з динамікою зовнішніх дестабілізуючих факторів. Реалізація потенційних можливостей режиму адаптивного управління гарантується присутністю виключно непереборних внутрішньосистемних збурень.

3. Чутливість багатопараметричного вектора адаптивного управління до внутрішньосистемних збурень зростає в міру збільшення дефекту кореляційної матриці спостережень.

Список використаних джерел

1. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: учеб. пособие / С.А. Воротников. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.
2. Грешилов А. А. Некорректные задачи цифровой обработки информации и сигналов / А.А. Грешилов. – М. : Радио и связь, 1984. – 160 с.
3. Петров В.В. Информационная теория сложных систем, функционирующих в условиях неполной информации / В.В. Петров, В.М. Агеев, А.В. Запорожец [та ін.] // Итоги науки и техники. Техническая кибернетика. Том 13, – М. :ВИНИТИ, 1980 – С. 121–137.
4. Skachkov V. Entropy approach to the investigation of information capabilities of adaptive radio engineering system in conditions of intrasystem uncertainty / V.V. Skachkov, V.V. Chepyki, H.D. Bratchenko, A.N. Efymchykov // Radioelectronics and Communications Systems. – June 2015, Volume 58, Issue 6, pp 241-249.
5. Чумаков Н.М. Оценка эффективности сложных технических устройств / Н.М. Чумаков, Е.И. Серебряный. – М. : Сов. радио, 1980. – 192 с.
6. Дулесов А.С. Свойства энтропии технической системы / А.С. Дулесов, М.Ю. Семенова, В.И. Хрусталева // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8. – С. 631–636.
7. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Шеннон К. – М.: Ин. лит., 1963. – 827 с.
8. Манко Г.И. Информационный подход к оценке неопределенности управляющих воздействий / Г.И. Манко, И.Г. Каюн // Вопросы химии и химической технологии. – 2008. – № 1. – С. 180–182.
9. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем. / А. Дж Вильсон. – М. : Главная редакция физико-математической литературы издательства Наука, 1978. – 248 с.
10. Скачков В.В. Энтропийное оценивание влияния внутрисистемных возмущений на информационные возможности адаптивной радиотехнической системы / В.В. Скачков, В.В. Чепкий, А.Н. Ефимчиков, Г.Д. Братченко, В.И. Павлович // Сборник научных трудов в 4-х томах. Том 4. Конференция Интегрированные информационные радиоэлектронные системы и технологии. – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2014. – С. 55–59.

СИНТЕЗ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА СОСТОЯНИЯ АДАПТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В.В. Скачков, В.В. Чепкий, А.Н. Ефимчиков, А.Д. Ельчанинов, В.Ф. Тимков

Предложено степень неопределённости состояния адаптивной информационно-измерительной системы наземного робототехнического комплекса численно оценивать средним количеством информации на её выходе, используя модифицированную метрику Шеннона. На основе энтропийного подхода синтезирован интегральный показатель информационной эффективности исследуемой системы, получены общая и частная аналитические формы его представления. Оценены потери информации в информационно-измерительной системе робототехнического комплекса при условии воздействия внешних возмущений и расширения спектра внутрисистемных возмущений, включая и многопараметрический вектор адаптивного управления.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, наземный робототехнический комплекс, энтропийный подход, интегральный показатель, внешние и внутрисистемные возмущения, неопределённость.

SYNTHESIS OF INTEGRAL QUALITY INDICATOR TO THE STAN OF THE ADAPTIVE INFORMATION-MEASURING SYSTEM OF THE GROUND ROBOTECNICAL COMPLEX

V. Skachkov, V. Chepkyi, O. Yefymchikov, O. Yelchaninov, V. Timkov

The degree of uncertainty in the state of the adaptive information-measuring system of the ground robotic complex is estimated numerically by the average amount of information at its output, using the modified Shannon metric. On the basis of the entropy approach, an integral indicator of the information efficiency of the system under study was synthesized, and a general and particular analytical forms of its representation were obtained. The loss of information in the information-measuring system of the robotic complex is estimated under the condition of external disturbances and the expansion of the spectrum of intrasystem disturbances, including the multiparametric vector of adaptive control.

Keywords: information-measuring system, ground robotic complex, entropy approach, integral indicator, external and intrasystem disturbances, uncertainty.

УДК 623.094

А.А. Гончарук, к.т.н., с.н.с.,**В.М. Оленєв**, к.військ.н., проф.,**В.Б. Радімушкін**,**В.О. Шлапак**, к.ф.-м.н., доц.*Військова академія (м. Одеса), Україна*

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ КОМПЛЕКСУ БОЙОВОГО ЕКІПРУВАННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯ

Представлено результати дослідження раціональної побудови і напрямки розвитку комплексу бойового екіпування військовослужбовця з врахуванням досвіду збройних сил провідних держав світу. Розробка основних принципів побудови комплексу бойового екіпування військовослужбовця та впровадження у реальність принципово нового комплексного спорядження та озброєння кожного військовослужбовця, яке в подальшому могло б стати цілісною бойовою системою.

Ключові слова: комплекс бойового екіпування, ешелонування, спорядження, озброєння.

Постановка проблеми

Військовослужбовець в сучасній армії розглядається як система зброї, що включає самого військовослужбовця, засоби ураження, зв'язку і управління, а також засоби забезпечення його мобільності та виживання при виконанні бойового завдання. Тим, наскільки ефективно працює кожна з частин такої системи, визначається її ефективність в цілому.

Сучасні реалії ведення бою диктують нові умови і вимоги. Сьогодні солдат повинен мати під рукою сучасний засіб комунікації, для того, щоб орієнтуватися у бойовій обстановці та отримувати необхідні вказівки. Сучасний солдат повинен виконувати бойове завдання за будь-якої погоди і цілодобово. Це означає, що у нього повинні обов'язково бути під рукою прилади нічного бачення та прилади інфрачервоного випромінювання, за допомогою яких він зможе вести прицільний вогонь у нічний час.

В будь-якому випадку бойове екіпування військовослужбовця залишається одним із найважливіших факторів, що впливають на підвищення бойової ефективності та зниження втрат особового складу при виконанні бойових завдань. Таким чином, постає нагальна потреба в оснащенні військовослужбовців Збройних Сил (ЗС) України новими комплексами бойового екіпування (КБЕ), що забезпечать ефективне виконання поставлених завдань і дозволять зберегти життя та здоров'я військовослужбовців [1].

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Проблема забезпечення військовослужбовців ЗС України елементами КБЕ (засобами індивідуального захисту, озброєння, засобів зв'язку, елементами форми одягу) вирішується на кожному етапі розвитку збройних сил в залежності від завдань, які ставляться перед ними Воєнною доктриною України [2].

Створення екіпування «солдата майбутнього» (від англ. Future Soldier) – найбільш обговорювана, стосовно збройних сил провідних держав світу, тема останнього десятиріччя: США (FUTURE SOLDIER), Великобританія (FIST), Іспанія (COMFUT), Польща (ПРОЕКТ ТУТАН), Франції (FELIN), Росія (РАТНИК, РАТНИК-2) і т.д. [3–8]. Це розробка та впровадження у реальність принципово нового комплексного спорядження та озброєння кожного військовослужбовця, яке в подальшому повинне стати цілісною бойовою системою.

Постановка завдання та його розв'язання

Отже, завдання розробки та впровадження у реальність принципово нового комплексного спорядження та озброєння кожного військовослужбовця, яке в подальшому може стати цілісною бойовою системою є актуальною.

Останні локальні війни та сучасні збройні конфлікти показали, що бойові завдання, в основному, будуть вирішувати не масові армії, а окремі військові формування, дії яких повинні бути взаємозагладжені на полі бою з авіацією, бронетанковою технікою, артилерією. Накази вони можуть отримувати не тільки від безпосереднього командира, але і від штабів, що знаходяться на великій відстані (у деяких випадках на інших материках, в залежності від операції) і командири повинні знати не тільки де знаходиться кожен окремих військовослужбовець, що він бачить, а й який стан працездатності всіх його компонентів, який його фізіологічний стан, його положення відносно інших учасників операції тощо.

Виглядлення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Відповідно до концепції створення КБЕ військовослужбовця ЗС України [2] існуючі принципи забезпечення військ (сил) ЗС України бойовим екіпіруванням потребують забезпечення військовослужбовців сучасним речовим майном, засобами забезпечення життєдіяльності, енергозабезпечення, засобами захисту, ураження, засобами управління, що дозволить підвищити ефективність їх дій під час виконання бойових завдань, зокрема, у разі порушення обміну інформацією в бою, підвищити мобільність та живучість військовослужбовців (підрозділів) тощо.

Відсутність єдиного бачення напрямів розвитку та шляхів вирішення проблем створення комплексу бойового екіпірування військовослужбовця ЗС України та недостатня на сьогоднішній день координація зусиль між структурними підрозділами Міністерства оборони України, Генерального штабу Збройних Сил України, воєнно-науковими закладами та підприємствами оборонно-промислового комплексу держави призвели до виробництва розрізнених засобів бойового екіпірування військовослужбовців, які не можуть бути інтегровані у єдиний КБЕ військовослужбовця, що, як наслідок, призвело до зниження ефективності ведення бою як окремим військовослужбовцем, так і підрозділом в цілому при проведенні антитерористичної операції (АТО).

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Ще в 50-х роках в США з'явилася концепція розділення бойового і допоміжного спорядження – «Солдат повинен мати при собі найнеобхідніше для успішного ведення бою. Все, без чого можна обійтися або що можна доставити іншим шляхом, залишається» [9].

Застосування даного принципу на практиці дозволило понизити вагу і об'єм переносного спорядження (що значно підвищило мобільність), а також дало можливість комбінувати різні частини амуніції залежно від характеру поставленого завдання.

Сучасні вимоги до якості тактичного спорядження досить високі. Існує ряд стандартів, яких дотримуються всі провідні виробники бойового екіпірування.

Перш за все, якісне спорядження повинне бути довговічним, зносостійким, володіти невеликою вагою, підвищеною міцністю до стирання, вогнестійкістю. Останні розробки показали, що пластик, який давно замінив собою метал, при виробництві фурнітури, також характеризується значною міцністю, низькою вагою, достатньою міцністю, високою жаро- і морозостійкістю.

Найбільш вдалим винаходом в області підвищення функціональності спорядження, зручності бойового екіпірування, стала модульна система перенесення при виконанні бойового завдання військовослужбовцем індивідуально або в складі групи.

Головна перевага модульності – це можливість легко комбінувати набір необхідних для вирішення конкретного бойового завдання (конкретну спеціальність військовослужбовця) підсумків і аксесуарів, при цьому дотримуючись принципу одноманітності розміщення майна в групі.

В той же час, проведені дослідження показали, що принцип побудови екіпірування військовослужбовців ЗС України був незмінним багато років. Так побудова екіпірування військовослужбовців ЗС України складалась з кількох груп.

Перша група спорядження, яка комплектується у розвантажувальному жилеті:

- особиста зброя (ніж, автомат / гвинтівка / кулемет);
- 8 магазинів 5,45 мм АК-74 для стрільця (240 патронів з 450);
- 6 магазинів 5,45 мм АК-74 РКК збільшеної ємності для кулеметника (270 патронів з 450);
- 2 короба 7,62 мм кулемета КК для кулеметника (короб на 100 патронів на 7,62 мм КК, 200 на 5,45 мм РККС із 500);
- 5 магазинів 7,62 мм СГД для снайпера (50 патронів з 100);
- 2 гранати РГД-5 (Ф-1);
- радіостанція;
- сигнальна ракета;
- мінімальний набір інструментів для забезпечення виживання (ліхтар, Multitool);
- запас висококалорійної їжі;
- фляжка питної води;
- індивідуальна аптечка.

Друга група спорядження, яка комплектується в одноденному ранці (наприклад, для ВДВ – СД):

- друга частина боєприпасів (друга половина БК);
- ІРХ (індивідуальний раціон харчування / сухий пайок);
- ВВЗ (вітроводозахисний костюм / плащ-намет);
- п'ятиточковий (каремат); ПНБ / тепловізор;
- інженерні боєприпаси (МОН-50), тротилові шашки із запалювальними трубками;
- засоби маскування;
- ємність для перенесення вантажу;
- мала саперна лопатка.

Третя група спорядження, яка комплектується у похідному рюкзаку:

- додаткові боєприпаси;
- резервна АКБ для радіостанції;
- спальний мішок;
- намет;
- освітлювальне обладнання;
- опалювальне обладнання;
- комплект білизни;
- запас продуктів на тривалість виходу.

Але ця побудова морально застаріла та не відповідає сучасним вимогам. Досвід антитерористичної операції показав, що неправильно підібране і підігнане спорядження може поставити під загрозу та значно ускладнити, а часто і унеможливити ефективну участь окремого військовослужбовця у виконанні завдання, що в цілому знизить загальну боєздатність групи і надалі може привести до провалу завдання і знищення всієї групи.

Тестування різних систем спорядження показало, на наш погляд, що найбільш прогресивною на даний момент є пропозиція ешелонування спорядження.

Під ешелонуванням мається на увазі розподіл всього озброєння і матеріально-технічних засобів, яке дозволяє військовослужбовцю в будь-якій ситуації мати при собі все необхідне для забезпечення боєготовності, підвищення бойових можливостей і максимально можливого забезпечення життєдіяльності.

Залежно від завдань, які виконуються, обставин і тривалості дій солдат повинен мати при собі різну номенклатуру матеріально-технічних засобів.

Згідно концепції ешелонування, все спорядження, яке переноситься військовослужбовцем, що діє у відриві від основних сил, умовно поділяється на три лінії (ешелонів) [9].

Перший ешелон (мінімально необхідний) – комплект засобів загального призначення, що постійно знаходиться на військовослужбовці протягом всього періоду виконання завдання, включає мінімум засобів забезпечення виживання в тилу противника і забезпечує виконання бойового завдання.

Ешелон розміщується в транспортному жилеті, кишенях одягу військовослужбовця.

У цей комплект доцільно включати:

- особисту вогнепальну і холодну зброю, половину боєкомплекту, інженерні боєприпаси та спеціальні засоби, необхідні для ведення короткого бою при раптовій зустрічі з противником і відриві від його переслідування;

- індивідуальні засоби зв'язку і сигналізації;

- засоби надання першої медичної допомоги;

- недоторканий запас (НЗ) – четверта частина боєкомплекту, запас засобів, інструментів і препаратів, що дозволяють створити мінімально необхідні умови для виживання з урахуванням дії навколишнього середовища, запас висококалорійних, готових до вживання (консервованих або сублімованих), малогабаритних продуктів і питної води.

Другий ешелон (оптимально достатній) – комплект засобів загального призначення і засобів виконання конкретного завдання в обсязі, що забезпечує безпосередній вплив на об'єкт бойового завдання, як мінімум по одному варіанта, а також мінімальний рівень життєзабезпечення в ході безпосередньої підготовки до виконання і впливу на об'єкт.

Ешелон розміщується в транспортному жилеті в зоні мінімальної досяжності (верхня частина задньої поверхні тіла) та в бойовому ранці.

У цей комплект доцільно включати:

- другу половину боєкомплекту до особистої зброї, прилади нічного бачення, елементи групової зброї і боєприпаси до нього;

- продукти харчування на одну-дві доби;

- засоби забезпечення життєдіяльності (вологонепроникну накидку, теплоізоляційний килимок (сидіння), фільтр для очищення води);

- інженерні боєприпаси та індивідуальні засоби маскуваня.

Третій ешелон (додатковий) – комплект засобів всебічного забезпечення виконання бойового завдання за всіма запланованими варіантами і збереження боєздатності військовослужбовця в автономному режимі протягом усього строку виконання бойових завдань.

Третій ешелон розміщується в маршовому рюкзаку і додаткових засобах транспортування підрозділів (взводу, відділення).

У цей комплект доцільно включати:

- додаткові запаси боєприпасів до особистої та групової зброї;

- резервні засоби зв'язку;

- табірне обладнання (намети, посуд, опалювальні та освітлювальні прилади із запасом палива, спальні мішки і тому подібне);

- змінний комплект білизни, засоби особистої гігієни;
- запас продуктів на весь період виконання бойового завдання;
- інші засоби, які використовуються для вирішення допоміжних завдань, що виникають або забезпечують виконання бойового завдання.

Концепція трьох ешелонів спорядження, повинна бути заснована на розподілі спорядження, виходячи з досвіду використання наявного бойового екіпірування військовослужбовців ЗС провідних країн світу під час виконання бойових завдань та військовослужбовців ЗС України в районі проведення антитерористичної операції. Все спорядження, що носить військовослужбовець – це три великі групи, починаючи з першого ешелону, що найбільше стосується того, хто носить (по суті – його одяг), закінчуючи третім, який носить у вигляді рюкзаків.

Такий розподіл на ешелони, на перший погляд незвичний та незрозумілий, але при докладному розгляді є найбільш гнучким і логічним. Цей розподіл дозволяє структурувати будь-яке спорядження будь-якого підрозділу, допомагає загальному розумінню і правильній оцінці тактичних можливостей, підбору та розташуванню спорядження, відповідно до наступного завдання.

Така схема, при її правильному використанні, дозволяє військовослужбовцю автоматично завжди швидко орієнтуватися що і де зі спорядження повинно бути і фактично є в наявності.

Висновки

Проведені дослідження показують, що у розробці перспективного складу КБЕ повинні переважати комплексні та системні підходи, які враховують різнопланові, взаємозалежні і суперечливі впливи різних засобів на бойові можливості. При обґрунтуванні вимог до КБЕ в цілому, і його систем, необхідно використовувати врахування досвіду експлуатації екіпірування у військах. На теперішній час військовослужбовцями ЗС України експлуатуються засоби індивідуального захисту й окремі елементи екіпірування, які є складовими частинами комплексу бойового екіпірування, особливості експлуатації, яких потребують всебічного вивчення та будуть складати основу пропозиції щодо перспективного складу комплексу.

Перспективи подальших досліджень

Для ефективного проведення подальших досліджень експлуатації елементів бойового екіпірування необхідно активізувати роботу науково-аналітичної групи Міністерства оборони України з включенням до її складу військовослужбовців-виконавців науково-дослідних робіт, які виконуються у рамках Концепції [2].

Необхідний підхід до дослідження системи комплексів бойового екіпірування військовослужбовців різних спеціальностей родів військ, який дозволяє з безлічі варіантів обрати раціональний і визначити напрямки удосконалення всіх систем комплексу бойового екіпірування військовослужбовців. Проведені дослідження показують, що найважливішим етапом обґрунтування перспективного складу комплексу бойового екіпірування військовослужбовців підрозділів різних родів військ є комплексна оцінка внеску у бойову ефективність дій підрозділів при вирішенні конкретних бойових завдань на основі математичного моделювання бойових дій.

В результаті критичного перегляду та творчої переробки загальних технічних вимог до комплексу та елементів бойового екіпірування військовослужбовців ЗС провідних країн світу з урахуванням сучасних поглядів на розвиток і застосування військових формувань Збройних Сил України необхідно розробити та дослідити варіанти оперативного-тактичних вимог до комплексу та загальних вимог до елементів екіпірування військовослужбовців і розробити пропозиції щодо перспективного складу комплексів бойового екіпірування військовослужбовців Високомобільних десантних військ, підрозділів військової розвідки та спеціального призначення ЗС України.

Список використаних джерел

1. Концепція створення комплексу бойового екіпірування військовослужбовців Збройних Сил України, затверджено наказом Міністра оборони України від 10.12.2014 № 876.
2. Указ Президента України від 24.09.2015 року № 555/2015 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 2 вересня 2015 року Про нову редакцію Воєнної доктрини України
3. Универсальный солдат и его снаряжение. Военное обозрение. Часть1. 2015. – Режим доступа: <http://topwar.ru/print:page,1,86950-universalnyy-soldat-i-ego-snaryazhenie-chast-1.html>
4. Универсальный солдат и его снаряжение. Военное обозрение. Часть2. 2015. – Режим доступа: <http://topwar.ru/print:page,1,86951-universalnyy-soldat-i-ego-snaryazhenie-chast-2.html>
5. Универсальный солдат и его снаряжение. Военное обозрение. Часть3. 2015. – Режим доступа: <http://topwar.ru/86981-universalnyy-soldat-i-ego-snaryazhenie-chast-3.html>
6. Универсальный солдат и его снаряжение. Военное обозрение. Часть 4. Заключительная. 2015. – Режим доступа: <http://topwar.ru/print:page,1,87212-universalnyy-soldat-i-ego-snaryazhenie-chast-4-zaklyuchitelnaya.html>
7. Тактические разгрузочные системы израильской армии. Военное обозрение. <http://topwar.ru/55775-takticheskie-razgruzochnye-sistemy-izraileyskoy-armii.html>
8. Програми розробки комплектів індивідуального оснащення військовослужбовців країн світу. Спеціальний бюлетень. – Міністерство оборони України. Київ, 2015. – 92 с.
9. Кривошеев А.М. Посібник з підготовки і ведення розвідки групами корегування артилерійського вогню і авіаційного наведення на основі узагальнення бойового досвіду / А.М. Кривошеев, Р.А. Кривошеев. – Суми: ФОП Наталуха А.С., 2012. – 370 с.

Рецензент: В.С. Мінасов, к.військ.н., проф., Військова академія (м. Одеса)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСА БОЕВОЙ ЭКИПИРОВКИ ВОЕННОСЛУЖАЩЕГО

А.А. Гончарук, В.Н. Оленев, В.Б. Радимушкин, В.А. Шлапак

Представлены результаты исследования рационального построения и направления развития комплекса боевой экипировки военнослужащего с учётом опыта вооружённых сил ведущих государств мира. Разработка основных принципов построения комплекса боевой экипировки военнослужащего и внедрение в реальность принципиально нового комплексного снаряжения и вооружение каждого военнослужащего, которое в дальнейшем могло бы стать целостной боевой системой.

Ключевые слова: комплекс боевой экипировки, эшелонирование, снаряжение, вооружение.

MAIN PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF THE COMPLEX FIGHTING EQUIPMENTS OF THE MILITARY MAN

A. Goncharuk, V. Olenov, V. Radimushkin, V. Shlapak

It is presented results of research of rational construction and a direction of development of a complex of fighting equipment of the military man taking into account experience of armed forces of the leading states of the world. Working out of main principles of construction of a complex of fighting equipment of the military man and introduction in a reality of essentially new complex equipment and arms of each military man which could become further complete fighting system.

Keywords: a complex of fighting equipment, echelonment, equipment, arms.

УДК 355.4:004.946

І.В. Симоненкова¹,**В.М. Симоненков²**¹*Військова академія (м. Одеса), Україна*²*Науково-дослідний центр ЗС України «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна*

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОЇ РЕАЛЬНОСТІ НА ПІДТРИМКУ МЕРЕЖЕЦЕНТРИЧНИХ СЦЕНАРІЇВ БОЙОВИХ ДІЙ

У статті проаналізовано сучасний стан застосування інформаційних технологій штучної реальності та запропоновано вихідні дані щодо створення відповідних систем у Збройних Силах України на підтримку мережецентричних сценаріїв бойових дій.

Ключові слова: мережецентричні бойові дії, ситуаційна поінформованість, VR/AR-технології, доповнена реальність.

Постановка проблеми

Концепція ведення мережецентричних бойових дій орієнтована на досягнення інформаційної переваги, що і передбачає збільшення бойових можливостей військового угруповання за рахунок створення інформаційно-телекомунікаційної мережі, яка зв'язує джерела даних, осіб, які приймають рішення, та виконавців. Актуальність створення таких систем обумовлена необхідністю повної взаємності в опануванні інформацією на полі бою, тобто обов'язкового формування так званого «єдиного інформаційного простору» поля бою, що «...адекватно відображає на електронній карті у реальному масштабі часу ідентичну в органах управління всіх ієрархічних рівнів системи управління оперативно-тактичну обстановку, яка складається в певний момент часу» [1].

Об'єднання можливостей сучасних засобів глобальних навігаційних супутникових систем, персональних систем автоматичного цифрового радіозв'язку й електронної картографії створює реальні передумови щодо застосування мережевих інформаційних технологій на полі бою та забезпечує можливість ведення сучасних мережецентричних бойових дій. На сьогоднішній день у провідних країнах світу створено фундаментальну базу для впровадження технологій штучної реальності у військову сферу.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

За останній час з'явилося багато публікацій, присвячених проблемі використання інформаційних технологій штучної реальності у військовій сфері, яка є новою і зараз ретельно вивчається.

Постановка завдання

Метою статті є дослідження можливостей застосування технологій штучної реальності на підтримку мережецентричних сценаріїв бойових дій. Головне завдання полягає в тому, щоб звернути належну увагу на необхідність впровадження новітніх інформаційних технологій під час визначення можливих напрямків створення відповідних систем у Збройних Силах України.

Викладення основного матеріалу дослідження

Аналіз існуючих і перспективних систем управління бойовими діями Збройних Сил США та інших розвинених держав світу передбачає високий рівень оснащення військ новітніми інформаційними засобами. До того ж, основний акцент в ідеології побудови інформаційних мереж змістився на підтримку мережецентричних сценаріїв бойових дій [2].

У документах армії Китаю зустрічається термін «інтегрована мережева і електронна війна», який є відображенням сучасної китайської концепції, що можна порівняти з «мережецентричною війною» Збройних сил США.

Генеральний штаб Збройних сил Ізраїля розглядає втілення інформаційних технологій як невід'ємний та обов'язковий атрибут сучасних і майбутніх операцій. Наприклад, ЦАХАЛ застосовує перспективну систему управління і зв'язку Tzayad, яка дозволяє об'єднати в угруповання різні БПЛА для вирішення завдань пошуку та знищення мобільних ракетних пускових установок, що застосовувались бойовиками руху «Хезболлах». Військові експерти відмічають високу ефективність дій бригад, озброєних такою системою.

У Франції реалізовується концепція «інформаційно-центрична війна». Спочатку ця концепція реалізовувалась в рамках програми «Перспективна повітряно-наземна система бойового управління», яка дозволяє об'єднати різні бойові платформи для здійснення заходів комплексного вогневого ураження цілей.

У Великобританії формується своя глобальна інформаційна структура – єдина інформаційно-управляюча мережа зі спеціалізованими системами безпеки та єдиним програмним забезпеченням. У майбутньому можливості інформаційної інфраструктури, що формується, планується розширити і для організації взаємодії та забезпечення доступу до інформаційних ресурсів збройних сил союзників: США, Канади, Нової Зеландії й Австралії.

Бундесвер також працює над створенням перспективної системи оснащення та озброєння особового складу, яка дозволить реалізувати нові концепції управління і зв'язку між бойовими формуваннями і вищими органами управління. Роботи, які проводяться, включають розробку перспективних засобів розвідки, систем управління і зв'язку типу «тактичний Інтернет» та, перш за все, персональних комп'ютерних систем.

В системах, побудованих за таким принципом, втрачає сенс традиційне поняття «збирання даних обстановки», що характерне для сучасних систем бойового управління, а моніторинг поля бою здійснюється з використанням новітніх інформаційних технологій обробки даних в реальному масштабі часу. Ідеологія створення таких мережевих систем управління полягає, насамперед, в інтеграції усіх інформаційних потоків в єдиній цифровій формі та автоматичній комутації кінцевого абонентського та спеціального обладнання (сенсорів і датчиків) на однакових протоколах обміну інформацією на основі застосування уніфікованих багатофункціональних абонентських терміналів.

Слід зазначити, що мережецентрична концепція організації управління бойовими діями передбачає підвищення ситуаційної поінформованості за рахунок формування та підтримки єдиної для всіх рівнів управління, цілісного, контекстного інформаційного середовища («бойового простору»), а також безперервної актуалізації якомога більшого числа джерел первинної інформації на полі бою.

Ситуаційна поінформованість – це принцип комплексного, у мінімальному ступені опосередкованого картографічними, модельними або іншими умовностями, уявлення різномірної (загальногеографічної, навігаційної, тактичної тощо) інформації в єдиній глобальній географічній системі координат [3].

Підвищення ситуаційної поінформованості забезпечує «учасника бойових дій» потрібною адекватною інформацією, орієнтованою на сприйняття інформаційного середовища, яке не фрагментовано по просторовій, масштабній або іншим ознакам. Створення такого персонального інформаційного середовища дозволяє розв'язати проблему циркуляції локалізованої в просторі та часі інформації з ієрархічно організованих структур бойового управління і проблему безперервної та високоточної актуалізації потрібних даних.

Слід зазначити, що збройні сили провідних країн світу активно включають до своїх програм підготовки військ відпрацювання ведення бойових дій на тактичних симуляторах і тренажерах. Найчастіше вони будуються на базі звичайних комп'ютерних ігор шляхом застосування інформаційних технологій штучної реальності. Це дійсно допомагає відпрацьовувати деякі бойові ситуації, які можуть виникнути під час ведення реальних бойових дій.

Інформаційні технології створення віртуальної реальності прагнуть до двох речей: по-перше, якнайточніше відтворити картину справжнього світу, а по-друге, якнайповніше передати всі відчуття користувачів та надати їм можливості легко взаємодіяти зі штучним середовищем.

Поняття штучної реальності було вперше введене Майроном Крюгером наприкінці 1960-х років ХХ століття. Пізніше Джарон Лан'єр увів більш популярний нині термін «віртуальна реальність». Першою реалізацією віртуальної реальності вважається «Кіномапа Аспена», яка була створена 1977 року у Масачусетському технологічному університеті. Це була досить проста комп'ютерна програма, що дозволяла здійснити віртуальну прогулянку містечком Аспен (штат Колорадо).

Віртуальна реальність (англ. Virtual reality, VR) – це уявна реальність, що створена за допомогою комп'ютерних систем, які забезпечують візуальні та звукові ефекти і занурюють глядача в ілюзорний світ за екраном. Користувач оточується породженими комп'ютером образами і звуками, що дають відчуття реальності. Користувач взаємодіє зі штучним світом за допомогою різноманітних сенсорів, таких як, наприклад, шолом і рукавички, які зв'язують його рухи, враження і аудіовізуальні ефекти [4].

Зазвичай під «віртуальною реальністю» розуміють деякий синтетичний світ, здатний у режимі реального часу реагувати на дії людини. Як правило, такі світи є лише моделями реального світу з тим або іншим ступенем вірогідності.

На сьогодні сфера віртуальної реальності залишається однією із самих перспективних, про що свідчить обсяг інвестицій у такі проекти. За оцінкою аналітиків, обсяг ринку віртуальної та доповненої реальності становить кілька мільярдів доларів, але вже до 2020 року становитиме понад \$150 млрд [5].

Одними з першопрохідників застосування технологій віртуальної реальності є військові. Віртуальна реальність в армії вже зараз використовується для розробки бойових ситуацій. Інценівка бойових дій є ідеальним способом для підготовки взаємодії військовослужбовців з противником. Застосування технологій віртуальної реальності усуває ризики, які пов'язані з обстановкою реального бою, такі як смерть або травми. Дуже важливо, що вони вчать як реагувати, коли рішення може означати різницю між життям і смертю.

Технологія віртуальної реальності також використовується для підготовки пілотів літаків і вертольотів, командирів і штурманів кораблів та інших військових фахівців. Прикладом застосування є використання шолому віртуальної реальності Oculus Rift з програмою-симулятором, яка працює на ігровому движку Unity.

Крім того, віртуальна реальність може бути корисна й у мирному житті, за допомогою неї можна успішно боротися, наприклад, з посттравматичними стресовими розладами військовослужбовців, що повернулися з АТО [6]. Віртуальна реальність знаходить успішне застосування у військовій медицині. За допомогою віртуальної реальності можуть імітуватися такі ситуації, як втрата кінцівок і присутність на полі бою, отут можна відчувати свист куль та шум військової техніки, що рухається.

На відміну від «віртуальної реальності» так звана «доповнена реальність» (англ. Augmented reality, AR) спрямована на доповнення реальності будь-якими віртуальними елементами, тобто є результатом додавання до реального світу відчуттів уявних об'єктів, зазвичай допоміжно-інформативних властивостей. Їх корінне розходження в тому, що віртуальна реальність конструює новий штучний світ, а доповнена реальність вносить окремі штучні елементи в сприйняття реального світу [7].

Сам термін був запропонований під час співпраці з корпорацією Boeing дослідником Томом Коделом у 1990 році. При цьому, іноді використовують як синоніми назви «розширена реальність», «поліпшена реальність» або «збагачена реальність». Сучасним прикладом застосування технології «доповненої реальності» є використання індикації на лобовому склі або на шоломі пілота у бойових літаках і вертольотах. Вона дозволяє пілоту отримувати потрібну інформацію безпосередньо на фоні спостережуваної ним обстановки.

Технології доповненої реальності покликані «збагатити» реальний світ додатковими даними про реально існуючі об'єкти навколишнього середовища або доповнити віртуальними об'єктами, які можуть бути як інформаційними, так і інтерактивними, тобто забезпечувати взаємодію з користувачем.

Вибух популярності пристроїв та обладнання доповненої реальності ще попереду, особливо тих, які відрізняються незвичайним підходом або реалізацією. Наприклад, друга модель окулярів доповненої реальності від японського виробника Epson Moverio BT-200. Окуляри підключаються до зовнішнього блоку, що працює під керуванням ОС Android, та мають тачпад. У них вбудовано два напівпрозорі міні-дисплеї, а також камеру, що дозволяє задіяти сценарії доповненої реальності. Два вбудовані дисплеї створюють ефект єдиного зображення, як двох-, так і тривимірного. По куту зору зображення порівнянне з 40-дюймовим дисплеєм. Напівпрозорість жодним чином не погіршує якості зображення та взагалі непомітна у випадку «звичайної картинки» за допомогою вбудованої програми Moverio Mirror, що дозволяє транслятувати зображення між окулярами та смартфоном в обох напрямках по Wi-Fi або Bluetooth. У такому режимі окуляри можна використовувати як зовнішній дисплей (рис. 1).



Рис. 1. Окуляри доповненої реальності Epson Moverio BT-200

Одним із найважливіших застосувань доповненої реальності на підтримку мережецентричних сценаріїв бойових дій є аналіз обстановки, що оточує користувача, та відображення потрібної інформації поруч із «живим» зображенням, наприклад, тексту з описом або відповідних характеристик в режимі реального часу, з урахуванням обчислення координат місцезнаходження як користувача, так і об'єктів в напрямку його погляду, тобто маємо можливість уточнити саме термін до форми «географічно доповнена реальність».

Це уточнення потрібно використовувати, щоб відрізнити доповнену реальність, у якій віртуальні елементи прив'язані до деяких маркерів (намальованих і видимих комп'ютеру) від такої доповненої реальності, у якій віртуальні елементи прив'язані до координат реального простору. Прикладом застосування AR-технологій недалекого майбутнього може стати надання додаткових можливостей в умовах збройного конфлікту, коли учасник бойових дій за допомогою персональної камери або іншого пристрою спостерігає деякий об'єкт поля бою, а на зображенні доповненої реальності відображається різноманітна інформація щодо його належності, типу або бойових можливостей тощо (рис. 2).

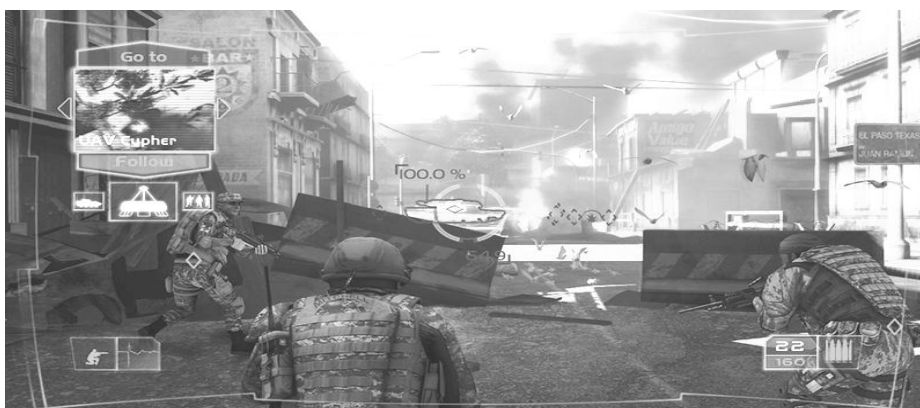


Рис. 2. Зображення на екрані доповненої реальності

Так, британське транснаціональне підприємство BAE Systems, що спеціалізується в оборонній та аерокосмічній галузях, а також в галузі інформаційної безпеки, анонсувала обладнання доповненої реальності Q-Warrior, що представляє собою низку пристроїв, які вмонтовані у солдатський шолом (рис. 3).



Рис. 3. Інтегрований шоломом із прозорим дисплеєм для бойової ситуативної поінформованості Q-Warrior компанії BAE Systems (Велика Британія)

Завдяки повнобарвному дисплею високої якості, обладнання доповненої реальності Q-Warrior здатне накладати цифрове зображення поверх поля зору військового. Дана система надає користувачу додаткові можливості: нічне бачення, визначення відстані до цілі, позначення відміток на місцевості та іншу необхідну інформацію. Також на дисплей виводиться інформація про кількість боєприпасів і про наявні ресурси, які знаходяться поблизу, що дозволяє більш злагоджено координувати свої дії. Технічні характеристики виробу наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Інтегрований шоломом Q-Warrior

Назва	Характеристика
Відео	VGA або DVI-D Singlelink (XGA – 1024 x 768)
Кут зору	40° x 30°
Фокус	0 – 0,125 діоптрій
Яскравість дисплея	> 1000 фут-Ламберт
Контрастність дисплея	> 600:1
Тип шолому	шолом FAST
Вага дисплея	180 г
Вага засобу відстеження	220 г
Робоча температура	відповідно до MIL-STD-810G
Споживна потужність	< 8 Вт

Інтегрований шоломом Q-Warrior здатний різко підвищити рівень орієнтування та ситуаційної поінформованості військового в конкретній ситуації. Крім того, обладнання доповненої реальності об'єднує в собі безліч необхідних елементів, що раніше вимагали окремої уваги, наприклад, раніше для орієнтування на місцевості необхідно було діставати навігатор, для зв'язку з базою – телефон або рацію, а вночі використовувати додатковий прилад нічного бачення.

Спочатку обладнання бойової ситуативної поінформованості будуть випробовувати бійці підрозділів спеціального призначення, але у майбутньому планується оснастити обладнанням доповненої реальності всіх військових.

Нік Колосімо, інженер BAE Systems, сказав: «Ми вже бачимо, що віртуальна і доповнена реальності стають більш розповсюдженими в товарах і можливостях, які пропонують збройним силам. Це надзвичайно захоплює. Наш унікальний підхід ідентифікує оптимальний баланс між реальним світом і віртуальним і полягає у поліпшенні ситуативної поінформованості користувача, що забезпечить необхідними інструментами саме тоді й там, де і коли вони потрібні. За допомогою співробітництва з Бірмінгемським університетом ми спроможні об'єднати кращі розуми, які доступні в цій предметній сфері, щоб якісно розробити ці поняття й розвинути саму технологію».

Українська компанія Limpidarmor адаптувала обладнання доповненої реальності для використання в армії, а саме – для танкістів. Мова йде про окуляри доповненої реальності Hololens розробки компанії Microsoft, які українські конструктори вмонтували в шолом, об'єднавши їх з відеокамерами на самому танку (рис. 4).



Рис. 4. Обладнання доповненої реальності для танкістів української компанії Limpidarmor

На думку розроблювачів, їх винахід надасть танкістам 360-кутовий огляд у режимі реального часу, дозволивши контролювати ситуацію навколо танка. Крім того, це не лише камери, а й тепловізори.

Викликає чималий інтерес розробка обладнання доповненої реальності компанії Scubus Team (США), яка в майбутньому може бути використана для військово-морських сил. Це «розумна маска для дайвінгу» Scubus S, що є підводним варіантом окулярів доповненої реальності. Вона забезпечує зв'язок між підводними плавцями та пропонує ряд інших можливостей. До її функціоналу входить вбудований дисплей, камера, різні датчики та світлодіодний ліхтар (рис. 5).

Вона здатна виводити на дисплей показники вбудованих сенсорів про глибину та час занурення, температуру води й інше. «Розумна маска» Scubus S оснащена дистанційним пультом, який використовується для управління доповненою реальністю.

Вага підводного комп'ютера-маски складає 380 г, а глибина занурення становить до 40 м. Система побудована на базі процесора Intel Dual Core, має оперативну пам'ять 1 Гб та вбудовану – 16 Гб, а також роз'єм для SD-картки. Система зв'язку за допомогою контролера на браслеті забезпечує можливість використання до 20-ти коротких повідомлень на відстані до 100 м.



Рис. 5. «Розумна маска» доповненої реальності Scubus S розробки компанії Scubus Team

Слід зазначити, що обладнання для використання технологій штучної реальності та зараз продовжують бурхливий розвиток. Так, компанія Innovega (США) ще у 2012 році підписала контракт з науково-дослідницькою лабораторією DARPA в рамках програми SCENICC (Soldier Centric Imaging via Computational Cameras), ініційованої оборонним відомством США на поставку повністю функціонуючого прототипу, як складової тактичної інформаційно-управляючої системи на підтримку мережецентричних сценаріїв бойових дій, та створила унікальну технологію, а саме контактні лінзи, які дозволяють оку зосередитися на зображеннях, які розташовані на далекій відстані й дуже близько до очей, тобто бачити об'єкти у реальному світі та доповненій реальності. Отже, така технологія відкриває двері для систем доповненої реальності, які не будуть настільки громіздкими, як сучасні гарнітури штучної реальності у вигляді окулярів, шоломів або масок. Вона дозволить значно підвищити ситуаційну поінформованість як окремих військових, так і бойових підрозділів у цілому, за рахунок удосконалювання зору користувачів лінз.

Висновки

Військові фахівці провідних країн світу вважають впровадження новітніх інформаційних технологій, зокрема технологій штучної реальності, одним з головних напрямів розвитку засобів збройної боротьби. Тому розробка і використання ефективних інформаційних та інформаційно-управляючих систем з метою забезпечення підвищення ситуаційної поінформованості у «бойовому просторі» надасть можливості ведення мережецентричних бойових дій та створення на їх основі абсолютно нових форм і способів застосування збройних сил.

Аналіз сучасного стану застосування інформаційних технологій штучної реальності на підтримку мережецентричних сценаріїв бойових дій показує, що, незважаючи на нинішній складний економічний стан в державі, вже зараз необхідно розгорнути відповідні наукові дослідження, орієнтовані на досягнення інформаційної переваги на полі бою, що в цілому забезпечить збільшення бойових можливостей військових формувань Збройних Сил України. Базою для цього повинні стати новітні інформаційні технології, зокрема технології віртуальної та доповненої реальності.

Список використаних джерел

1. Сингер П. Оборонна ініціатива XXI століття / П. Сингер; Brookings Institution, USA. – 2009.
2. Поліщук Л.І. Аналіз деяких систем управління збройними силами країн НАТО та інших держав / Л.І. Поліщук, С.М. Філімонов // Військово-технічний збірник № 1. – ЛІСВ: Львів, 2009. – С. 85–94.
3. Ерёмченко Е.Н. Неогеография и Situational Awareness / Ерёмченко Е.Н. // Материалы конференции Неогеография XXI-2009 X Международного Форума Высокие технологии XXI века, Москва, 21–24 апреля 2009 года, С. 434–436.
4. Віртуальна реальність [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/URL](http://www.URL) : https://uk.wikipedia.org/wiki/Віртуальна_реальність.
5. Рынок виртуальной и дополненной реальности: перспективы для стартапов с точки зрения инвестора [Електронний ресурс] – Режим доступу: www/URL: <https://habrahabr.ru/company/friifond/blog/322230>.
6. Симоненков В.М. Можливості застосування технологій штучної реальності в якості інноваційного метода психологічної реабілітації військовослужбовці / В.М. Симоненков, І.А. Черниш, О.Ю. Зороховіч // Материалы научного семинара «Психологічна реабілітація військовослужбовців, які виконували завдання в особливих умовах та отримали посттравматичний стресовий розлад», Одеса, 31 березня 2017 року, С. 26–28.
7. Доповнена реальність [Електронний ресурс] – Режим доступу: www/URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Доповнена_реальність.

Рецензент: Р. В. Колчин, к.т.н., Військова академія (м. Одеса)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ИНТЕРЕСАХ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ СЦЕНАРИЕВ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

И.В. Симоненкова, В.Н. Симоненков

В статье проанализировано использование информационных технологий искусственной реальности и предложены исходные данные для создания подобных систем в Вооруженных Силах Украины на поддержку сетевых сценариев боевых действий.

Ключевые слова: сетевые боевые действия, ситуационная информированность, VR/AR-технологии, дополненная реальность.

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGY ARTIFICIAL REALITY SCENARIOS IN SUPPORT NETWORK-CENTRIC WARFARE

I. Symonenkova, V. Symonenkov

The article analyzes the current state of information technology and artificial reality proposed baseline data to establish appropriate systems for the Armed Forces of Ukraine in support of fighting scenarios network-centric warfare.

Keywords: network-centric warfare, situational awareness, VR/AR-technology, augmented reality.

УДК 350. 169: 355. 4/.5

Д 99

В.І. Дяченко,**В.С. Мінасов,** к.військ.н., проф.,**М.В. Смоляний***Військова академія (м. Одеса)*

УМОВИ І ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СТІЙКІСТЬ ТА АКТИВНІСТЬ ОБОРОНИ ПАРАШУТНО-ДЕСАНТНОГО БАТАЛЬЙОНУ В ТИЛУ ПРОТИВНИКА

Розглянуто вплив деяких умов і факторів, які впливають на стійкість та активність оборони парашутно-десантного батальйону в тилу противника.

Наведено визначення основних понять (показників) парашутно-десантного батальйону: бойовий потенціал, бойові можливості, боеготовність, боездатність і живучість. Розглянуто та проаналізовано їх взаємозв'язок і співвідношення.

Ключові слова: бойовий вплив, умови, фактори, активність оборони, стійкість оборони, бойові можливості, бойові дії десанту в тилу противника, вплив фізико-географічних умов, тактичні цілі і характер оборонних бойових дій, оборона парашутно-десантного батальйону в тилу противника

Постановка проблеми

Парашутно-десантний батальйон (далі – *пдб*) може використовуватися в якості повітряного десанту в тил противника і зайняття там стійкої й активної оборони з метою зриву наступу (удару) переважаючих сил противника та нанесення йому істотних втрат, що створює сприятливі умови для переходу у наступ своїх військ. При цьому може виникати проблема по'язана з невідповідністю бойових можливостей *пдб* з обсягом покладених на нього завдань. З точки зору військової теорії і практики, вирішити цю проблему можна шляхом підвищення бойових можливостей *пдб*.

До того ж, очевидно, що коли *пдб* переходить до оборони в тилу противника і дії його скуті, то цей момент є досить несприятливим для батальйону, тому що в цих умовах він стає зручною ціллю для ураження всіма засобами ураження противника, зокрема, і високоточною зброєю. Саме тому вмiла побудова та ведення оборони *пдб* набувають особливого значення оскільки від цього залежить стійкість та активність оборони.

Розгляд зазначених питань дуже важливий та актуальний у разі виникнення необхідності організації повітряного десанту в тил противника і зайняття там стійкої та активної оборони в умовах ведення АТО на сході України.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Останнім часом в публікаціях зустрічається багато визначень стійкості та активності оборони, зміст яких наводиться без належної наукової розробки. Саме тому, перш ніж приступити до їх вивчення, доцільно уточнити підхід до обґрунтування понять стійкості та активності оборони.

Постановка завдання та його розв'язання

Парашутно-десантний батальйон і парашутно-десантна рота вважаються основними тактичними підрозділами ВДВ для висадки повітряних десантів. Механічно переносити на *пдб* типові нормативи і положення, вироблені десятки років назад, за умови широкого застосування високоточної зброї, було б помилково. Все це вимагає дослідження і доопрацювання з врахуванням нових умов бойового застосування повітряних десантів ВДВ з метою пошуків реальних шляхів підвищення їх ефективності. В першу чергу це стосується основних вимог, що пред'являються до оборони, бо досягнення стійкості і активності оборони є складовою успіху підрозділів в будь-яких умовах бою.

Спектр завдань оборони, що вирішуються *пдб*, визначається у відповідності зі сформованою оперативно-тактичною обстановкою відповідно до сукупності умов і факторів, в яких здійснюється підготовка та ведення бою. Саме розгляду умов і факторів (чинників), що впливають на стійкість та активність оборони *пдб* в тилу противника, і присвячується дана стаття.

Виклад основного матеріалу дослідження

Парашутно-десантний батальйон характеризується бойовим потенціалом, бойовими можливостями, боеготовністю, боездатністю і живучістю.

З метою дослідження впливу певних умов і факторів на ведення оборони доцільно навести визначення вищеназаних характеристик і проаналізувати їх взаємозв'язок і співвідношення з категоріями «стійкість» та «активність» оборони *пдб*.

Бойовий потенціал *пдб* – це сума бойових потенціалів озброєння і бойової техніки усіх його підрозділів, тобто вся сукупність закладених в них бойових можливостей в ідеальних умовах.

Бойовий потенціал є первинним по відношенню до бойових можливостей, боездатності і боеготовності. В ідеалі свого максимального значення він може досягти при доведенні бойової ефективності системи до 1.

Бойові можливості *пдб* [1] – це кількісні та якісні показники, що характеризують його можливості виконувати визначені бойові завдання у конкретних умовах обстановки. Бойові можливості залежать від кількості особового складу, рівня його навченості, наявності та стану ОВТ, підготовки командного складу, забезпеченості боеприпасами й іншими матеріальними запасами, а також від характеру дій противника, умов місцевості, метеорологічної обстановки та інших факторів. У даному разі *пдб* характеризуються розмірами району оборони, можливістю відбити удар в обороні вогневыми можливостями, здатністю до знищення танків противника, маневреністю тощо.

Бойова готовність *пдб* [1] – це стан, який визначає ступінь його підготовленості до виконання покладених на нього бойових завдань. Бойова готовність *пдб* припускає певну укомплектованість його підрозділів особовим складом та ОВТ; наявністю необхідних запасів матеріальних засобів; утриманням у справному та готовому до використання стані ОВТ; високу підготовку підрозділів і виучка особового складу тощо. В ході бойових дій бойова готовність *пдб* визначається здатністю до негайного виконання покладених на нього бойових завдань.

Якщо не вдаватися до деталізації, то бойова готовність визначається як стан *пдб*, який характеризує його здатність організовано розпочати бойові дії у зазначені терміни та успішно виконувати бойові завдання.

Боездатність *пдб* [2] – елемент бойової готовності, що визначається показниками укомплектованості особовим складом, його навченості, технічної готовності штатного озброєння і військової техніки, забезпеченості матеріально-технічними засобами. Боездатність *пдб* являє собою частку бойового потенціалу дійсно здатну до реалізації в реальних умовах бойової обстановки.

В результаті бойового впливу противника на *пдб*, його боездатність може бути значно знижена ще до того, як він приступить до реалізації своїх можливостей. Так, втрати в ході десантування (близько 5 %), і виконання найближчого завдання по захопленню і знищенню об'єктів противника можуть знизити бойовий потенціал батальйону до 25 %. У зв'язку з цим існує інший важливий показник якісного стану батальйону, який характеризує здатність *пдб* зберігати і відновлювати (повністю або частково) його боездатність. Цей показник називається **живучість**.

Найважливішими елементами живучості *пдб* є **міцність, стійкість, скритність і відновлюваність**. В ході ведення бою в обороні, коли часу на відновлення втраченої боездатності може і не бути, а необхідність постійно бути спроможними до функціонування у відповідності зі своїм призначенням зростає, особливого значення набувають міцність і стійкість.

Наближено до вимог Тимчасового бойового статуту механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних Сил України [3] визначення стійкості та активності оборони *пдб* можна сформулювати наступним чином.

Стійкість оборони *пдб* – це властивість зберігати здатність до виконання завдань оборони *пдб* в умовах крайньої небезпеки під впливом противника. Обумовлюється, високими вольовими якостями та вояцькою майстерністю командирів, усвідомленням обов'язку та почуттям колективізму всього особового складу.

Активність оборони *пдб* – це безперервний вплив підрозділів *пдб*, які обороняються у його складі, на противника. Активність оборони полягає у завданні противнику ударів у період його підготовки, висуванні та під час атаки, а також у можливості маневру підрозділами, резервом і вогнем в ході ведення оборонного бою.

Активність оборони по суті виражає здатність *пдб* до безперервного впливу на противника, в нав'язуванні йому своєї волі, позбавлення ініціативи і зниження ефективності його ударів, а також у створенні невідгод для противника умов і зниження його боєздатності.

Стійкість та активність оборони є основними взаємопов'язаними бойовими якостями оборони. Стійкість без активності робить її захисників безпечною мішенню для наступаючих. Активність без стійкості просто неможлива, так як умови її прояви будуть завчасно придушуватися противником.

Таким чином, під стійкістю і активністю оборони розуміються її основні бойові якості, що дозволяють вести оборонні дії з противником у зазначений термін, максимально ефективно використовуючи при цьому свій бойовий потенціал.

До основних факторів оперативно-тактичної обстановки відносяться сили та засоби протиборчих сторін, їх можливий характер дій і бойові можливості. Зупинимося на цьому більш докладніше.

Аналіз можливих дій повітряного десанту в тилу противника показує, що десанту доведеться виконувати поставлені завдання в щільному оточенні бойових частин противника, готових негайно вжити відповідних заходів щодо якнайшвидшої ліквідації небезпеки, яка виникла. Противник буде прагнути скоувати дії десанту в районі десантування та виграти час для висування резервів, після чого потужними ударами бронетанкових частин (підрозділів) розчленувати і знищити десант по частинах.

Парашутно-десантний батальйон на БМД (БТРД) займає район оборони [4] до 5 км по фронту і до 3 км в глибину, без бойової техніки батальйон обороняє район до 3 км по фронту і до 2 км в глибину. Батальйон, що виконує завдання як повітряний десант в тилу противника, як правило, веде позиційну оборону до підходу головних сил наших військ. Дії *пдб* при позиційній обороні мають захисний характер. Однак слід зазначити, що, залежно від бойового завдання, наявності сил і засобів, а також від характеру місцевості *пдб* може вести і маневрену оборону, яка застосовується з метою завдання противнику втрат, виграшу часу і збереження своїх сил шляхом послідовних оборонних боїв. Дії *пдб* при мобільній обороні мають стримуючий характер. У ході маневреної оборони батальйон у взаємодії з іншими підрозділами бригади змушує противника наступати в тому напрямку, де підготовлена стійка позиційна оборона або противник втягується в район, що забезпечує вигідні умови для його розгрому контратаками [4].

Незалежно від того, як буде вестися оборона *пдб* в тилу противника, вона має на меті зірвати або відбити наступ (удар) переважаючих сил противника та нанести йому значні втрати, створюючи цим сприятливі умови для переходу в наступ своїх військ [4].

Зрозуміло, що, зважаючи на високу мобільність і оснащеність противника високоточною зброєю, підрозділам *пдб*, який займає оборону в тилу противника, практично безперервно, протягом усього часу перебування в обороні, доведеться відбивати наростаючі удари його військ. При цьому можуть використовуватися всі основні види зброї, включаючи ствольну і реактивну артилерію, протитанкові ракетні комплекси, танкові та протитанкові гармати тощо.

Таким чином, оскільки на *пдб* можуть одночасно діяти переважаючі сили противника, а їх бойові можливості при цьому будуть у рази перевищувати можливості *пдб*, то може виникнути проблема, пов'язана з невідповідністю бойових можливостей *пдб* обсягу покладених на нього завдань. Зазначену проблему можна вирішити шляхом підвищення бойових можливостей *пдб*. Підвищення бойових можливостей можливо проведенням відповідних заходів за такими основними напрямками.

Конструкторсько-технологічний напрямок. До нього слід віднести впровадження останніх науково-технічних досягнень у створенні зразків зброї та військової техніки, а також їх уніфікацію. Цей перспективний напрямок роботи виходить за рамки діяльності командирів, оскільки це справа конструкторів і військово-промислового комплексу. Тому необхідно шукати інші, доступні для командира батальйону шляхи підвищення стійкості й активності оборони підрозділів.

Другий напрямок – організаційний. Виходячи з того, що особовий склад вносить значний внесок в досягнення стійкості й активності оборони, особливу увагу слід приділяти систематичній виховній роботі та морально-психологічній підготовці, фізичному гарту офіцерів і солдатів, прищеплювати їм якості, необхідні для ведення сучасної війни. Цього можна домогтися проведенням занять з підготовки частин і підрозділів в умовах, максимально наближених до бойових.

З метою полегшення процесу переформування військ, які зазнали втрат і прискорення відновлення їх боєздатності особливої уваги вимагає оптимізація та універсалізація організаційно-штатних структур підрозділів і частин. Проте, цей шлях залежить від командирів вищої командної ланки, від яких залежить реформування військ.

Сьогодні сподіватися на переозброєння високомобільних десантних військ в короткі терміни не доводиться. Швидше навпаки, зростуть бойові можливості відповідних частин і підрозділів противника. Саме тому з розвитком озброєнь необхідно шукати шляхи і способи вирішення поставлених перед військами завдань наявними та навіть меншими силами і засобами.

Далі доцільно розглянути які способи ведення оборони в тилу противника існують на сьогоднішній день і як повно вони відповідають тактичним цілям оборони *пдб*.

Оборонні бойові дії *пдб* в тилу противника можуть організовуватися [5] зайняттям стійкої та активної оборони з метою зриву наступу (удару) переважаючих сил противника та нанесення йому істотних втрат, що створює сприятливі умови для переходу у наступ своїх військ; або з завданнями прикриття дій головних сил десанту або міцного утримання захоплених об'єктів (районів) і, як наслідок, будуть носити або стримуючий характер (мобільна оборона), або захисний характер (позиційна оборона). Прикриття в обов'язковому порядку буде організовуватися в період збору після десантування, при виконанні завдань по захопленню об'єктів (районів) противника, в період підготовки їх оборони, а також при здійсненні маневру (рейду). Головною тактичною метою прикриття буде недопущення удару оперативних резервів противника по головним силам десанту під час виконання поставлених перед ними завдань. Виходячи з тактичних цілей прикриття, такого роду оборонні дії будуть носити стримуючий, тимчасовий характер.

Стримуючі бойові дії (мобільна оборона), як правило, будуть вестися методом відходу підрозділів на шляхах висування резервів противника з послідовним утриманням вигідних рубежів. Перший рубіж стримування вибирається на тактично вигідній ділянці місцевості. Його віддалення від головних сил має забезпечити затримку висування противника на час, необхідний для виконання завдання головними силам десанту.

Бойовий досвід свідчить [5, 6, 7], що при веденні *пдб* позиційної оборони з метою затримати резерви противника, які висуваються; вимотати його, і виграти час для виконання завдання головними силами, виникає ряд причинно-наслідкових зв'язків, що знижують стійкість і активність оборони. До таких причин належать:

- чітко вигляділена лінія дотику сторін, що сковує дії батальйону і дозволяє противнику планомірно і без істотних труднощів нарощувати зусилля на обраному напрямку;

– відсутність фортифікаційного обладнання і висока ефективність засобів ураження противника, не дозволяє бойовим підрозділам пдб вести бій на займаних позиціях тривалий час;

– обмеженість захопленого району оборони пдб, складність проведення скритного маневру підрозділами батальйону, низька ефективності контратак в умовах щільного оточення бойовими частинами противника, що прагне якнайшвидшої ліквідації десанту у своєму тилу, може привести до повного блокування батальйону, а в подальшому до його знищення.

Позиційна оборона з метою утримання захоплених об'єктів (районів) організовується з урахуванням можливості нанесення ударів противника з будь-яких напрямків. Вона ведеться, як правило, більшою частиною десанту з основною тактичною метою – не допустити втрати захоплених об'єктів (районів) до підходу основних військ.

Виходячи з тактичних цілей позиційної оборони, дії пдб будуть носити захисний характер. Захисні оборонні дії десанту в тилу противника зазвичай розгортатимуться в цілях утримання порівняно обмежених по площі захоплених районів (плацдармів на берегах річок, каналів; важливих вузлів доріг або дорожніх напрямків), а також об'єктів (аеродромів, мостів, тунелів тощо), що мають ключове значення для успішного розвитку контрнаступальних дій своїх військ.

Згідно з сучасними поглядами і теоріями оборонні бойові дії десанту в тилу противника повинні мати активний, маневрений характер. Проте, аналіз ймовірних умов бойових дій пдб в тилу противника свідчить, що через обмеженість захопленого ним району, складність проведення скритного маневру підрозділами батальйону, низьку ефективність контратак, зважаючи на можливу невідповідність бойових можливостей пдб обсягу покладених на нього завдань та слабку бронезахищеність, ведення ним маневреної оборони може призвести до великих втрат. За цих причин ведення маневреної оборони десантом у складі пдб істотно обмежується. Тому оборонні бойові дії пдб в тилу противника матимуть тенденцію позиційної оборони.

Висновки

У статті наведено матеріал з дослідження деяких умов і факторів, що впливають на стійкість та активність оборони пдб в тилу противника. За результатами проведених досліджень найбільш впливовими та важливими умовами і факторами є:

- висока мобільність та оснащеність противника сучасним ОВТ, зокрема, і високоточною зброєю;
- наявні у пдб сили і засоби;
- бойові можливості пдб, який займає оборону в тилу противника, та мета його бойового завдання;
- характер ведення оборонних дій пдб (стримуючий чи захисний) в тилу противника.

Цілком очевидно, що основними факторами впливу на оперативно-тактичну обстановку в цілому і, зокрема, на стійкість та активність оборони є співвідношення сил і засобів протиборчих сторін, можливий характер їх дій та бойові можливості. Ці фактори у практичній роботі з організації оборони пдб в тилу противника є визначальними. В умовах ведення АТО на сході України врахування зазначених факторів вимагає досить серйозної уваги для забезпечення ефективної боротьби з бойовиками ДНР і ЛНР та російськими військовими підрозділами.

Безумовно, слід мати на увазі об'єктивні умови і фактори впливу на перебіг бойових дій, які завжди актуальні та незалежні від людини. Насамперед, це географічні та метеорологічні умови, пора року і час доби тощо.

Список використаних джерел

1. Советская военная энциклопедия. [В 8 томах]. Пред. Гл. ред. комиссии А.А. Гречко. М., Воениздат, Т.1 – 1976. – 640 с. с ил.
2. Словник воєнних термінів, які застосовуються у Збройних Силах України. Міністерство оборони України. Національний університет оборони України. К., 2013. – 219 с.

3. Тимчасовий бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних Військ Збройних Сил України. Частина II. Батальйон, рота. Київ. – 2016. – 319 с.
4. Проект Бойового статуту Високомобільних десантних військ, частина II (батальйон, рота).
5. Стрижевський В.В. Розвиток загальної тактики за досвідом локальних війн і збройних конфліктів сучасності, які велись регулярними військами проти іррегулярних збройних формувань / В.В. Стрижевський // Труди академії. – 2003, – № 46. С. 213–220.

Рецензент: В.М. Оленів, к.військ.н., професор, Військова академія (м. Одеса)

УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ, КОТОРЫЕ ВЛИЯЮТ НА СТОЙКОСТЬ И АКТИВНОСТЬ ОБОРОНЫ ПАРАШЮТНО-ДЕСАНТНОГО БАТАЛЬОНА В ТЫЛУ ПРОТИВНИКА

В.И. Дяченко, В.С. Минасов, Н.В. Смоляной

Рассмотрено влияние некоторых условий и факторов, которые влияют на стойкость и активность обороны парашютно-десантного батальона в тылу противника.

Приведено определения основных понятий (показателей) парашютно-десантного батальона: боевой потенциал, боевые возможности, боеготовность, боеспособность и живучесть. Рассмотрено и проанализировано их взаимосвязь и соотношения.

Ключевые слова: боевое влияние, условия, факторы, активность обороны, стойкость обороны, боевые возможности, боевые действия десанта в тылу противника, влияние физико-географических условий, тактические цели и характер оборонительных боевых действий, оборона парашютно-десантного батальона в тылу противника.

CONDITIONS AND FACTORS AFFECTING THE RESISTANCE AND ACTIVITY OF THE DEFENSE OF THE PARATHALL-DESANTE BATTALON TO THE SUPERVISOR»S PEOPLE

V. Dyachenko, V. Minasov, N. Smolyanoy

The influence of certain conditions and factors which affect the stability and activity of the defense of a paratrooper battalion in the enemy's rear is considered.

The basic concepts (indicators) definitions of the paratrooper battalion are given: combat potential, combat capabilities, combat readiness, combat capability and survivability. Their interrelation and relationships are examined and analyzed.

Keywords: combat influence, conditions, factors, defense activity, defense resistance, combat capabilities, landing operations in the rear of the enemy, the impact of physical and geographical conditions, tactical goals and the nature of defensive operations, defense of the paratrooper battalion in the enemy's rear

УДК 355:33.021.8(477):066

С 12

І.В. Саєнко, к.політ.н.,**А.Є. Єфіменко**, к.військ.н., доцент,**Т.В. Прижбило***Військова академія (м. Одеса)*

ВОЄННА РЕФОРМА УКРАЇНИ: ДОСЯГНЕННЯ ТА ПРІОРИТЕТНІ ЗАВДАННЯ УКРАЇНСЬКОГО ВІЙСЬКА НА ШЛЯХУ ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТІВ НАТО

За три роки в Україні постала армія, спроможна воювати та давати відсіч ворогу, що є базовою гарантією виживання держави, проте сьогодні Україна перебуває під постійною загрозою розширення військової інтервенції з боку Росії. Війна показала чимало проблем в українських збройних силах – відсутність чіткої відповідальності, об'єднаного керівництва, заважка нормативна база, корупція, неповороткість в прийнятті рішень та реагування на проблеми і загрози, які і дали поштовх для створення загального підходу до реанімування оборонної системи країни. Тому імперативним завданням українського війська на сьогоднішній день є нарощування оборонного потенціалу, проведення військових навчань, налагодження забезпечення армії. З 2014 року проблеми вирішувалися ситуативно, фрагментами. Сьогодні експерти говорять, що Україні потрібно системно підійти до реформування всього оборонного комплексу. Статтю присвячено головним досягненням на шляху стандартизації українського війська в процесі реформування, а також аналізуються інструменти та механізми, за допомогою яких можна досягти якісних змін у Збройних Силах України.

Ключові слова: стандарти НАТО, дорожня карта, військова інтервенція, оборонний потенціал, оборонний комплекс, оборонне планування, професіоналізація Збройних Сил України

Постановка проблеми

Головною ціллю написання даної статті є комплексне визначення та аналіз головних завдань Міністерства оборони України, які мають на меті приєднання до всіх послуг та Партнерств Агенції НАТО з підтримки та постачання в процесі реформування ЗСУ. Результатом таких змін буде забезпечено формування державного оборонного замовлення на трирічний період з можливістю щорічного коригування його показників, запроваджено новітні технології виробництва військової техніки, створено замкнені новітні технології виробництва.

Виглядлення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття

На сьогоднішній день порушуються актуальні проблемні питання функціонування системи управління державою в особливий період, проблеми розвитку спроможностей сил оборони, підходи до професіоналізації Збройних Сил України та створення необхідного військового резерву. Забезпечити виживання та розвиток незалежної України може тільки сильна національна держава, в основі якої – потужні збройні сили, інші військові формування, надійний та ефективний сектор безпеки й оборони.

Розгляд стану впровадження стандартів НАТО у повсякденну діяльність Збройних Сил України доцільно розпочати з оцінки положень стратегічних державних документів у сфері безпеки та оборони. В основу стратегічних документів з оборонного планування України покладено досягнення стандартів НАТО з огляду на їх ефективність і перспективи використання в майбутньому в архітектурі світової та європейської систем безпеки. Вважається, що реформування української армії саме за стандартами НАТО є одним із найоптимальніших шляхів підвищення рівня її боєздатності, а відтак і обороноздатності всієї країни в цілому [5, с.4].

Відповідно Стратегії національної безпеки України, пріоритет полягає у забезпеченні максимальної взаємосумісності Збройних Сил України зі збройними силами держав-членів НАТО шляхом запровадження стандартів Північноатлантичного альянсу [6].

Воєнною доктриною України визначається розвиток ЗСУ за західними стандартами та досягнення ними до 2020 року повної сумісності з відповідними силами держав-членів НАТО (Статті 3, 17, 47, 50 тощо) [11], що виступає головною метою стандартизації в НАТО. Головною метою співробітництва із США, відповідно до положень Воєнної доктрини України, визначено створення до 2020 року міцних і сумісних з НАТО Збройних Сил України. При цьому взаємосумісність не вимагає користуватися, наприклад, однаковим озброєнням, але передбачає здатність використовувати спільну матеріальну базу, бути дієвою частиною загальної системи, зокрема системи управління та зв'язку.

Наступним кроком у реалізації поставлених завдань стало затвердження Міністром оборони України Плану виконання основних заходів щодо переходу ЗСУ на стандарти НАТО. Сьогодні ми закладаємо нові амбітні цілі. Наша мета – побудувати таку Українську армію, яка відповідатиме кращим світовим зразкам, керуватиметься відповідними стандартами і процедурами та зможе виконати будь-яке завдання по захисту країни від агресора! Мною затверджено План виконання основних заходів щодо переходу Збройних Сил України на стандарти НАТО, який містить конкретні заходи з чіткими термінами їх виконання на період до 2020 року [8].

Генеральним штабом Збройних Сил України складено перелік нормативних документів НАТО, які потребують першочергового впровадження в ЗСУ. Так, у 2016 році до зацікавлених органів військового управління доведено 337 стандартів НАТО.

Що ж стоїть за словосполученням стандарти НАТО, яке стало шаблоном та обов'язковим атрибутом виступів переважної частини керівників і начальників не лише у військовому середовищі, а й у центральних органах виконавчої влади, а також політиків, громадських діячів, журналістів тощо?

Стандарт НАТО – документ, який розробляється і впроваджується в рамках процесу стандартизації та відповідає наступним вимогам:

- є самостійним і функціонально повним і унікальним;
- не містить даних, що посилаються на національні можливості або інші організації;
- публікується як документ Альянсу з питань стандартизації (NATO Allied Publications, APs) або багатонаціональний документ (NATO Multinational Publications, MPs), однією або обома офіційними мовами (англійська, французька), має чотиризначний реєстраційний номер;
- супроводжується органом, яким поставлено завдання на розробку стандарту.

За функціональним призначенням стандарти підрозділяються на оперативні, матеріально-технічні (технологічні) та адміністративні. На сьогоднішній день близько 65 % стандартизаційних угод НАТО (STANAGs – Standardization Agreements), які ми називаємо стандартами, складають документи оперативного напрямку, близько 20 % – матеріальні та технічні документи, і близько 15 % – адміністративні. При цьому кожні 3 роки усі стандарти переглядаються [5, с. 5]. Адміністративні стандарти визначають процеси управління та обміну інформацією, порядок роботи з документацією. Оперативні стандарти спрямовані на оперативне планування застосування військ. Матеріально-технічні стандарти визначають єдині вимоги до озброєння і військової техніки союзників, управління життєвим циклом, а також кодифікації предметів забезпечення [9].

На сьогодні база даних стандартів (NATO Standardization Documents Database. NSDD) налічує понад 2000 угод із стандартизації, об'єднаних в 43 функціональні групи, та понад 8000 інших документів Альянсу з питань стандартизації.

Тобто, Стандарт НАТО – міжнародний договір, який регламентує загальні правила, визначає спільний порядок дій, закріплює єдину термінологію і встановлює умови уніфікації технічних процесів, а також озброєння та військової техніки, іншої матеріальної частини збройних сил Альянсу та країн-партнерів. Стандарти НАТО об'єднані в складну і взаємопов'язану ієрархію керівних документів Альянсу.

Стандарт НАТО покликаний забезпечити взаємодію між збройними силами різних країн, ухвалюється консенсусом і може бути реалізований повністю або частково, із зауваженнями або без.

Вищим органом НАТО, який визначає політику в галузі озброєння, у тому числі в питаннях стандартизації, є Конференція національних директорів з озброєння (англ. Conference of National Armaments Directors – CNAD). Під її егідою розгорнута широка структура робочих груп і підгруп, різних комітетів, на постійній основі, з урахуванням отриманого Альянсом досвіду, що аналізують, уточнюють і розробляють стандарти НАТО.

Безпосередньо узгодженням стандартів, обігом документів займається Офіс стандартів НАТО. Агентство стандартизації НАТО (англ. NATO Standardization Agency, NSA) – агенція НАТО, створена в 2001 році для обробки діяльності у галузі стандартизації, що була сформована шляхом злиття Військового агентства стандартизації та Управління стандартизації НАТО. Зазначена Агенція є виконавчою гілкою в організації НАТО для стандартизації (англ. NSO), яку очолює директор Агентства НАТО зі стандартизації (англ. DNSA).

Ця Агенція складається з військового і цивільного персоналу, який був створений для відповідальності за стандартизацію у Військовому комітеті та Північноатлантичній раді. Агенція надає стандартизацію Збройним силам членів НАТО з метою взаємодії між державами-членами НАТО. Також Агенція обов'язково ініціює, керує і оприлюднює угоду про стандартизацію Станаг (англ. STANAG).

Штаб-квартира Агенції розташована в головному штабі НАТО на бульварі Леопольда-III, В-1110 Брюссель (Бельгія), що знаходиться в районі Харен муніципалітету міста Брюсселя.

Угода стандартизації Станаг (англ. STANAG) є документом, який визначає варіацію процесів, процедур, термінів та умов для загальних військових та технічних процедур. Як тільки приймають їх члени НАТО, то Станаг дозволяє членам Альянсу співпрацювати. Директор Агенції має право оприлюднити Станаг або союзники НАТО публікують Станаги в базі даних англійською мовою чи французькою мовою, на своєму веб-сайті [11].

Українська сторона, разом з іншими країнами – партнерами, також бере участь в роботі Конференції національних директорів з озброєння. Також слід зазначити, що кожна країна – член НАТО має і свою власну національну систему стандартизації. У середині кожної країни є свої національні стандарти, і всі вони різні.

Так, наприклад, США, Великобританія, інші країни, військові операції планують за своїми оперативними стандартами. Але при діях у складі контингенту НАТО вони керуються загальними стандартами. Саме тому питання взаємосумісності є дуже важливими.

Країни НАТО мають спільні стандарти на все – від калібрів стрілецької зброї до процедури передачі припасів між кораблями на морі, стандартів, які стосуються захисту довкілля, авіаційної безпеки, зберігання боєприпасів чи системи заправки на аеродромах. Одна з угод визначає психологічну роль командувача військового підрозділу та містить цілий посібник, що і як йому належить робити. Одна лише термінологія включає в себе більше десяти тисяч визначень термінів англійською та французькою мовами. Крім військових, в НАТО прийняті також цивільні стандарти.

Найактуальніший досвід переходу на стандарти НАТО здобула Хорватія. 2009 року разом з Албанією ця країна приєдналася до Альянсу під час останньої дотепер хвилі його розширення. Хорватський стратегічний аналітик Зоран Кусовак вказав на те, що принципова відмінність стандартів НАТО полягає в системі прийняття рішень. За старими радянськими стандартами дуже часто рішення мали прийматися на найвищому рівні – на набагато вищому рівні, ніж за стандартами НАТО. В цьому відношенні НАТО дозволяє значно більшу гнучкість і заохочує легше та швидше прийняття рішень, – пояснює експерт. За його словами, Хорватії пощастило, що вона не успадкувала стару армію, а від початку формувала її такою, що вона в результаті може бути сумісною з НАТО.

Для відсічі збройної агресії сили оборони повинні функціонувати як єдиний організм, система національної безпеки та оборони має бути сумісною з аналогічними системами країн-членів НАТО. «Протягом 2015–2016 років було ухвалено цілу низку документів оборонного планування, які стали дорожньою картою оборонної реформи. – Зазначив заступник начальника Національного університету оборони України ім. І. Черняхівського з наукової роботи генерал-майор Радіон Тимошенко під час проходження Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої актуальним проблемам здійснення оборонної реформи в Україні. – Вона має відповідати актуальним потребам оборони України, сприяти зміцненню спроможностей сил оборони, підвищенню їхньої готовності до виконання завдань за призначенням та участі в проведенні спільних бойових дій із підрозділами Альянсу» [1, с. 2]. В рамках реалізації заходів Дорожньої карти представники ЗСУ беруть участь у засіданнях Комітету зі стандартизації НАТО та діяльності його робочих груп; проводиться стажування фахівців зі стандартизації в органах та структурах НАТО; український офіцер розпочав працювати на посаді офіцера Штабних елементів партнерства НАТО у складі Офісу НАТО зі стандартизації; в рамках реалізації Трастового фонду НАТО з реформування системи логістики та стандартизації здійснюється спеціалізована фахова мовна підготовка особового складу, залученого до виконання робіт зі стандартизації. Зазначеною Дорожньою картою було визначено завдання щодо підвищення ефективності використання наявних програм і механізмів НАТО за такими напрямками:

- індивідуальна освіта та підготовка;
- колективна підготовка та навчання;
- розвиток спроможностей, технологій, стандартів;
- оцінка спроможностей по врегулюванню криз;
- удосконалення інструментів і механізмів співпраці.

ЗСУ поставили собі дуже амбіційне завдання – перейти на стандарти НАТО до 2020 року. На думку заступника голови Представництва НАТО в Україні Марка Опгенорта, – це дуже швидкий темп, тому ми і надалі надаватимемо консультативну допомогу в здійсненні реформ. Головне нині – досягти скоординованих і злагоджених дій на шляху реформування [1, с. 2].

Верховний головнокомандувач об'єднаних збройних сил НАТО в Європі генерал Кертіс Скапаротті під час слухань у Сенатському комітеті зі збройних сил НАТО в Європі заявив: Українські воїни протистоять так званим сепаратистам, які насправді є російськими ставлениками. Росія постачає їм смертоносну зброю і також випробовує там деякі нові воєнні методи. Ми маємо посилити українські збройні сили настільки, наскільки це можливо [2, с. 2].

Народні депутати України ухвалили проект постанови № 6111 Про Звернення Верховної Ради України до Конгресу Сполучених Штатів Америки щодо безпекових гарантій [3, с. 17], у якому зазначили, що надання Україні статусу основного союзника поза НАТО та укладання двосторонньої оборонної угоди між Україною та США матиме великий вплив на припинення російської агресії проти України, стримування агресора і запобігання розпалюванню великої війни в Європі. Це є в інтересах України, США, Європи і всього світу. На сучасному етапі пріоритетними напрямками економічної взаємодії ми бачимо, зокрема, енергетичний сектор, ракетно-космічну галузь, банківсько-фінансову сферу, сферу інформаційних технологій, сільське господарство. Особливої уваги заслуговує перспектива якісного розширення військово-технічного співробітництва, а також реагування на кіберзагрози та кібертероризм, захист інформаційного середовища.

Впровадження стандартів НАТО у діяльність Збройних Сил України передбачає виконання наступних заходів:

- визначення стандартів НАТО для опрацювання;
- замовлення визначених стандартів НАТО;

- опрацювання стандартів НАТО та прийняття рішення щодо застосування в Збройних Силах України їх положень (норм, вимог);
- розроблення на основі стандартів НАТО відповідних національних нормативно-правових чи нормативних документів;
- реформування Офісу НАТО зі стандартизації та уповноваженого керівного органу НАТО (замовника стандарту) про розроблення на основі визначених стандартів НАТО відповідних національних нормативно-правових чи нормативних документів і набуття ними чинності;
- застосування національних нормативно-правових чи нормативних документів, що розроблені на основі положень стандартів НАТО [5, с. 6].

Перехід на стандарти Альянсу буде полягати у виконанні двох основних етапів:

до кінця 2018 року завершення етапу введення стандартів;

до кінця 2020 року завершення етапу впровадження стандартів (у першу чергу адміністративних та оперативних).

Варто зазначити, що і Організація Північноатлантичного договору також робить потужні кроки назустріч досягненню партнерами Альянсу зазначеної мети. Політика НАТО щодо стандартизації спрямована на забезпечення спільної розробки, погодження та впровадження підходів, принципів, концепцій, доктрин, критеріїв і планів розвитку національних збройних сил, процедур оборонного планування, проведення операцій, обміну інформацією, адміністрування і логістики для досягнення та підтримки необхідних рівнів взаємосумісності.

У вересні 2015 року Генеральний секретар НАТО підписав Угоду з урядом України, згідно з якою в Україні створено Представництво НАТО, до складу якого увійшли два заклади НАТО в Україні, а саме: Центр інформації і документації НАТО і Офіс зв'язку НАТО в Україні. Ця угода також забезпечила необхідну правову основу для цього.

ЦІДН у Києві відіграє чільну роль щодо підвищення обізнаності населення України із основними завданнями і пріоритетами НАТО і роз'яснює переваги співробітництва між Україною і НАТО, водночас надаючи підтримку українській владі у галузі інформування громадськості та стратегічних комунікацій.

До того ж ЦІДН докладає зусиль для сприяння і активізації участі України у заходах співробітництва з НАТО під егідою Хартії Україна – НАТО, Річної національної програми України, Партнерства у галузі стратегічних комунікацій та інших напрямів взаємодії між Україною і НАТО. Центр надає поради українському керівництву й установам з тематики стратегічних комунікацій і громадської дипломатії.

Важливим є і питання переведення на стандарти НАТО т. зв. соціального пакету українських військовослужбовців, який дозволить зробити службу в армії привабливою, престижною та перспективною. Оскільки соціалка у НАТО – це не тільки високе грошове забезпечення військовослужбовців, а й реалізація їхніх соціальних гарантій, серед яких вирішення житлового питання, гарантії права на охорону здоров'я і медичну допомогу, страхові гарантії, гарантії при звільненні з військової служби тощо.

Більшість заходів були спрямовані на розвиток співробітництва зі стратегічними партнерами, державами-членами НАТО та ЄС.

Відповідно до визначених пріоритетів у 2015 році проведено заходи за такими напрямками:

- активізація воєнно-політичного діалогу (проведення заходів на вищому рівні, воєнно-політичні консультації);
- отримання консультативно-дорадчої та матеріально-технічної допомоги для Збройних Сил України;
- фахова (професійна) підготовка українських військовослужбовців;
- лікування (реабілітація) бійців, які постраждали під час ведення бойових дій на сході України.

У цьому контексті необхідно відмітити розвиток двостороннього співробітництва з такими державами, як США, Канада, державами Західної Європи та Балтії.

У цьому контексті протягом останніх років відбувався поетапний перехід до нового формату співробітництва та визначені пріоритети двосторонньої співпраці [1]. Так, в 2017-му році очікується отримання матеріальних засобів на суму ще близько 175 млн дол. США. Вона включатиме автомобільну техніку, засоби зв'язку, прилади нічного бачення, автомобільні запчастини, обладнання для польових шпиталів тощо. На реалізацію конкретних проектів спрямовано вісім спеціальних трастових фондів НАТО для України, чотири програми НАТО і допомога від союзників по двосторонній лінії. Консультативно-дорадча підтримка Україні з боку НАТО в КПД виведена на стратегічний рівень і охоплює 10 сфер.

Нині у Збройних Силах України опрацьовано новий пакет Цілей партнерства України з НАТО, який розглядається як практичний механізм реалізації завдань з реформування сектора безпеки та оборони до 2020 р. та охоплює:

- 25 Цілей партнерства для Міністерства оборони України (17 загальних, одну – для Сухопутних військ, по три – для Військово-Морських Сил і Повітряних Сил, одну – для Сил спеціальних операцій);
- дві Цілі партнерства для Національної гвардії України;
- три Цілі партнерства для Державної прикордонної служби України;
- шість Цілей партнерства для Державної служби України з надзвичайних ситуацій;
- одну Ціль партнерства для Служби безпеки України.

З перелічених Цілей партнерства дві безпосередньо стосуються стандартизації:

G0020 – Імплементация стандартів НАТО, в рамках якої, власне, здійснюється імплементация стандартів НАТО, визначених пакетом Цілей партнерства для реалізації;

G5005 – Менеджмент у сфері національної стандартизації, спрямована на розроблення системи управління у сфері стандартизації в Мінобороні та Збройних Силах України як невід'ємної частини національної системи стандартизації з метою забезпечення ефективного запровадження стандартів НАТО [11, с. 20].

З офіційних заяв вищого політичного і військового керівництва країни можна зробити висновок, що сьогодні Україна активно впроваджує стандарти НАТО, і незабаром ми побачимо нову модель військового устрою держави. Нашим головним пріоритетом має стати побудова такої держави, зазначив секретар Ради Національної Безпеки і Оборони України Олександр Турчинов. – Держави, яка буде спроможною захищати життєво важливі інтереси українців – державний суверенітет, свободу та гідність, забезпечити економічний розвиток, опанування інноваційних технологій і нових ринків [4, с. 4].

Впровадження стандартів НАТО в сектор безпеки і оборони України вимагає від національних фахівців як володіння предметною сферою і англійською мовою, так і розуміння політики НАТО в галузі стандартизації. Впровадження стандартів НАТО у бойову підготовку військ, а також підготовку офіцерського та сержантського складу дає можливість суттєво підняти рівень боєздатності Української Армії. Крім того, це дозволяє не тільки перейняти колосальний досвід кращих армій світу, а й досягти сумісності з ними [10, с. 312]. Реалізація цього завдання потребує насамперед неупередженого комплексного оцінювання реальних оперативних спроможностей українського війська в контексті здатності діяти спільно з підрозділами, частинами та з'єднаннями збройних сил держав – членів НАТО під час ведення бойових дій. На думку дослідників цієї проблематики Л.С. Голопатюка, В.М. Литовченка, для цього потрібно визначити певні критерії та індикатори, використання яких допоможе оцінити:

- наскільки українські офіцери та генерали готові спілкуватися зі своїми колегами з країн НАТО на елементарному рівні без перекладачів;
- наскільки обізнані українські генерали та офіцери з процедурами оперативного планування, прийнятими у збройних силах держав-членів НАТО;
- чи спроможні підрозділи Збройних Сил України успішно застосовувати прийняту в збройних силах Альянсу тактику ведення бойових дій у різних умовах (на відкритій місцевості, в населених пунктах, під час рейдових дій тощо) [11, с. 18].

Підсумовуючи викладене, слід констатувати, що на сьогодні в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України створено систему, яка дає змогу здійснювати отримання, облік, збереження та поширення стандартів НАТО, планування та реалізацію заходів з їх запровадження.

Реформування системи управління збройними силами за стандартами НАТО дозволить мати оптимальну структуру, яка при мінімально необхідних для цього ресурсах буде ефективно виконувати поставлені перед нею завдання. В умовах бойових дій це означає краще володіння обстановкою, підвищення гнучкості управління силами і засобами, швидке прийняття рішень, мінімізація втрат у силах і засобах.

Впровадження стратегії передбачає, що зміниться підхід до розподілу повноважень в армії. Мова йде про делегування повноважень, зокрема підвищення персональної відповідальності. До того ж на місцях військові отримають можливість оперативнішого доступу до необхідного для виконання завдань матеріально-технічного ресурсу, що є нагальним завданням сьогодення. Це й зумовлює актуальність обраної теми дослідження.

В умовах продовження ескалації конфлікту на сході України міжнародне співробітництво Міністерства оборони України зосереджувалося на використанні дипломатичних важелів у воєнно-політичній сфері шляхом проведення чисельних міжнародних консультацій та зустрічей для привернення уваги світової спільноти до агресивної зовнішньої політики Російської Федерації по відношенню до України та отримання можливої матеріально-технічної та консультативно-дорадчої допомоги від країн-партнерів. Саме досягнення стандартів НАТО з огляду на їхню ефективність і перспективи використання в майбутньому в архітектурі світової та європейської систем безпеки покладене в основу стратегічних документів з оборонного планування нашої держави.

Список використаних джерел

1. Вус Р. Перехід на стандарти НАТО – стратегічна ціль нашої оборонної реформи / Р. Вус // Народна армія, № 13(5493), 30 березня 2017 р.
2. Верховний Головнокомандувач НАТО закликав Сенат США надати Україні летальну зброю / Інф. НА, 2017, № 13.
3. Ковальов В. Верховна Рада звернулася до Конгресу США щодо безпекових гарантій / В. Ковальов // Народна армія, № 13(5493), 30 березня 2017 р.
4. Турчинов О. Україна перебуває під постійною загрозою розширення військової інтервенції з боку Росії / О. Турчинов // Народна армія, № 12(5492), 23 березня 2017 р., С. 4–5.
5. Голопатюк Л.С., Литовченко В.М. Стандарти Альянсу / Л.С. Голопатюк, В.М. Литовченко // Оборонний вісник, 2016, № 12, С. 4–9.
6. Стратегія національної безпеки України. Указ Президента України № 287/2015 від 26.05.2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/n0008525-15>.
7. Воєнна Доктрина / Наука і оборона, 2015, № 3–4.
8. Полторак затвердив План заходів щодо переходу ЗСУ на стандарти НАТО. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://day.kyiv.ua/uk/news/261115-poltorak-zatverdyl-plan-zahodiv-shchodo-perehodu-zsu-na-standarty-nato>.
9. Про стандартизацію ЗСУ/ Народна армія, 5 лютого 2015 р.
10. Партнерство заради безпеки : досвід країн НАТО та українська перспектива. За загальною ред. О.І. Соскіна. – К. : Видавництво «Інститут трансформації суспільства», 2007. – 336 с.
11. Голопатюк Л.С. Запровадження стандартів НАТО в повсякденну діяльність Збройних Сил України в контексті підвищення рівня взаємосумісності зі збройними силами держав-членів Альянсу/ Л.С. Голопатюк, В.М. Литовченко та ін. // Наука і оборона, 2016, – № 3. – С. 17–22.
12. Саганюк Ф.В., Мірошниченко В.Я. Нормативне забезпечення оборонної реформи / Ф.В. Саганюк, В.Я. Мірошниченко // Оборонний вісник, 2016, № 11. – С. 20–25.

Рецензент: В.С. Мінасов, кандидат військових наук, снс, Військова академія (м. Одеса)

ВОЕННАЯ РЕФОРМА УКРАИНЫ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПРИОРИТЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ УКРАИНСКОЙ АРМИИ НА ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТОВ НАТО

И.В. Саенко, А.Е. Ефименко, Т.В. Прижбило

За три года в Украине возродилась армия, способная воевать и давать отпор врагу, что является базовой гарантией выживания государства, однако в настоящее время Украина подвергается постоянной угрозе расширения военной интервенции со стороны России. Война показала немало проблем в украинских вооружённых силах – отсутствие четкой ответственности, объединённого руководства, тяжёлая нормативная база, коррупция, неповоротливость в принятии решений и реагирование на проблемы и угрозы – которые и дали толчок для создания общего подхода к реанимированию оборонной системы страны. Поэтому императивным заданием украинского войска на сегодняшний день есть наращивание оборонного потенциала, проведения военных учений, налаживание обеспечения армии. С 2014 года проблемы решались ситуационно, фрагментарно. Сегодня эксперты говорят, что Украине необходимо системно подойти к реформированию всего оборонного комплекса. Статья посвящается анализу главных достижений на пути стандартизации украинского войска в процессе реформирования, инструментов и механизмов, с помощью которых возможно добиться качественных изменений в Вооружённых Силах Украины.

Ключевые слова: стандарты НАТО, дорожная карта, военная интервенция, военный потенциал, оборонный комплекс, оборонное планирование, профессионализация вооруженных сил Украины

MILITARY REFORM IN UKRAINE: ACHIEVEMENTS AND PRIORITIES OF UKRAINIAN TROOPS ON THE WAY TO IMPLEMENTING NATO STANDARDS

I. Saienko, A. Iefimenko, T. Prizhbilo

For three years in Ukraine faces army, able to fight and give back the enemy, which is the basic guarantee of the survival of the State, however, today Ukraine is under constant threat of expansion of military intervention on the part of Russia. The war has revealed many problems in the Ukrainian armed forces – lack of clear accountability, joint leadership, zavažka framework, corruption, sluggishness in making decisions and respond to challenges and threats – which gave impetus to the creation of an overall approach to reanimuvannâ of the defensive system of the country. Therefore, the imperative task of the Ukrainian troops today are building capabilities, military training, debugging software. From 2014 the problem resolved,, fragments. Today, experts say that Ukraine needs to systematically approach to reforming the entire defensive complex. For this group of experts did.

Keywords: NATO standards, road map, military intervention, military capabilities, defence, defence planning, the professionalisation of the armed forces of Ukraine

УДК 504.1

В.В. Ткаченко¹,**А.С. Парталян²**¹*Науково-дослідний центр ЗС України Державний океанаріум, м. Одеса, Україна*²*Управління екологічної безпеки та протимінної діяльності МО України, м. Київ, Україна*

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ГАЛУЗІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Проаналізовано основні проблеми підтримки прийняття управлінських рішень в системі забезпечення екологічної безпеки. Поставлено завдання розробки математичного забезпечення для обробки інформації щодо прийняття рішень. Розглянуто особливості забезпечення екологічної безпеки. Наведено основні етапи структуризації екологічного ризику. Запропоновано аналітичний інструментарій на основі поєднання теорії нечітких множин та алгебри скінченних предикатів і показано його переваги для забезпечення інформаційної підтримки та комплексної оцінки екологічної безпеки.

Ключові слова: екологічна безпека, інформаційна підтримка, математичне моделювання, алгебра скінченних предикатів.

Постановка проблеми

Прогрес науки та техніки, впровадження глобальних мереж вже сьогодні створюють нові колосальні можливості для сфери управлінської діяльності, істотно змінюють діяльність керівників різного рівня. Разом з тим, поряд із досягненнями в цій галузі, з'являються також і проблеми. Сучасне високотехнологічне інформаційне суспільство потребує перебудови процесів управління, прийняття рішень, правового забезпечення тощо. Зростаючі інформаційні потоки стають сьогодні важливою складовою діяльності керівників. З іншого боку, необхідність обробки великих обсягів інформації може привести до втрати частини інформації і, як наслідок, втрати керованості через несвоєчасно прийняті та (або) нераціональні рішення. Це вказує на необхідність модернізації на новому рівні інформаційних моделей систем управління в галузі забезпечення екологічної безпеки. Але не завжди стандартні інформаційні продукти можуть вирішувати поставлені завдання.

Підготовка комплексних рішень для узгодження суперечливих умов економічного розвитку і безпечного функціонування промислових об'єктів являє собою необхідну передумову національної безпеки кожної країни. Значне місце в проблемі забезпечення промислової та екологічної безпеки займає оцінка останньої. Для цього використовуються кількісні показники, які надають можливість проводити ґрунтовний аналіз і приймати рішення щодо техногенної безпеки потенційно-небезпечного об'єкта. В даний час існує велика кількість різних підходів до проблеми оцінки техногенного ризику в контексті сталого розвитку суспільства. Але в той же час немає єдиної міри сталого розвитку суспільства.

Проблеми природно-техногенної безпеки обумовлені дестабілізаційними процесами в системі «соціум-техносфера-природне середовище», ігноруванням вимог концепції сталого розвитку, виходом відповідних показників за нормативні рівні. Прогнозування і попередження катастроф в природній та техногенній сферах базується на результатах моніторингу стану об'єктів і джерел катастроф, моделювання катастрофічних природних процесів і техногенних аварій. Пріоритетною постановкою є перехід від рішення окремих екологічних і технологічних проблем до комплексного забезпечення природно-техногенної безпеки окремих територіально-промислових утворень і регіонів.

Зазначені фактори стали визначальними складовими системи підтримки прийняття управлінських рішень для комплексних досліджень математичних методів і обчислювальних технологій прогнозування ризику та моделювання надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру та аварійних ситуацій технічних систем.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Основою більшості інформаційних систем є облік статистичних даних. Попередній аналіз даних передбачає оцінку показників центру розподілу, варіації, форми розподілу. До статистичних методів обробки інформації належать такі види аналізу, як: дисперсійний, факторний, кластерний, регресійний, кореляційний. Для виявлення прихованих знань, що зберігаються у масивах інформації, застосовуються методи Data Mining [1, 2]. До методів Data Mining належать: базові методи, які засновані на переборі; нечітка логіка; генетичні алгоритми; нейронні мережі. Таким чином, математичне забезпечення систем підтримки прийняття рішень представлено достатньо розгорнутим колом методів і підходів щодо збору, обробки та зберігання даних.

До особливого класу завдань управління екологічною безпекою необхідно віднести постановки завдань, які пов'язані з використанням теорії нечітких множин. Це обґрунтовано тим, що параметри і змінні не є певними величинами і не можуть бути описані законами розподілу, побудованими на достатньому статистичному матеріалі. Тому виникає необхідність аналізу моделей і алгоритмів в системах підтримки прийняття рішень при нечіткій вихідній інформації, які можуть бути використані в завданнях управління екологічною безпекою, зокрема оцінки ризику.

Нині в екологічній безпеці важливим науковим завданням є розвиток аналітичних підходів у дослідженнях безпеки і ризику, а також удосконалення методів оцінки і нормування ризиків. Основою методології оцінки ризику є ідентифікація і визначення рівня безпеки [3]. Як відомо абсолютну безпеку техногенної діяльності гарантувати в принципі неможливо і тому виникає необхідність оцінювати міру цієї безпеки, тобто оцінювати ризик небезпечних наслідків техногенної діяльності. Теорія аналізу ризику створена такими відомими вченими як В. Маршал, Е. Хенлі, Х. Кумамото. Вони ж запропонували методологію оцінки безпеки і ризику, яка і сьогодні широко застосовується у світовій практиці. Однак багатьма авторами визначається, що, незважаючи на велику кількість наукових праць у цьому напрямку, питання, пов'язані з вивченням особливостей і закономірностей небезпечних процесів у навколишньому природному середовищі і розробкою моделей безпеки і ризику, маловивчені [4, 5, 6].

Дослідження ризиків природного та техногенного характеру, їх взаємозв'язок із системою попередження та реагування на НС в Україні представлені в роботах вітчизняних науковців. В цих роботах, зокрема, розроблений математичний апарат для оцінки ризиків надзвичайних ситуацій для окремих регіонів і територій країни, що є інформаційною основою для обґрунтування рішень щодо розвитку мережі аварійно-рятувальних служб, визначення параметрів їх комплектування особовим складом (за спеціалізаціями) [7]. Відповідно до концепції прийнятного рівня ризику, що прийшов на зміну концепції абсолютної безпеки, передбачаються заходи щодо локалізації аварії та ліквідації її наслідків. З цією метою заздалегідь створюються системи підтримки прийняття рішень в аварійних ситуаціях, що дозволяють особі, що приймає рішення, за допомогою реалізації оптимальних і найбільш ефективних заходів, за попередньо розрахованими сценаріями звести до мінімуму наслідки від аварії. Це призводить до завдання розробки аналітичного інструментарію для дослідження можливих сценаріїв розвитку аварійних ситуацій.

Постановка завдання та його розв'язання

Дуже важливо своєчасно отримувати і обробляти інформацію про техногенні характеристики технологічних процесів на потенційно-небезпечних об'єктах. Така інформація дозволить або внести необхідні поправки в виробничий процес або прийняти певні заходи щодо протидії можливій надзвичайній ситуації та оптимальним чином нормалізувати екологічну обстановку. У загальному випадку може бути складена матриця, яка об'єднує інформацію про параметри технологічних процесів, що визначають як якість продукції, що випускається, так і ступінь техногенного впливу підприємства. В цьому випадку матриця, що характеризує техногенні процеси підприємства, буде частиною загальної інформаційної матриці параметрів в їх виробничих процесах, включаючи

техногенні цикли. Інтегральні оцінки відхилень від заданих технологічних і техногенних нормативів в цьому випадку будуть враховувати як шкідливий техногенний вплив, так і економічні збитки, для діяльності підприємства значно підвищуючи якість і надійність складних систем.

Запропонована інформаційно-прогностична система, що містить базу даних кліматичних часових рядів різної періодичності, компоненти статистичного аналізу даних, методи прогнозування. Тим часом, в наведених системах не розглядаються техногенні події, поєднання техногенних і природних подій, мінливість рідкісних явищ випадкової природи з урахуванням їх розсіювання в умовах ризиків.

Це дасть змогу розробити програмний комплекс для вирішення завдань математичного програмування по оптимізації ризиків в умовах прояву рідкісних природних явищ, наслідків техногенних впливів і поєднань природних і техногенних подій. Програмний комплекс включає базу даних, що наповнюється відомостями про техногенні та природні події, метеорологічні та гідрологічні дані та виробничо-економічні показники. В якості вхідних даних програмного комплексу використані природні, техногенні і виробничо-економічні параметри. Результатом моделювання є: просторово-часова оцінка рідкісних природних подій і техногенних наслідків; оцінка серій подій.

Нижче розглянемо математичний апарат, запропонований для обробки даних з метою реалізації функцій управління в системах екологічної безпеки.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

У проблемах багатокритеріального прийняття рішень, класифікації, обробки різномірної інформації, інших предметних областях, зокрема при вирішенні завдань оцінки ризику техногенних аварій, виникає необхідність згрупувати або впорядкувати об'єкти, ґрунтуючись на їх властивостях, які виражені ознаками (атрибутами) цих об'єктів. Головною особливістю завдань, що стоять перед системою підтримки прийняття рішень, є той факт, що досліджувані об'єкти характеризуються багатьма різномірними ознаками, які можуть бути як кількісними, так і якісними, і, крім того, одні й ті ж об'єкти можуть існувати в декількох екземплярах, але відрізнятися значеннями ознак. У таких випадках згортка таких ознак або неможлива, або математично некоректна, що не дає можливості вирішення завдання класифікації класичними методами. Наявність невизначеності внаслідок методів збору даних також ускладнює проблему.

Вибір тієї чи іншої моделі для подання розглянутих об'єктів і дослідження структури їх зв'язків визначається властивостями цих об'єктів, які виражаються ознаками. Ознаки, що характеризують властивості об'єктів, можуть бути безперервними і дискретними, кількісними і якісними, або змішаними. Зазвичай сукупність об'єктів представляється множиною точок в деякому багатовимірному (як правило, метричному) просторі, осі якого співвідносяться з відповідними ознаками. У прикладних завданнях у якості такого простору досить часто вибирається простір типу евклідового. Завдання відстані між об'єктами дозволяє оцінювати близькість або віддаленість цих об'єктів відносно один одного незалежно від їх природи, досліджувати структурні особливості сукупності об'єктів і всього простору в цілому.

Властивість подібності і розрізнення об'єктів, що відносяться до одного і того ж класу, широко використовується при побудові різних методів класифікації. Так, в методах класифікації об'єктів, заснованих на теорії нечітких множин, допускається неоднозначність класифікації об'єктів, пов'язана з різним ступенем приналежності об'єкта до класу, тобто об'єкти, які без сумніву і можливо належать до деякого класу, вважаються різними. Процедура класифікації об'єктів в рамках формальної логіки може бути описана як сукупність (послідовність) вирішальних правил, які представляються виразами у вигляді:

ЯКЩО <умови>, ТО <рішення>.

При прямій класифікації терміну <умови> включає назви об'єктів або перелік значень ознак, що описують об'єкти класу, що часто вважається еквівалентним. При непрямій класифікації один або кілька термінів <умови> конструюються як відношення між різними ознаками або їх значеннями. Термін <рішення> в обох випадках означає, що об'єкт належить до певного класу еквівалентності.

При досить невеликій кількості об'єктів, що класифікуються і ознак, що їх описують, сімейство вирішальних правил легко піддається огляду та доступно для аналізу. Чим більша кількість розглянутих об'єктів і різноманітніші вирішальні правила їх класифікації, тим важче стає аналіз цих правил. Неузгодженість індивідуальних вирішальних правил може бути викликана неоднозначністю розуміння експертами розв'язуваного завдання, помилками або неточностями, допущеними при первісній класифікації об'єктів, суб'єктивною відмінністю вирішальних правил, використовуваних різними експертами, специфічністю знань самих експертів, нетранзитивністю окремих експертних суджень і багатьма іншими причинами. В результаті може з'явитися сімейство вирішальних правил, серед яких будуть однакові, подібні або суперечливі правила.

В цьому випадку виникає проблема: побудувати таке узагальнене вирішальне правило або невелику групу правил, які найкращим (в певному сенсі) чином апроксимують сукупність всіх індивідуальних правил сортування об'єктів, включають мінімальний набір ознак і відносять об'єкти в задані класи з допустимою точністю. Проблеми класифікації та впорядкування об'єктів, які описуються багатьма кількісними та якісними ознаками, причому кожен з об'єктів може існувати в декількох різних, але рівноправних примірниках, є досить важкими. Головні з перерахованих труднощів виявилось можливим подолати завдяки використанню нового теоретичного інструментарію, заснованого на алгебрі скінченних предикатів. Застосування алгебри скінченних предикатів дозволяє розробляти нові методи рішення нових класів задач, які не містять необґрунтованих перетворень вихідної інформації і не призводять до втрати або перекручування даних.

Результатом формального опису будь-якого об'єкта мовою алгебри предикатів завжди є деякий предикат $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$. Він має виражати деяке цілком визначене відношення P , яке являє собою множину всіх наборів предметів $x_1, x_2, \dots, x_m$, що задовольняють рівнянню $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1$. Саме це відношення виражає структуру об'єкта, який описується. Якщо для опису деякого предметного простору S мають одночасно виконуватися декілька відношень, то це приводить до кон'юнкції відповідних предикатів.

Тепер ми можемо дати формальне визначення логічної мережі. Логічною мережею називається графічне представлення результату бінарної кон'юнктивної декомпозиції багатомісного предиката [8]. У теорії інтелекту саме предикати є універсальним засобом формального опису структури будь-яких об'єктів. Розум створює моделі об'єктів, які ним сприймаються, й отримує з них корисні відомості, завдяки яким його носій – людина може жити й ефективно діяти в навколишньому світі. Саме предикати і є такими моделями. Надзвичайно важливим є те, що саме при прийнятому формальному визначенні логічна мережа, а не щось інше, виявилася простим і природним універсальним засобом графічного представлення структури будь-якого об'єкта. Це вагомий аргумент на користь того, щоб ототожнити формальне визначення логічної мережі з її змістовним визначенням.

Знання, на основі яких експерт приймає рішення, можна формалізувати за допомогою методів теорії інтелекту, зокрема методу компараторної ідентифікації [8]. Компаратор реалізує предикат $K(y_1, y_2, \dots, y_m) = t$, що відповідає відношенню K , в якому знаходяться вхідні сигнали $y_1, y_2, \dots, y_m$. При цьому t – це двійкова реакція компаратора, $t \in \Sigma$, $\Sigma = \{1, 0\}$. До входів компаратора підключені своїми виходами ідентифіковані інформаційні процеси $r_1, r_2, \dots, r_m$. Інформаційні процеси представляють механізми сприйняття вхідних фізичних сигналів $x_1, x_2, \dots, x_m$. Компаратор разом із підключеними до нього інформаційними процесами називається ідентифікованим Об'єктом. Предикат об'єкта $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = t$ виражається у вигляді

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m) = K(r_1(x_1), r_2(x_2), \dots, r_m(x_m)).$$

Сигнали $y_1 = r_1(x_1)$, $y_2 = r_2(x_2)$, ..., $y_m = r_m(x_m)$ є внутрішніми станами об'єкта, недоступними для спостереження.

В роботі [8] показано, що мовою алгебри предикатів будь-яку підмножину A універсуму U можна описати рівнянням:

$$\mu_A^{p_1}(x)x^{a_1} \vee \mu_A^{p_2}(x)x^{a_2} \vee \dots \vee \mu_A^{p_m}(x)x^{a_m} = 1,$$

де $p_1, p_2, \dots, p_m$ – значення функції приналежності $\mu_A(x)$. Якщо $p_i = 1$, то $a_i \in A$. Якщо $p_i = 0$, то $a_i \notin A$.

Якщо тепер припустити, що функція приналежності $\mu_A(x)$ приймає значення з інтервалу $[0, 1]$, то логічну функцію імплікації у вигляді рівняння $P(x, y, z) = x^0 y^0 z^1 \vee x^0 y^1 z^1 \vee x^1 y^1 z^1$ можна використовувати для опису мовою алгебри предикатів будь-якої нечіткої підмножини $\tilde{A}$ універсуму U . На основі отриманих рівнянь алгебри предикатів можливо побудувати моделі ідентифікації як чітких, так і нечітких множин.

Таким чином, для опису задач управління екологічною безпекою можна використовувати методи формульного опису на мові алгебри предикатів. Використовуючи алгебропредикатні рівняння, що описують нечіткі відношення, стає можливим побудова нечіткої бази знань для реалізації нечітких виводів. Нечіткі виводи здійснюються з використанням нечітких відповідей R , які задаються наступною формулою:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{(\mu_R(x_i, y_j) | (x_i, y_j))\}.$$

Для правила якщо A , то B , що використовує нечіткі множини A ($A \subset X$) і B ($B \subset Y$) нечітку відповідність R можна побудувати на основі наступної формули:

$$R = A \times B = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{(\mu_A(x_i) \& \mu_B(y_j) | (x_i, y_j))\},$$

при цьому

$$\mu_R(x, y) = \mu_A(x) \& \mu_B(y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)),$$

де $\mu_A(x)$, $\mu_B(y)$ – функції приналежності елементів x , y множинам A і B відповідно.

Таким чином, використовуючи алгебропредикатні рівняння, що описують нечіткі відношення, можна побудувати нечітку базу знань для реалізації нечітких виводів.

З метою отримання оцінок варіантів управлінських рішень пропонується описувати наближені множини і таблиці прийняття рішень у вигляді алгебропредикатних рівнянь. Для цього необхідно виконати перетворення таблиці прийняття рішень із атрибутами, що приймають значення з небінарних доменів у таблицю з атрибутами, що приймають значення з бінарних доменів.

Математична модель є системою алгебропредикатних рівнянь. Для вирішення цієї задачі необхідно зробити наступні кроки:

- нечіткі підмножини лінгвістичних змінних представити у вигляді системи рівнянь алгебри предикатів;
- формалізувати продукційні правила бази знань нечіткої логічної системи у вигляді імплікативних рівнянь;
- на основі цих рівнянь побудувати продукційні правила.

Таким чином, побудова формальних моделей прийняття рішень в системі управління екологічною безпекою, а також реалізація функцій інформаційної системи доцільна на основі методології застосування алгебри скінченних предикатів.

Логічні мережі являють собою універсальний, простий і природний засіб наочного подання структури будь-яких об'єктів, тому що будь-який алгебрологічний опис об'єкта графічно відображається у вигляді логічної мережі, а також у силу того, що мова алгебри предикатів універсальна, на ній можна формально описати структуру довільного об'єкта.

Висновки з дослідження та перспективи подальших досліджень у цьому напрямку

У світовій практиці концепція ризику включає в себе два елементи – оцінку ризику (Risk Assessment) і управління ризиком (Risk Management) [3]. Оцінка ризику є науковим аналізом генезису і масштабу ризику в конкретній ситуації, тоді як управління ризиком – це аналіз ризикової ситуації і розробка рішення, спрямованого на мінімізацію ризику.

Структуризація екологічного ризику дозволяє вигляділити основні етапи процедури комплексного оцінювання екологічного ризику забруднення атмосферного повітря [3, 4]. Ідентифікація небезпеки – перший етап оцінювання екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації – виявлення небезпеки, встановлення джерел і чинників ризику (хімічного та радіаційного), а також зон поширення ризику. Оцінка експозиції – другий етап оцінювання екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації, який полягає в оцінюванні реального впливу факторів екологічного ризику. Оцінка залежності доза-ефект – третій елемент оцінювання екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації, пов'язаний з аналізом впливу хімічних і радіоактивних факторів екологічного ризику.

В даний час не існує методу оцінювання впливу шкідливих факторів навколишнього середовища для здоров'я людини, оскільки всі відомі оцінки за своїм змістом є апроксимаційними, однак ступінь апроксимації різний. Цей факт у вирішальній мірі визначає основні властивості оптимальної кількісної оцінки взаємодії організму людини з забруднюючими речовинами. Обґрунтування нормативного вмісту забруднюючих речовин у навколишньому середовищі вимагає обов'язкової оцінки загальної реакції організму людини на його вплив. При вивченні залежності доза-ефект головним чином визначається залежність доза-кількісна оцінка ефекту. На підставі знань про цю залежність формується уявлення про закономірності динаміки реакції організму людини на вплив забруднюючої речовини. Необхідно враховувати, що оцінка впливу хімічних факторів проводиться через реакції живого організму, які залежать як від його стану, так і від стану навколишнього середовища, тобто детерміновані в середньому.

Характеристика ризику – четвертий, заключний етап включає повну характеристику екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації з використанням якісних і кількісних параметрів. Заключний етап моделі оцінювання екологічного ризику одночасно є першою ланкою процедури управління ним. Основна мета управління екологічним ризиком при нормальному режимі експлуатації полягає у виявленні шляхів зниження ризику при заданих обмеженнях на ресурси і час.

Комплексне оцінювання екологічного ризику є однією з основ прийняття рішення щодо запобігання несприятливого впливу факторів на здоров'я населення, тобто є необхідною, але недостатньою умовою для прийняття рішень. Інші необхідні для цього умови – аналіз неризикових факторів, зіставлення їх з характеристиками ризику і встановлення між ними відповідних пропорцій контролю – входять в процедуру управління ризиком.

Зіставлення медико-екологічних (або соціально-екологічних) і техніко-економічних чинників дає основу для прийняття регулюючого рішення для досягнення рівнів прийнятності екологічного ризику і розподілу сил та засобів, спрямованих на відповідні природоохоронні заходи. В той же час вибір та побудова адекватної математичної моделі інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки, є складною проблемою, вимоги, що пред'являються до такої моделі, залежать в кожному конкретному випадку від характеру конкретного завдання.

Як показав аналіз сучасних зарубіжних джерел [1–5], проблема прийняття управлінських рішень в галузі екологічної безпеки особливо актуальна. Цьому питанню присвячено чимало важливих наукових розробок, однак, на відміну від існуючих підходів, у даній роботі зроблена спроба формалізувати моделі прийняття рішень в системі управління екологічною безпекою, що дає можливість у подальшому розробити чіткий алгоритм дій як для запобігання, так і під час ліквідації наслідків екологічних аварій.

Список використаних джерел

1. Shikha Agrawal, Jitendra Agrawal, Survey on Anomaly Detection using Data Mining Techniques // *Procedia Computer Science* 60 – 2015 – P. 708–713.
2. Mohammad Hasan Aghdaie, Sarfaraz Hashemkhani Zolfani, Edmundas Kazimieras Zavadskas, Synergies of data mining and multiple attribute decision making // *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 110 – 2014 – P. 767–776.
3. K. Jahangiri, M.R. Eivazi, A.S. Mofazali, The role of Foresight in avoiding systematic failure of natural disaster risk management / *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 21, 2017, Pages 303-311
4. Shunxiang H., Feng L., Qingcun Z., Fei H., jiang Z., Zifa W. Modeling and Optimal Control of Atmospheric Pollution Hazard in Nuclear and Chemical Disasters // *Procedia IUTAM*. – Vol. 17. – 2015. – P. 79–90
5. Lateb M., Meroney R., Yataghene M., Fellouah H., Saleh F., Boufadel M. On the use of numerical modelling for near-field pollutant dispersion in urban environments – A review // *Environmental Pollution*. – Vol. 208, Part A. – 2016. – P. 271–283
6. Janmenjoy Nayak, Bighnaraj Naik and H.S. Behera, A Comprehensive Survey on Support Vector Machine in Data Mining Tasks: Applications & Challenges // *International Journal of Database Theory and Application* Vol.8, No.1 – 2015 – P. 169–186
7. Родин Г.А Оценка химической безопасности технических объектов / Г.А. Родин, О.В. Михайленко, С.В. Ефремов, А.В. Морозов // *Безопасность жизнедеятельности*, 2016. – № 7. – С. 40–45
8. Булкин, В.И. Представление базовых сущностей парадигмы предельных обобщений с помощью алгебропредикатных структур / В.И. Булкин, Ю.А. Прокопчук // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий* – 2014. – Вып. 68. – С. 9–15.

Рецензент: В.І. Коновець, к.т.н., с.н.с, Національний університет «Одеська морська академія»

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.В. Ткаченко, А.С. Парталян

Проанализированы основные проблемы поддержки принятия управленческих решений в системе обеспечения экологической безопасности. Поставлена задача разработки математического обеспечения для обработки информации по принятию решений. Рассмотрены особенности обеспечения экологической безопасности. Приведены основные этапы структуризации экологического риска. Предложен аналитический инструментарий на основе сочетания теории нечётких множеств и алгебры конечных предикатов и показано его преимущества для обеспечения информационной поддержки и комплексной оценки экологической безопасности.

Ключевые слова: экологическая безопасность, информационная поддержка, математическое моделирование, алгебра конечных предикатов.

INFORMATION SUPPORT OF MANAGEMENT DECISION MAKING IN THE ENVIRONMENTAL SAFETY FIELD

V. Tkachenko, A. Partalyan

The main problems of information support of management decision making in the environmental safety field were analyzed. The goal of software development for processing decision-making information was set. The features of ecological safety were considered. The main steps of structuring ecological risk were presented. An analytical tools based on a combination of the theory of fuzzy sets and the algebra of finite predicate were given and its benefits to provide information support and integrated assessment of environmental safety were offered.

Keywords: environmental security, information support, mathematical modeling, algebra of finite predicates.

УДК 355.02

О.М. Семененко¹, к.т.н., с.н.с.,**Ю.Б. Добровольський²**, к.т.н., доц.,**О.Ю. Коркін³**,**А.Г. Малиш²**¹Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ²Кафедра військової підготовки Національного авіаційного університету, м. Київ³Військова академія (м. Одеса)

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ СИСТЕМИ ОБОРОННОГО ПЛАНУВАННЯ В УКРАЇНІ

У статті наведені практичні рекомендації щодо підвищення ефективності функціонування механізмів системи оборонного планування в Збройних Силах України та визначені основні напрямки подальшого розвитку методологічних основ воєнно-економічних досліджень в Україні.

Ключові слова: система оборонного планування, механізми оборонного планування, воєнно-економічне обґрунтування, механізм оцінювання, виконання, коригування програм (планів) розвитку збройних сил.

Постановка проблеми

Сучасні реалії розвитку ЗС України, в умовах практичного їх застосування та складної економічної ситуації в країні [1–4], роблять більш жорсткими вимоги до функціонування системи оборонного планування. Питання щодо підвищення ефективності виконання заходів утримання і розвитку Збройних Сил (ЗС) України та ефективності витрачання державних коштів на них є достатньо актуальними сьогодні. Однією із основних складових головної мети щодо подальшого розвитку України для керівництва держави є створення принципово нових ЗС України [1–5], здатних вирішувати на високому рівні завдання щодо захисту суверенітету держави. Питання принципового оновлення ЗС України вирішуються вже сьогодні, про що свідчать заходи щодо: зміни частки фінансування ЗС України від ВВП (в 1,4–2 рази); збільшення грошового забезпечення військовослужбовців; закупівля нового озброєння та військової техніки (ОВТ), поступове зростання частки витрат на підготовку тощо [1–8] (рис. 1 – рис. 2).

Перехід від залишкового принципу фінансування ЗС України до цільового виділення державних коштів вимагає від фахівців оборонного планування зміни поглядів та підходів до формування та супроводження основних планових коротко та середньострокових документів розвитку ЗС України (Планів утримання та розвитку ЗС України (ПУР) та Державних програм розвитку (реформування) ЗС України (ДПРР).

Необхідність підвищення ефективності формування та виконання заходів програм і планів розвитку ЗС України є активно досліджуваним питанням сьогодення та буде залишатися ще актуальним в найближчій перспективі до моменту повної стандартизації цього процесу в системі оборонного планування України.

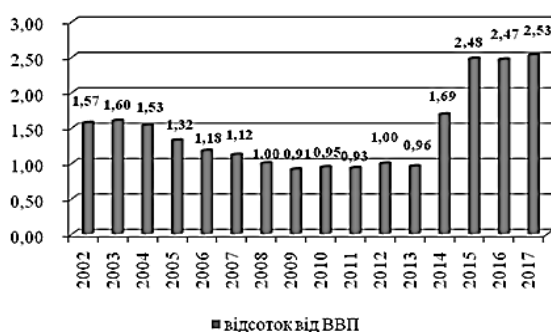


Рис. 1. Частка видатків Міністерства оборони України від ВВП, %

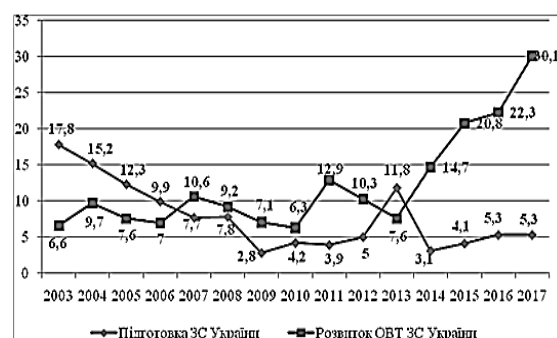


Рис. 2. Частка видатків Міністерства оборони України на підготовку та розвиток ОВТ ЗС України, %

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Аналіз останніх досліджень, публікацій та низки документів свідчить про зростання уваги до питань ефективності формування та виконання програм і планів розвитку ЗС України за минулі роки, а також ефективності витрачання коштів за ними [1–9]. Окремі погляди фахівців щодо спроб часткового вирішення цих питань наведені в [5–9]. Разом з тим в дослідженнях і публікаціях на сучасному етапі розвитку та реформування ЗС України не повною мірою відображені питання існуючих недоліків функціонування системи оборонного планування та її елементів (механізмів). А також тільки частково у фахових виданнях висвітлені можливі пропозиції та рекомендації щодо підвищення ефективності функціонування цих механізмів та удосконалення зв'язків між ними сьогодні.

Постановка завдання та його розв'язання

Тому метою статті є визначення існуючих недоліків функціонування механізмів оборонного планування та формування практичних рекомендацій щодо їх усунення в найближчій перспективі шляхом удосконалення механізмів оборонного планування з метою підвищення ефективності функціонування системи оборонного планування в цілому.

Виглядлення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Проведений аналіз функціонування системи оборонного планування показує, що питання створення єдиної системи планування розвитку ЗС України на основі застосування принципів програмно-цільового планування, залишається сьогодні ще не вирішеним та потребує подальшого вивчення і досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Сучасний стан ЗС України, нові вимоги до їх перспективного обрис, постійна трансформація обставин навколо них, як в середині країни, так і зовні створюють передумови до негайного удосконалення функціонування усієї системи оборонного планування в ЗС України відповідно до зміни ситуації в країні та навколо неї.

Ця система повинна мати загальні стандартизовані знизу до верху підходи щодо її функціонування в сучасних умовах, але в той же час залишатися гнучкою до змін умов навколо неї. Тобто усі процеси її життєдіяльності повинні бути стратегічно направлені та зорієнтовані на досягнення головної мети – сучасні, боєготові та боєздатні ЗС України. Підвищення ефективності функціонування усієї системи оборонного планування можливо тільки за умов удосконалення функціонування елементів системи та налагодження відповідних зв'язків між цими елементами. Основними елементами системи оборонного планування є три взаємопов'язані механізми (рис. 3).



Рис. 3. Елементи (механізми) системи оборонного планування

Найбільш важливими є механізм формування програм (планів) розвитку ЗС України та механізм виконання цих програм (планів). Механізм супроводження виконання програм і планів розвитку (реформування) ЗС України є взаємопов'язуючим та контролюючим ланцюгом функціонування двох основних механізмів системи оборонного планування.

Урахування європейських стандартів планування розвитку ЗС створює передумови до пошуку шляхів удосконалення системи оборонного планування в ЗС України з метою якісно нових змін в питаннях формування програм і планів розвитку ЗС України на основі впровадження принципів програмно-цільового планування.

Програмно-цільове планування – це один із виглядів планування, основою якого є орієнтація діяльності на досягнення поставлених цілей. За своєю сутністю, будь-який метод планування направлений на досягнення конкретних цілей, але в основу самого процесу планування з використанням програмно-цільового методу полягає визначення та постановка цілей, а потім лише визначаються шляхи їх досягнення. Після постановки цілей розробляються програми дій щодо їх досягнення. Нині в ЗС України це реалізовано, але тільки формально. До особливостей цього методу можна віднести те, що за умов його використання не просто прогнозується майбутній стан ЗС України, а складається конкретна програма досягнення бажаних результатів. Сьогодні в процесі планування розвитку ЗС України – це не враховано. Програмно-цільовий метод планування – це активний метод, він дозволяє не тільки спостерігати за ситуацією, в якій розвиваються ЗС, а й впливати на її наслідки, що дуже вигідно відрізняє його від більшості інших методів. Однією з головних обов'язкових особливостей застосування програмно-цільового методу планування є наявність способів впливу на систему, розвиток якої планується. За таких умов головною є не система сама по собі, її складові елементи чи оргструктура, а головним є можливість управління елементами програм і програмні дії.

Ключовим поняттям програмно-цільового планування є програма. Програма – це комплекс заходів щодо реалізації стратегій та цілей. У свою чергу, система стратегій та цілей, яка досягається за допомогою виконання цих заходів є Планом. Під час програмно-цільового планування необхідно поєднувати в єдину систему процес планування розвитку та процес фактичного впливу на фінансові показники її розвитку. Сьогодні під час планування розвитку ЗС України ці процеси практично відокремлені один від одного.

Ефективність розвитку ЗС України безпосередньо залежить від якості фінансування та виконання заходів програм розвитку ЗС, а також від ефективності функціонування механізму формування програм і планів реформування та розвитку ЗС України. Процес планування розвитку ЗС України є рушійною силою функціонування механізму формування програм та планів розвитку ЗС та головним елементом усієї системи оборонного планування. Недосконалий план дій завчасно зводить нанівець результати його практичної реалізації.

Існуючий механізм формування програм (планів) реформування та розвитку ЗС України зарегламентований у законодавчих і нормативно-правових актах України [3, 5]. Цей механізм реалізований у процесах і процедурах оборонного планування сьогодні. Аналіз результатів його функціонування протягом попередніх років [6, 7] визначає певні недосконалості як в його структурній побудові, так і в процесах життєдіяльності, особливо ці недосконалості видно в критичних умовах функціонування системи оборонного планування (планування розвитку ЗС в умовах прямого застосування частин і підрозділів ЗС).

Удосконалення механізму формування програм і планів реформування та розвитку ЗС України є однією із основних складових реалізації головної мети керівництва держави та ЗС України щодо подальшого оновлення ЗС в найближчій перспективі.

Аналіз результатів виконання заходів програм розвитку (реформування) ЗС України та Планів утримання і розвитку ЗС України після 2000 року виявив наявність значних розбіжностей між досягнутими практичними результатами виконання цих заходів і запланованими (очікуваними), що характеризує недостатню ефективність функціонування механізмів системи оборонного планування [6, 7]. Показники ефективності виконання Державних програм розвитку (реформування) ЗС України за періоди з 2000 до 2016 року складають 34–61 % виконання від запланованого, а показники фінансування в цей же період складають 58–87 %. Розбіжності показників характеризують певні проблеми, які виникають як в процесах формування, так і виконанні завдань і заходів програм та планів розвитку ЗС України, а також розподілу коштів на них.

Тобто механізми планування чи виконання заходів розвитку ЗС України мають певні недосконалості в своїй роботі, які призводять до прорахунків в роботі системи оборонного планування в цілому. Це негативно відбивається на показниках ефективності виконання завдань і заходів розвитку ЗС України та ефективності використання коштів на них згідно сформованих планів і програм.

До основних недосконалостей функціонування механізму формування програм і планів розвитку (реформування) ЗС України можна віднести:

- некоректне оцінювання або його відсутність взагалі щодо результатів виконання завдань і заходів програм і планів розвитку ЗС України;

- відсутність оцінювання спонукає до необґрунтованого підходу щодо коригування Планів утримання та розвитку ЗС України під час їх виконання, що створює передумови для помилок в процесі внесення змін;

- повна відсутність коригування Державних програм розвитку (реформування) ЗС України. Це, вже на першому році їх виконання, у разі змін обставин навколо ЗС (недофінансування, зміна поглядів керівництва держави, помилки в процесі формування програм, виникнення додаткових обставин тощо), робить їх формальними документами, які не мають ніякої законодавчої сили та не є планами подальшого розвитку ЗС України на середньострокову перспективу (процедура коригування ДППР ЗС України навіть не передбачена жодним нормативним документом);

- неналежне оцінювання результатів виконання планів (програм) розвитку (реформування) ЗС України та відсутність обґрунтованого їх коригування створює передумови для неефективного виконання заходів і завдань розвитку, а також нецільового використання бюджетних коштів тощо.

Усі перелічені недоліки суттєво впливають на ефективність функціонування системи оборонного планування в цілому.

До найбільш суттєвих недоліків функціонування механізму виконання заходів програм і планів розвитку ЗС України можна віднести:

- фінансування ЗС України на рівні 30–50 % від реальних потреб;

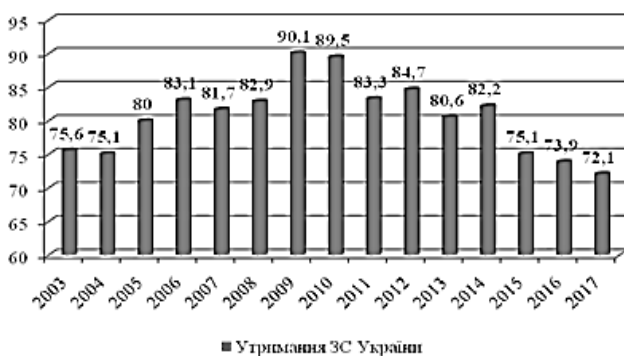


Рис. 4. Частка видатків Міністерства оборони України на утримання, %

- некоректний розподіл виділених фінансових ресурсів (70–85 % на утримання) (рис. 4), що є першим кроком створення передумов критичного стану розвитку оборонної сфери взагалі, вихід з якого, за досвідом інших країн, буде вимагати від держави фінансування власних ЗС протягом значного періоду (мінімум понад 5 років) на рівні 5–10 % від ВВП, що створить значні труднощі для розвитку економіки країни в цілому;

- нормативно-правова база, яка визначає та затверджує форми звітності за результатами виконання заходів планів і програм розвитку ЗС України, не передбачає відображення в них

показників оцінок ефективності виконання та фінансування заходів, завдань, напрямків і програм в цілому;

- односторонність оцінювання результатів виконання заходів планів і програм розвитку (реформування) ЗС України (оцінювання за кількістю виконаних заходів, без врахування важливості заходів, показників витрат на заходи та повноти їх виконання);

- незавершеність процесів внесення змін до Державних програм розвитку (реформування) ЗС України та обґрунтованого їх коригування на державному рівні протягом періоду виконання (у разі змін поглядів керівництва держави чи ЗС щодо подальших перспектив їх розвитку (реформування) та обсягів фінансування, а також показників ефективності використання коштів (собівартості очікуваного результату)), що ускладнює оцінку ефективності виконання заходів програм і планів розвитку ЗС України та негативно впливає на достовірність отриманих оцінок;

– неузгодженість часових інтервалів процесів планування (формування програм і планів), оцінювання результатів виконання програм та планів за визначений період, а також періодичного їх коригування під час їх виконання з метою дотримання цільової реалізації визначної головної мети;

– відсутність системності під час коригування планів і програм розвитку (реформування) ЗС України (відірваність процесів планування цільових та економічних показників, неврахування оцінок виконання заходів за минулі періоди, порушення принципів програмно-цільового планування, низька увага з боку фахівців до воєнно-економічних показників виконання заходів минулих періодів) тощо.

Усі ці недоліки створюють передумови до неефективного планування та виконання заходів програм і планів розвитку ЗС України на перспективу.

Система оборонного планування в ЗС України нібито побудована за принципами програмно-цільового планування, але порушується з часом головний принцип такого планування – пріоритетність головної мети за будь-яких умов. Сьогодні, намагання реалізації цих принципів відбувається в процесі оборонного планування через документи оборонного планування, такі як: Стратегічні оборонні бюлетені України, Державні програми реформування та розвитку ЗС України, а також в щорічні Плани утримання та розвитку ЗС України.

Зараз перед керівництвом ЗС України гостро стоїть проблема удосконалення процесу функціонування системи оборонного планування з метою підвищення ефективності планування та виконання заходів розвитку ЗС України. Особливої актуальності ці питання набувають в складностях економічного розвитку держави, коли кожна частина витрачених фінансових ресурсів повинна забезпечувати приріст воєнного ефекту. Головними складовими рішення цієї проблеми є розроблення нових методичних підходів до оцінювання результатів виконання заходів програм і планів розвитку ЗС України, обґрунтованого їх коригування та формування на наступний плановий період з використанням результатів оцінювання.

Підвищення ефективності коригування програм та планів розвитку ЗС України дозволить, відповідно, підвищити ефективність їх формування та забезпечить об'єктивність результатів виконання заходів програм. У ході виконання більшості планових документів (особливо на значний період) змінюються обставини його виконання, що призводить до необхідності його постійного коригування. Але обґрунтоване коригування програм та планів можливо тільки за умов чітко визначеної цілі їх реалізації та формування адекватної (реальної, повної) оцінки отриманих результатів виконання заходів розвитку ЗС України протягом циклічних періодів їх виконання.

Питання ефективного коригування програм розвитку (реформування) ЗС України є одним із важливих питань сьогодення, бо досвід минулих Державних програм розвитку (реформування) ЗС України період 2000–2006 років, 2006–2011 років та Державної комплексної програми розвитку ЗС України до 2017 року (ДКПР) показав достатньо низькі показники ефективності їх виконання та відсутність оцінок щодо ступеня реалізації головної мети цих програм і планів (низька об'єктивність отриманих результатів). Однією з головних причин таких результатів є відсутність чітких, стандартизованих знизу до верху методичних підходів (способів, методик) щодо обґрунтування та коригування заходів програм розвитку ЗС України протягом періоду їх виконання.

До теперішнього часу існували деякі спроби здійснювати коригування ДПРР ЗС України, але на державному рівні вони залишилися невирішеними та не мають своєї системності та обґрунтованості. Тобто спроби скоригувати ДПРР ЗС України 2006–2011 років і ДКПР мали хаотичний, примусовий характер без урахування показників оцінювання результатів виконання завдань і заходів програм за минулий період.

Удосконалення механізму формування програм і планів розвитку ЗС України вимагає в найкоротші терміни розробити, стандартизувати та затвердити загальний Методичний апарат формування та коригування програм і планів розвитку та реформування ЗС України (далі Методичний апарат). Цей Методичний апарат повинен давати практичні та реальні оцінки у нескінченному, циклічному процесі виконання заходів, завдань планів і програм розвитку ЗС України. Отримані оцінки дозволять підвищити ефективність як виконання заходів програм і планів розвитку ЗС України так і їх формування (планування), а також нададуть можливість здійснювати обґрунтоване коригування програм і планів протягом їх дії.

На рис. 5 наведена загальна структура процесу оборонного планування та визначені місця механізмів формування програм (планів) реформування та розвитку ЗС України, а також розкриті їх складові за процесами їх функціонування.



Рис. 5. Загальна структурна схема механізму формування програм (планів) реформування та розвитку ЗС України

На рис. 6 а та рис. 6 б запропонована загально-логічна схема Методичного апарата формування та коригування програм і планів розвитку та реформування ЗС України.

Його побудова передбачає розроблення (удосконалення) двох основних Методик: Методики оцінювання результатів виконання заходів та завдань програм і планів розвитку ЗС України; Методики формування та коригування програм і планів розвитку ЗС України.

Розроблення та офіційне затвердження Методики оцінювання надасть можливість здійснювати обґрунтоване коригування програм і планів розвитку реформування ЗС України на наступний плановий період.

Але для цього необхідно визначити загальні методичні підходи щодо коригування програм (планів) розвитку та реформування ЗС України з урахуванням результатів оцінювання за минулі періоди. А також необхідно реалізувати їх під час удосконалення (розроблення) методичного апарата обґрунтування та коригування програм (планів) реформування і розвитку ЗС України в окремих офіційно затверджених методиках його проведення.

Нові умови розвитку ЗС України та держави в цілому постійно диктують необхідність постановки та вирішення завдань побудови єдиної нормативно-вартісної бази для ЗС України шляхом нарощування і удосконалення існуючої системи оперативного інформування органів вищої ланки управління ЗС України в частині обліку воєнно-економічної інформації. Наявність достовірної воєнно-економічної інформації є запорукою зниження похибок в процесі планування та одним із основних елементів методичного апарата воєнно-економічного обґрунтування, а також дозволить приступити до створення методик щодо розроблення рекомендацій за основним воєнно-економічним критерієм ефективність – витрати – час за різними напрямками програм (планів) розвитку ЗС України.

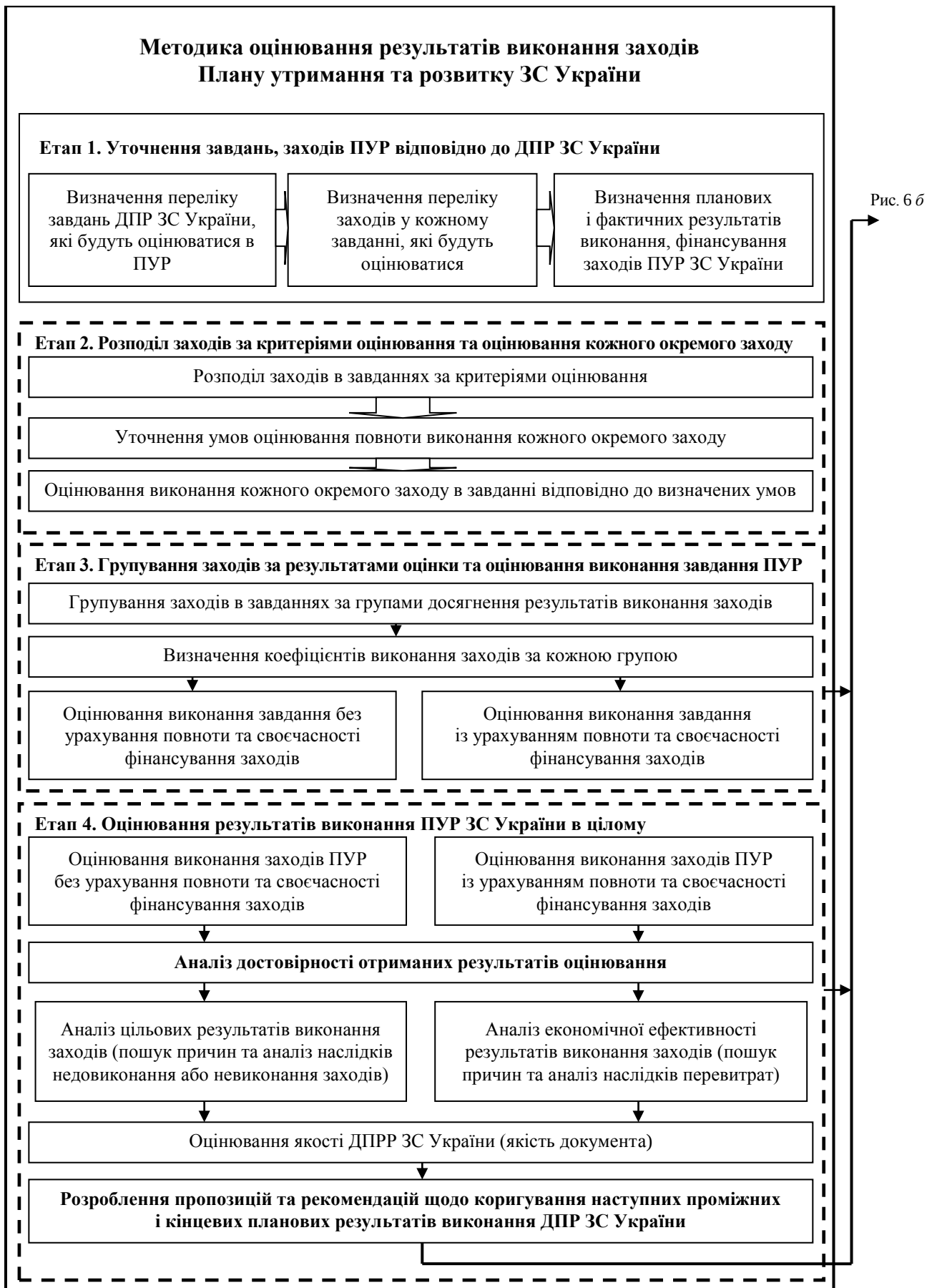


Рис. 6 а. Методичний апарат формування та коригування програм і планів розвитку та реформування ЗС України (Методика оцінювання результатів виконання Плану утримання та розвитку ЗС України)

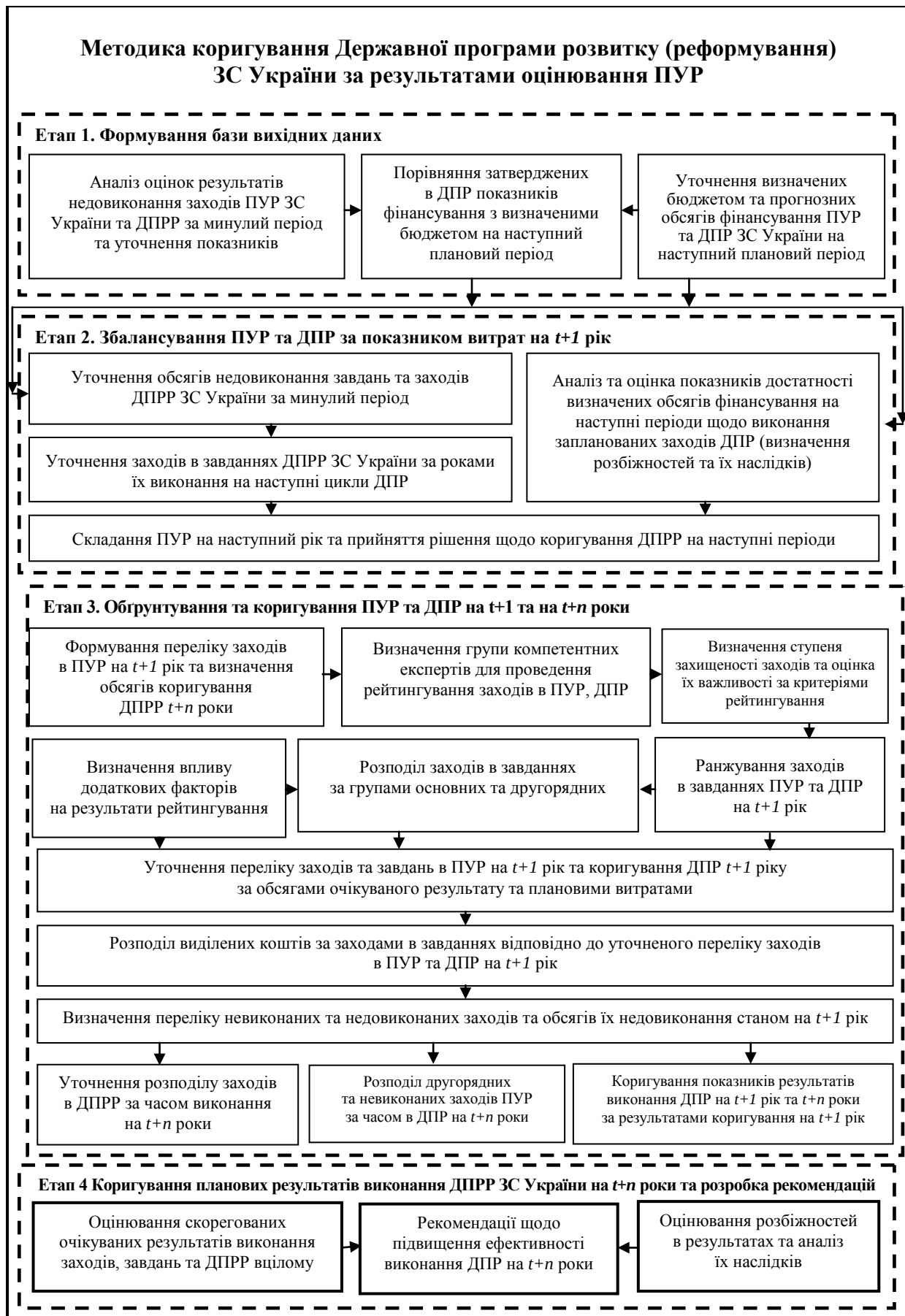


Рис. 6 б. Методичний апарат формування та коригування програм та планів розвитку та реформування ЗС України (Методика коригування Державної програми розвитку ЗС України)

Незважаючи на масштабність і складність перерахованих завдань воєнно-економічних досліджень, практична їх реалізація є можливою. Вже сьогодні є негайна потреба поставити за доцільне завдання щодо: розроблення загальної методології воєнно-економічного обґрунтування програм розвитку ЗС України з урахуванням динаміки умов їх реалізації; вироблення воєнно-економічної концепції розвитку ЗС України, яка б базувалася на основах, закладених у воєнній доктрині України та розглядала ЗС як економічну підсистему в глобальній економічній системі країни.

Досвід провідних країн світу (США, Німеччина, Франція) щодо формування програм розвитку ЗС України показує, що для успішного аналізу, узагальнення і вирішення дедалі більшого обсягу військово-економічних завдань необхідно створити головний науковий підрозділ (центр воєнно-економічних досліджень) на базі однієї з основних науково-дослідних установ ЗС України, який би поєднав в собі фахівців-професіоналів за даним напрямком досліджень та зусилля багатьох науково-дослідних організацій ГШ ЗС України, МО України та оборонно-промислового комплексу.

Цей центр міг би забезпечувати централізоване загальне наукове керівництво процесами формування програм (планів) розвитку ЗС України разом з фахівцями вищої ланки управління, які безпосередньо відповідають за питання розроблення, затвердження, супроводження та контролювання середньо та довгострокових програм розвитку ЗС України, відповідно до спільно розробленої та погодженої методології воєнно-економічного обґрунтування програм розвитку ЗС України.

До основних завдань центру можуть бути віднесені:

- воєнно-економічний аналіз програм будівництва та розвитку ЗС України, програм розвитку озброєння та військової техніки;
- підготовка системи науково обґрунтованих прогнозів щодо воєнно-економічних умов розвитку ЗС України;
- участь у розробці воєнно-економічної та воєнно-технічної політики ЗС України;
- комплексне економічне обґрунтування вирішення ключових проблем розвитку ЗС України;
- розробка пропозицій щодо підвищення ефективності проведення найважливіших завдань і заходів програм розвитку ЗС України;
- наукове обґрунтування принципових положень державної воєнно-економічної політики, реалізація яких дозволить здійснювати ефективне керівництво воєнною економікою в цілому;
- розподіл оборонних ресурсів як за складовими сил оборони, так і за заходами, завданнями, напрямками програм розвитку ЗС України;
- обґрунтування потреб ЗС України та визначення шляхів вибору раціональних варіантів заходів програм ЗС України в умовах змін воєнно-економічних умов розвитку ЗС України;
- дослідження та удосконалення наукових основ фінансово-економічної діяльності ЗС України та економіки ЗС в цілому;
- формування принципів побудови оборонного бюджету, а також організація та координація економічних досліджень, що проводяться науковими установами і організаціями МО України та ГШ ЗС України, а також цивільними науково-дослідними установами в інтересах забезпечення економічної готовності країни до оборони.

Основні зусилля центру повинні бути направлені на вирішення найбільш гострих військово-економічних завдань (в першу чергу пов'язаних з обґрунтуванням заходів програм (планів) розвитку ЗС України), а також на об'єднання фахівців багатьох організацій для комплексних науково-дослідних робіт з воєнно-економічної тематики з метою розроблення пропозицій щодо подальших раціональних шляхів розвитку ЗС України.

Аналіз досліджень та документів системи оборонного планування в ЗС України показує, що сьогодні практичне значення результатів воєнно-економічних досліджень мають дуже велику вагу під час прийняття кардинальних рішень щодо подальшого розвитку ЗС України. Але не має інструменту реалізації результатів досліджень за даною тематикою. Сформована зараз необхідність розроблення методології воєнно-економічного обґрунтування програм розвитку ЗС України визначає в подальшому перехід до більш стратегічних досліджень за визначеною тематикою, якими буде формування загальної методології воєнно-економічних досліджень в ЗС України та в державі в цілому, з метою поєднання функціонування різних систем в єдиний напрямок отримання результату – ефективного розвитку ЗС України та забезпечення необхідного рівня обороноздатності держави в цілому.

Висновки

У статті визначені існуючі недоліки функціонування механізмів оборонного планування, які дозволяють сформувати головні практичні рекомендації щодо подальших шляхів їх удосконалення з метою підвищення ефективності функціонування всієї системи оборонного планування в Україні в цілому.

Перспективи подальших досліджень

Подальшими дослідженнями за визначенням у статті напрямком є практична реалізація запропонованого Методичного апарата формування та коригування програм і планів розвитку та реформування ЗС України в сучасній системі оборонного планування в Україні.

Список використаних джерел

1. *Пріоритети розвитку Збройних Сил України з урахуванням участі у гібридній війні 2015–2016* / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents>.
2. *Україна 2014–2015 : Долаючи виклики (аналітичні оцінки)* / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.razumkov.org.ua/upload/Pidsumky_2014_2015_A4_fnl.pdf.
3. *Російська збройна агресія проти України (2014–2015)* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/>.
4. *Завдання, поставлені начальником Генерального штабу – Головнокомандувачем Збройних Сил України на службовій нараді 09 січня 2015 року* / Адміністративне управління № 86/ГШ/ від 12.01.2015. – 13 с.
5. *Про затвердження Методичних рекомендацій щодо здійснення оцінки ефективності бюджетних програм: наказ Міністра фінансів України від 17 травня 2011 року № 608* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minfin.gov.ua>.
6. *Щодо оцінювання ефективності виконання Державних програм розвитку (реформування) Збройних Сил України за період 2006–2013 роки* [Текст] / В. П. Дідіченко, О.М. Семененко та ін. // *Звіт про виконання оперативного завдання*. – К.: ЦНДІ ЗС України., 2015. – 52 с.
7. *Щодо оцінювання ефективності виконання бюджетних програм Міністерства оборони України за 2006–2014 роки* [Текст] / В.П. Дідіченко, О.М. Семененко та ін. // *Звіт про виконання оперативного завдання*. – К. : ЦНДІ ЗС України., 2015. – 67 с.
8. *Семененко О.М. Методичний апарат оцінювання результатів виконання заходів Державних програм реформування та розвитку Збройних Сил України* [Текст] / О. М. Семененко // *Зб. наук. пр.. ЦНДІ ЗС України*. – К., 2013. – № 3 (63). – С. 122–132.
9. *Семененко О.М. Спосіб рейтингування заходів в програмах та планах розвитку ЗС України* [Текст] / О.М. Семененко // *Зб. наук. пр.. ЦНДІ ЗС України*. – К., 2015. – № 3 (73). – С. 192–206.

Рецензент: Колчін Р.В., к.т.н., Військова академія (м. Одеса)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ СИСТЕМЫ ОБОРОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В УКРАИНЕ

О.М. Семененко, Ю.Б. Добровольский, А.Ю. Коркин, А.Г. Малиш

В статье приведены рекомендации по вопросу повышения эффективности функционирования механизмов системы оборонного планирования в Вооружённых Силах Украины и определены основные направления дальнейшего развития методологических основ в Украине.

Ключевые слова: система оборонного планирования, механизмы оборонного планирования, военно-экономическое обоснование, механизм оценивания, выполнения, корректировки программ (планов) развития Вооружённых Сил.

RECOMMENDATIONS ON IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF MECHANISMS OF THE DEFENSE PLANNING SYSTEM IN UKRAINE

O. Semenenko, Y. Dobrovolsky, O. Korkin, A. Malish

The article contains recommendations on improving the effectiveness of the functioning of the defense planning system in the Armed Forces of Ukraine and outlines the main directions for the further development of the methodological foundations in Ukraine.

Keywords: defense planning system, defense planning mechanisms, military-economic substantiation, mechanism for assessing, implementing, adjusting the programs (plans) for the development of the Armed Forces.

УДК 681.3.01. + 681.3.067. + 519.6

М.В. Орда, к.т.н., с.н.с.,**С.В. Абрамов***Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м Київ, Україна*

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЯВЛЕННЯ ОДНОРІДНОСТЕЙ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ, ОТРИМАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМ ПОВІТРЯНОГО МОНІТОРИНГУ

Розглянуті питання автоматизованої обробки зображень земної поверхні. Запропоновано математичне забезпечення процесу оцінки параметрів представлень та алгоритм сегментації зображення методу автоматизованого виявлення наземних об'єктів.

Ключові слова: *система повітряної розвідки, інформаційне забезпечення, оперативна обробка зображень, сегментація, статистична теорія прийняття рішень.*

Постановка проблеми

Досвід застосування засобів повітряної розвідки проведений у багатьох аналітичних виданнях вказує на відставання ЗС України від аналогічного забезпечення провідних армій світу. Основні причини такого стану справ викликані застарілістю технологій, на яких побудовані елементи системи повітряного моніторингу та їх безсистемне застосування.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Світові лідери у сфері військових технологій постійно модернізують та вдосконалюють застосування безпілотних авіаційних комплексів (далі БпАК) шляхом їх об'єднання у глобальні системи збору, обробки та розподілу розвідувальної інформації (далі ЗОРІ), а на локальному рівні шляхом об'єднання даних від різних джерел інформації. Використання синергізму подібних глобальних і локальних систем значно підвищує оперативність та достовірність виявлення та розпізнавання об'єктів розвідки [5–7].

Останні дослідження розвитку систем ЗОРІ, наведені у [3, 4], дозволяють відокремити наступні напрями модернізації:

- інтеграція автоматизації у процеси обробки інформації;
- кореляція зображень, отриманих від датчиків, основаних на різних фізичних принципах;
- мінімізація факторів впливу на комплекси повітряної розвідки шляхом підвищення автономії;
- вдосконалення автоматизованих методів самостійної координації.

Сьогодні світові тенденції застосування БпАК систем ЗОРІ передбачають не лише автоматизацію управління, навігації, передачі та аналізу інформації, а і повну автономію всіх процесів БпАК. Технологічний аспект дозволяє створити апаратну складову проекту, але вже сьогодні відома одна з основних причин не використання повністю автономних систем, систем які самостійно оцінюють навколишню обстановку та надають управлінські команди для реалізації самостійно прийнятого рішення. Ця причина – недосконалість методів оцінки навколишньої обстановки, а оскільки основний потік інформації подібних систем отриманий за допомогою датчиків видових приладів спостереження та має формат зображення, можливо зробити висновок, що саме методи автоматизованого виявлення наземних об'єктів потребують дослідження та вдосконалення.

Заходами модернізації та розбудови ЗС України сьогодні закладається великий потенціал для реалізації наукових досягнень. Впровадження цифрових технологій у засоби повітряної розвідки відкриває нові можливості щодо аналізу інформації. В свою чергу автоматизація аналізу інформації постає наступним завданням на шляху до реалізації глобальних автоматизованих систем створення єдиного операційно-інформаційного простору.

Постановка завдання та його розв'язання

Сьогодні можливо сказати про достатньо чітку інтеграцію досягнень інформаційних технологій та штучного інтелекту у виробі воєнного призначення. Враховуючи висновки багатьох сучасних експертів та науковців у сфері національної безпеки, щодо заборони застосування штучного інтелекту у процесах прийняття рішення на застосування вогневого впливу, залишаються відкритими питання отримання інформації за допомогою цілком автономних комплексів та систем.

Автоматизовані модулі вже мають можливість самостійно рухатися, змінювати напрямок, робити зйомку у вказаному районі, злітати та приземлятися, передавати інформацію але досі залишаються сліпі та даремні у разі застосування засобів РЕБ.

Впровадження елементів технічного зору та штучного інтелекту дає можливість вести моніторинг землі без використання сигналів супутника та управління оператором, а при необхідності, коротким сигналом з кодом цілі та її положенням на цифровій карті місцевості (далі ЦКМ), надавати інформацію про вже виявлені важливі об'єкти. Також подібні інновації дають можливість самостійно, без втручання оператора, змінювати маршрут або перенацілювати електронно-обчислювальний модуль системи для отримання знімку інформативної ділянки з високою деталізацією об'єктів.

Наявні елементи апаратного забезпечення подібних систем дають можливості реалізувати подібні системи у ЗС України. Проблемним питанням залишається програмне забезпечення. Методи виявлення об'єктів, алгоритми яких закладені у програмному забезпеченні модуля аналізу зображення, не дозволяють виявляти весь спектр об'єктів з необхідним рівнем достовірності.

Складність автоматизованого виявлення об'єктів на знімках земної поверхні полягає у різноманітності форм, освітленості, наявності завад та інших умов які скривають або навпаки надають помилкові характеристики об'єктів. В таких умовах зйомки методи виявлення об'єктів повинні враховувати дані отримані від декількох джерел інформації.

З метою мінімізації наслідків не вірної інтерпретації сцен використовують синергізм датчиків оснований на різних фізичних принципах (рис. 1).



Рис. 1. Принцип аналізу даних в системі ЗОРІ

Застосування подібної технології підвищує достовірність розпізнавання об'єктів, а впровадження автоматизації у процес аналізу інформації скорочує тактичні розвідувальні нормативи в 2–3 рази та збільшує у 2–4 рази періодичність оцінки обстановки [8].

Сьогодні не існує універсального методу автоматизованого виявлення наземних об'єктів для пошуку всього спектру об'єктів в будь-яких умовах зйомки. Кожен метод оснований на різних принципах і використовує різні підходи, які обираються зі врахуванням характеристик об'єктів та умов зйомки.

У випадках телевізійних, інфрачервоних і радіолокаційних зйомок природних наземних об'єктів типу водних поверхонь, лісів, полів та ін., доречно казати про кусково-однорідні зображення, в яких окремим об'єктам або складовим частинам об'єктів відповідають однорідні ділянки зображення, тобто ділянки, в межах яких сигнали відносно однорідні та відрізняються від сигналів суміжних ділянок.

В завданнях аналізу зображення подібна сегментація кусково-однорідних зображень використовується як процедура для зменшення об'ємів обрахунків і розподілу зображення на інформативні ділянки та ділянки, які не утримують об'єктів пошуку.

При автоматизованій обробці зображень важливе місце займають операції, які направлені на виявлення таких однорідних характеристик сигналів, які виходять за границі можливого зорового сприйняття.

У [1] авторами запропоновано класифікацію кусково-однорідних ділянок зображення на основі породження статистичних моделей з різними параметрами та математична викладка для розрахунку загального вирішального правила. При такій постановці завдання класифікація фрагмента зображення зводиться до оцінки параметрів моделей і прийняття оптимального рішення на користь однієї із гіпотез.

Оцінка параметрів моделей передбачає знання коефіцієнтів коваріації, однак вони не завжди заздалегідь відомі, тому необхідно оцінити їх за даними, які є в наявності. В загальному випадку такі оцінки є наближеними, оскільки для аналізу доступна лише обмежена кількість даних.

В методах оцінювання математичного очікування коваріаційну функцію випадкового поля зазвичай заміняють сумою, призведеної з затримкою аргументу.

Тоді, якщо стаціонарне зображення $\{y(m, n); (m, n) \in \Omega\}$ визначено на кінцевій решітці Ω , його авторегресійне уявлення має вигляд:

$$y(m, n) = \sum_{(k, l) \in S} \phi_{k, l} y(m + k, n + l) + w(m, n), \quad (1)$$

де $w(m, n)$ – двовірсна послідовність незалежних і рівномірно розподілених значень шуму з нульовим середнім та дисперсією σ_w^2 , $\Phi = \{\phi_{k, l} | (k, l) \in S\}$ – вектор невідомих коефіцієнтів моделі.

Перепишемо (1) у вигляді моделі формуючої білий шум

$$w(m, n) = y(m, n) - \phi_{00} - \sum_{k=0}^{k-1} \sum_{l=0}^{l-1} y(m + k, n + l) \phi_{k, l}, \quad (2)$$

Вектор параметрів $a = [\phi, \rho]^T = [\phi_{00}, \phi_{01}, \dots, \phi_{k-1, k-1}, \rho]^T$

де $\phi = [\phi_{00}, \phi_{01}, \dots, \phi_{k-1, k-1}]^T$, а $n_k = k^2 + 1$ – кількість параметрів.

Для отримання оцінок параметрів вектора a застосуємо метод найменших квадратів. За наслідками диференціювання виразу (2) отримаємо:

$$\sum_m \sum_n y(m, n) [\nabla_\phi w(m, n)] = \sum_m \sum_n \{ - [\nabla_\phi w(m, n)] [\nabla_\phi w(m, n)]^T \} \Phi^*, \quad (3)$$

де $\Phi^* = \left[\sum_m \sum_n [\nabla_\phi w(m, n)] [\nabla_\phi w(m, n)]^T \right]^{-1} \sum_m \sum_n [\nabla_\phi w(m, n)] (-y(m, n))$

З виразу (3) маємо:

$$\Phi^* = [m \rho^* S(m, a_k^*)]^{-1} \sum_m \sum_n [\nabla_\phi w(m, n)] (-y(m, n)) \quad (4)$$

Вирішальне правило для гіпотези виду авторегресійної моделі має вигляд:

$$\ln p(y_s / H_k) = - \frac{m - 2 - (n_k - 1)}{2} \ln \rho^* - \frac{n_k}{2} \ln \frac{m}{2\pi} + \frac{\ln 2}{2} - \frac{m}{2\pi} \ln(2\pi + 1) - \frac{1}{2} \ln \det [\rho^* S(m, a_k^*)] + \sum_{i=1}^{n_k} \frac{(\phi_i - q_i)^2}{\sigma_k^2} - \sum_{i=1}^{n_k} \ln(\sigma_i) \quad (5)$$

Поліноміальна модель являє собою аналітичну модель та визначається як поліноміальна функція координат елементів растра (m,n) та параметрів θ_k :

$$y(m, n) = \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{k-1} \theta_{ij} m^i n^j + w(m, n). \quad (6)$$

Перепишемо двовірну поліноміальну регресійну модель у вигляді формулюючого білого шуму:

$$w(m, n) = y(m, n) - \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{k-1} \theta_{ij} m^i n^j. \quad (7)$$

Розглянемо лише випадки постійних $w(m, n) = \theta_{00}$ та лінійних моделей $w(m,n) = \theta_{00} + \theta_{01}n + \theta_{10}m$. Тоді для оцінки коефіцієнтів θ^* треба застосовувати метод найменших квадратів. Аналогічно, маємо:

$$a = [\theta \rho]^T = [\theta_{00} \theta_{01} \theta_{10} \dots \theta_{k-1,k-1} \rho]^T$$

$$n_k = k^2 + 1$$

Виконуючи подібні дії для поліноміальної моделі, отримаємо:

$$\theta^* = \left[\sum_m \sum_n [\nabla_\theta w(m, n)] [\nabla_\theta w(m, n)]^T \right]^{-1} \sum_m \sum_n [\nabla_\theta w(m, n)] (-y(m, n)) =$$

$$[m \rho^* S(m, a_k^*)]^{-1} \sum_m \sum_n [\nabla_\theta w(m, n)] (-y(m, n))$$

$$\rho^* = \frac{1}{m} \sum_m \sum_n w(m, n)^2.$$

Вирішальне правило для поліноміальної моделі гіпотез має вигляд:

$$\ln p(y_s / H_k) = -\frac{m-2-k^2}{2} \ln \rho^* - \frac{k^2+1}{2} \ln \frac{m}{2\pi} + \frac{\ln 2}{2} - \frac{m}{2\pi} \ln(2\pi + 1) -$$

$$\frac{1}{2} \ln \det [\rho^* S(m, a_k^*)] + \sum_{i=1}^{k^2} \frac{(\phi_i - q_i)^2}{\sigma_k^2} - \sum_{i=1}^{k^2} \ln(\sigma_i) \quad (8)$$

Таким чином, розрахувавши оцінки параметрів моделей та значення вирішального правила для кожної моделі, реалізується класифікація кусково-однорідних ділянок зображення, яка описана в [9].

Алгоритм класифікації дозволяє отримувати незв'язані кусково-однорідні ділянки, які утримують у загальному випадку декілька пов'язаних фрагментів площини зображення з однаковими моделями сигналів еталонного зображення.

Поняття однорідності сигналів у границях деякої ділянки зображення припускає введення деяких формальних критеріїв, які дозволяють оцінювати ступень однорідності конкретної вибірки сигналів по елементам растру. Вибір подібних критеріїв відображає вимушений компроміс між бажанням врахувати характерні особливості сигналів і необхідністю зберегти конструктивність математичних моделей сигналів, що генеруються для однорідних ділянок.

В багатьох випадках локалізація місць на зображенні, в яких з великою ймовірністю можуть перебувати цілі, поєднана з сегментацією. Завдання сегментації зображення полягає у локалізації декількох різних кусково-однорідних ділянок та їх класифікації.

Сформуємо математичну інтерпретацію постановки завдання сегментації. Нехай $y(m,n)$ – функція яскравості зображення, X – кінцева множина площини, на якій визначена функція $y(m,n)$; $S = \{S_1, S_2, \dots, S_K\}$ – розбиття X на K не порожніх пов'язаних множин S_i , $i=1, 2, \dots, K$. LP – предикат, визначений на множині S , який приймає істинне значення тоді, коли будь-яка пара точок з кожної множини S_i задовольняє деякому критерію однорідності.

Сегментацією зображення $y(m,n)$ по предикату LP зветься розбиття $S^* = \{S_1^*, S_2^*, \dots, S_k^*\}$, яке задовольняє вимозі:

$$\bigcup_{i=1}^K S_i^* = X; \quad S_i^* \cap S_j^* = \{\} \text{ для } \forall i \neq j; \quad LP(S_i^*) = true \forall i; \quad LP(S_i^* \cap S_j^*) = false \forall i \neq j$$

Співвідношення означає наступне: кожна точка зображення повинна бути віднесена до деякої ділянки; ділянки S_i^* повинні бути пов'язані; визначений вид однорідності отриманих ділянок та існування єдності розбиття S^* .

Предикатом LP зветься предикат однорідності, але його значення залежить від властивостей функції $y(m,n)$:

$$LP(S_i^*) = \begin{cases} true, & \text{якщо } y(m_1, n_1) = \dots = y(m_T, n_T); \\ false, & \text{у зворотньому випадку,} \end{cases}$$

де $(m_t, n_t) \in S_i^*$, $t=1, 2, \dots, T$ – число точок в області S_i^* .

Таким чином, сегментацію можна розглядати як операцію виду:

$$Seg : y(m, n) \rightarrow s(m, n), s(m, n) = \lambda_i \text{ якщо } (m, n) \in S_i^*, i = 1, 2, \dots, K$$

де $y(m, n)$, $s(m, n)$ – функції, які визначають вихідне та сегментоване зображення відповідно; λ_i – мітка i -ої області.

На рис. 2 зображений алгоритм сегментації, який на початковому етапі виконує операції алгоритму класифікації.

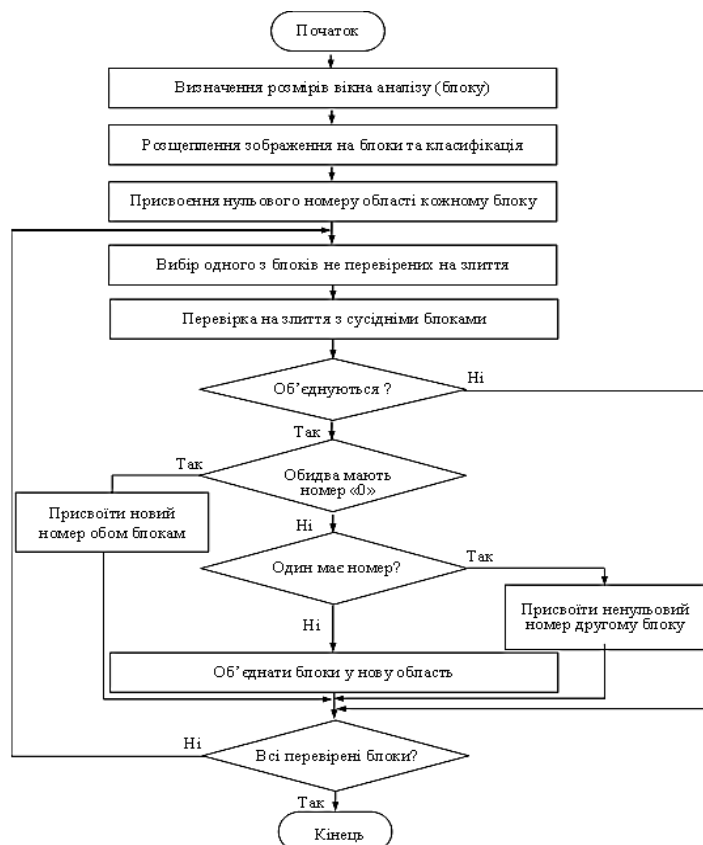


Рис. 2. Алгоритм сегментації

На наступному етапі блоки зображення розглядаються як кандидати для об'єднання. В якості критерію відповідності моделей виступає відсутність міжобласних границь. Кожний блок комбінується по чергово з одним з чотирьох сусідніх блоків. Якщо величина вирішального правила для комбінації

блоків більше ніж сума для двох окремих блоків, то ці два блоки об'єднуються в одну область, у протилежному випадку залишаються окремими. Об'єднанні блоки створюють великі області, а не злиті блоки залишаються самі по собі. На завершальному етапі формуються границі між областей. На об'єднанні блоки розщеплюються на блоки менших розмірів і перевіряються на злиття зі своїми сусідами. Таким чином, виконується перерозподіл на об'єднаннях областей між крупними областями.

Така сегментація ефективна, якщо задана модель, яка характеризує статистичні якості ділянок та сигнали на них. При менших апіорних зведеннях, обмежених тільки моделями сигналів визначаючими їх локальні взаємозв'язки, сегментація плоскості зображення зводиться до вирішення завдання визначення параметрів моделі, яка породжується для кожного зв'язаного фрагмента ділянки та виявлення границь фрагментів. Для більш конструктивної постановки завдання сегментації, вважається, що пов'язані фрагменти кожної однорідної ділянки достатньо великі та їх границі займають відносно малу частину площини всього зображення.

Висновки

Таким чином, запропонована методика автоматизованого виявлення однорідностей на зображеннях земної поверхні, отриманих за допомогою систем повітряного моніторингу, яка базується на послідовному виконанні класифікації та сегментації кусково-однорідних зображень на основі загального вирішального правила та описі ділянок зображення за допомогою авторегресійної, поліноміальної та комбінованої моделей.

Застосування програмного забезпечення, в основу якого покладена дана методика, дозволяє отримувати електронну карту, яка має сегменти, позначені індексами, які визначають належність їх до фонових об'єктів або інформативних ділянок зображення.

Список використаних джерел

1. Орда М.В. Вдосконалення розвідувального циклу безпілотного авіаційного комплексу за допомогою автоматизованої підсистеми виявлення площадних об'єктів / М.В. Орда., С.В. Абрамов / Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса), Одеса. 2015. – № 4. – С. 42–50.
2. Орда М.В. Математическое обеспечение оперативной обработки изображений для систем воздушного наблюдения» М.В. Орда, С.В. Абрамов, / Вестник военного института ВВ МВД республики Казахстан» № 3(17)Петропавловск: 2015 с. 57–65.
3. Орда М.В. Напрями модернізації автоматизованих систем збору, обробки та розподілу розвідувальної інформації як підсистем мережецентричних систем управління», М.В. Орда, С.В. Абрамов, С.В. Федчук «Труди університету» № 4(137) К. :2016 С. 14–20.
4. Пацетник О.Д. Аналіз світових тенденцій розвитку автоматизованих систем управління військами і зброєю / О.Д. Пацетник // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, № 2(19) Л., 2015. – С. 64–68.
5. Смирнов С. Многофункциональная радиоэлектронная аппаратура управления нанесением огневых ударов вооруженных сил стран НАТО / ЗВО № 6/2015. – С. 50–52.
6. Соколов А. Состояние и перспективы развития военно-воздушных сил США / А. Соколов // ЗВО № 5/2015. – С. 61–70.
7. Сканцев А. К вопросу об автоматизации системы управления вооружёнными силами США / А. Сканцев // ЗВО : № 4/2015. – С. 24–32.
8. Греков В. Автоматизированные системы обработки и анализа данных ASAS / Зарубежное военное обозрение. Декабрь № 12 М. :1990 С. 27–35
9. Орда М.В. Синтез алгоритма выделения протяженных объектов нерегулярного вида для авиационных систем обнаружения и наблюдения М.В. Орда, С.В. Абрамов., В.Ф. Даневич. / Вестник военного института ВВ МВД республики Казахстан. – № 3 (21) 2016. – С. 37–44.

Рецензент: О.П. Мірошников, к.військ.н., проф., Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ

**МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОДНОРОДНОСТЕЙ
НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПОЛУЧЕННЫХ
С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ВОЗДУШНОГО МОНИТОРИНГА**

М.В. Орда, С.В. Абрамов

Рассмотрены вопросы автоматизированной обработки изображений земной поверхности. Предложено математическое обеспечение процесса оценки параметров представлений и алгоритм сегментации изображения для метода автоматизированного обнаружения наземных объектов.

Ключевые слова: *система воздушной разведки, информационное обеспечение, оперативная обработка изображения, сегментация, статистическая теория принятия решений.*

**THE TECHNIQUE OF AUTOMATED DETECTION
OF HOMOGENEITIES IN IMAGES OF THE EARTH'S SURFACE
OBTAINED FROM AIR MONITORING SYSTEMS**

M. Orda, S. Abramov

The problems of automated processing of images of the earth's surface are considered. The mathematical support of the estimation process of representation parameters and the image segmentation algorithm for the method of automated detection of terrestrial objects are proposed.

Keywords: *aerial reconnaissance system, information support, operational image processing, segmentation, statistical decision theory.*

УДК 621.1

О.І. Кравчук, к.т.н., с.н.с.,**С.С. Ковалішин**,**Ю.К. Монахов**,**І.В. Симоненкова***Військова академія (м. Одеса), Україна*

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ РОБОТИЗАЦІЇ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПРОГРАМ РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПЕРЕДОВИХ КРАЇН СВІТУ

Розроблено пропозиції до програми з розвитку наземних роботизованих комплексів Збройних Сил України на основі аналізу аналогічних програм передових країн світу та стану їх виконання з урахуванням досвіду застосування роботизованої техніки у збройних конфліктах початку 21 століття.

Ключові слова: наземний роботизований комплекс, тенденції розвитку, програма розвитку, розробка пропозицій, впровадження у війська.

Постановка проблеми

За умов гібридної війни з Росією, Україні необхідно враховувати фактор модернізації Збройних Сил (ЗС) Росії, яка передбачає пришвидшене надходження для потреб армії сучасних наземних роботизованих комплексів (НРК). Отже, для України впровадження подібних типів озброєння не є справою довільного вибору, а питанням національного виживання, захисту життєво важливого національного інтересу.

Об'єктивна необхідність подальшого реформування ЗС України обумовлює актуальність даної тематики досліджень. На сьогодні Україна виступає в ролі наздоганяючого та може будувати свої плани на базі досягнень передових країн світу. Здобутки і розрахунки реформи ЗС Росії та інших держав становлять корисний досвід, який має бути врахований у процесі відповідних перетворень в Україні. Тим більше, з огляду на схожість передумов реформування ЗС обох країн, напрямків і шляхів його реалізації, номенклатури основних виглядів озброєння. Необхідно пришвидшити ухвалення програм розвитку ЗС, передбачених системою оборонного планування, особливо враховуючи той факт, що в Україні постало питання розробки, виготовлення та впровадження у війська НРК різноманітного призначення.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

На сьогодні методичний апарат формування програм розвитку роботизації ЗС, передбачених у Концепції застосування НРК для виконання завдань ЗС України на період до 2020 року, практично обмежений. Найчастіше під час розробки програм розвитку ЗС покладаються на методи системного аналізу, моделювання та досвід фахівців. Програми розвитку ЗС передових країн світу у повному обсязі у відкритій печаті знайти практично неможливо. Досвід створення та аналізу Програми розвитку ЗС передових країн світу надано у роботах [1–10].

Постановка завдання та його розв'язання

У наведеному дослідженні широкий спектр реформ ЗС Росії та передових країн світу обмежений аналізом напрямків розвитку, впровадження у війська та застосування НРК військового призначення. Метою дослідження є узагальнення досвіду реформування ЗС Росії та інших передових країн світу, виявлення їх переваг і недоліків, розробка пропозицій щодо підвищення ефективності роботизації ЗС України. Це дозволить з урахуванням українських реалій сформулювати рекомендації, які можуть бути корисними під час підготовки:

- Державної цільової оборонної програми створення військової робототехніки до 2025 року;
- Концепції оснащення військових частин і підрозділів Збройних Сил України наземними роботизованими комплексами на період до 2025 року;
- інших програм розвитку збройних сил, передбачених системою оборонного планування.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз напрямків розвитку наземних роботизованих комплексів військового призначення передових країн світу

Планами Міністерства Оборони США (Інтегрована Дорожня карта розвитку безекіпажних наземних систем на період 2009–2034 рр.) передбачається створення та впровадження у війська до кінця цього строку понад 170-ти типів наземних роботів. Їхня розробка буде здійснюватися в межах нової програми Модернізації бойових бригадних груп (Army Brigade Combat Team Modernization). При цьому середньорічний обсяг фінансування наукових робіт і закупівель безекіпажних наземних систем з даної програми буде становити близько \$ 1,3–1,5 млрд. [1].

У бойових підрозділах (на рівні бригади) планується застосування чотирьох типів безекіпажних наземних машин (БНМ):

- бойові БНМ (ARV), які оснащені засобами розвідки й ураження (6-тонна бойова БНМ);
- багатоцільові БНМ забезпечення бойових дій тактичних підрозділів (ARV-A (L) (2–2,5-тонне багатоцільове шасі);
- портативні БНМ (SUGV) підтримки бойових дій бійця (підрозділу) у населених пунктах (переносний мобільний робот, масою 10–15 кг);
- БНМ загального та спеціального призначення різної вагової категорії.

Виконання програм розробки БНМ різного призначення, доля яких, згідно з перспективними планами Міністерства Оборони США, повинна скласти до 2020 року не менше 30 % від загальної кількості бойової техніки, приведе, по оцінках американських фахівців, до істотного підвищення бойових можливостей ЗС за одночасного скорочення чисельності військовослужбовців і техніки, а також дозволить суттєво знизити втрати особового складу [1].

У Росії бойові роботи стали створюватися значно пізніше, ніж у США й інших країнах. У результаті, відставання ЗС Росії від передових закордонних країн в галузі розробки та створення наземних робототехнічних комплексів (РТК) військового призначення оцінюється фахівцями на рівні 10–12 років по тому. Причини, що стримували застосування роботів у ЗС РФ були наступними:

- недооцінка значення військової робототехніки вищим командуванням ЗС РФ;
- неготовність до глобальної реорганізації, а фактично – до створення нової організаційної структури загальновійськових формувань ЗС для ефективного використання РТК;
- недостатність фінансування програм роботизації озброєння і військової техніки (ОВТ);
- відставання у високотехнологічному секторі, насамперед, у галузі мікроелектроніки;
- відсутність у структурі військових формувань інфраструктури, необхідної для обслуговування, матеріально-технічного забезпечення та застосування РТК;
- відсутність системи підготовки особового складу ЗС для роботи із РТК.

Виходом зі складної ситуації стала Державна програма озброєння (ДПО) РФ, розрахована до 2020 року. Програма складалася з трьох етапів:

- проведення науково-дослідних робіт (НДР) і дослідно-конструкторських робіт (ДКР) зі створенням експериментальних і дослідних зразків РТК у період 2013–2015 рр.;
- виготовлення та постачання у ЗС РФ пілотних зразків РТК у період 2016–2018 рр. та їхня експериментальна експлуатація й оснащення військ РТК;
- створення інфраструктури для обслуговування, матеріально-технічного забезпечення (МТЗ), застосування РТК й навчання особового складу в 2019–2020 рр.

У свою чергу, етапи НДР і ДКР повинні включати роботи з наступних основних напрямків:

- комплекс загальносистемних досліджень проблем створення, розвитку та застосування наземних РТК;

- комплекс робіт зі створення спеціального обладнання з метою забезпечення безпеки застосування зразків ОВТ, які розробляються та серійно випускаються;
- комплекс робіт зі створення перспективних зразків РТК;
- комплекс досліджень з розробки технічних засобів військової робототехніки для автоматизації й інтелектуалізації зразків військової та спеціальної техніки.

Виконання даної програми повинно було скоротити відставання від США й інших країн НАТО в галузі оснащення ЗС РФ робототехнічними комплексами та створити сучасну інтегровану систему управління і застосування РТК у ЗС РФ. Проте 2016 року було прийнято рішення скорегувати нинішню програму у зв'язку з нестачею бюджетних коштів на її реалізацію. Очікується, що 2017 року буде затверджено нову ДПО, розраховану на 2018–2025 рр. [2].

Нова ДПО стане найважливішим інструментом у реалізації військово-технічної політики Росії в сфері оборони і безпеки до 2025 року та на подальшу перспективу.

Програма передбачає забезпечити:

- збалансований розвиток систем озброєння усіх родів і виглядів військ та поетапне оснащення ними частин і з'єднань, що дозволить значно підвищити бойовий потенціал ЗС;
- виконання завдань, які передбачені військовою доктриною, стратегією національної безпеки та інших найважливіших документів;
- армію та флот сучасними зразками ОВТ;
- можливість сформувати науково-технічний заділ для розробки принципово нових виглядів зброї на основі розвитку вітчизняної електронно-компонентної бази;
- реалізацію контрактів повного життєвого циклу військової продукції;
- синхронізацію термінів підготовки необхідної інфраструктури з поставками нового ОВТ [3].

Документ включає 12 програм озброєння, з них 10 – традиційних по видах озброєння й 1 – по забезпеченню ОВТ силових відомств. Особливістю ДПО є розділ, пов'язаний з виконанням фундаментальних, пошукових, прикладних наукових досліджень зі створення перспективних ОВТ.

У жовтні 2014 року ЗС Росії прийняли комплексну цільову програму Створення перспективної військової робототехніки до 2025 року. Системний підхід до роботизації ЗС РФ приведе у відповідність можливості оборонно-промислового комплексу та вимоги Міністерства оборони до наземних РТК військового призначення (ВП). У даній програмі визначені конкретні рубежі створення технологічних циклів, робототехнічних засобів, намічені етапи їх створення для виглядів і родів військ, визначені строки розробки нормативів щодо використання цього високоточного виду озброєння. Зокрема, намічене у яких підрозділах будуть застосовуватися бойові роботи [5].

За останній рік військово-науковий комплекс разом з органами військового управління розробив Концепцію застосування робототехнічних комплексів військового призначення на період до 2030 року та Стратегію науково-технологічного розвитку РФ на довгострокову перспективу. Наявність власних передових технологій – це ключовий фактор суверенітету та безпеки держави, конкурентоспроможності вітчизняних компаній, важлива умова зростання економіки та підвищення якості життя наших громадян. У цьому зв'язку необхідно розглядати Стратегію науково-технологічного розвитку як один з визначальних документів поряд зі Стратегією національної безпеки, – сказав голова РФ.

Згідно цих документів у ЗС Росії передбачається розробка та застосування, перш за все [1]:

- мобільних багатофункціональних РТК для охорони й оборони позиційних, прикордонних районів і військових об'єктів;
- переносних мініроботів розвідки та спостереження для оснащення груп військової розвідки;
- мобільних РТК артилерійської розвідки;
- мобільних розвідувально-ударних РТК – рухома вогнева точка;
- дистанційно управляючих самохідних протитанкових ракетних РТК.

Російський підхід до розвитку бойової робототехніки суттєво відрізняється від американського. Якщо в США створювали, перш за все, роботи розвідувального призначення, то у Росії акцент відразу перемістився на створення ударних бойових роботів. До таких розробок належить комплекс Панцир-ІС з функцією автоматичної роботи, а також ряд роботів на основі легких гусеничних платформ, наприклад МРК-27 БГ (Бойова точка). Цього в західній концепції розробки бойових РТК немає. Виконання даної програми дозволить скоротити відставання від США й інших країн НАТО в галузі оснащення ЗС Росії РТК.

Цілеспрямовано в цьому напрямку просувається Китай, військове керівництво якого уважно стежить за всіма кроками в галузі впровадження нових технологій у військовій сфері. Значний досвід мають Ізраїль, Канада, Швейцарія, Франція та Німеччина.

Для практичного вирішення зазначених в ДПО питань в провідних країнах світу створені Головні центри (центри) безпілотних (роботизованих) систем.

У США є понад 15 центрів, які займаються розробкою, створенням і застосуванням РТК. Одним із визнаних світових лідерів у галузі розвитку РТК є Ізраїль, відповідні центри якого розміщені як окремо, так і в складі вищих навчальних закладів.

Близько 12-ти навчально-наукових центрів Російської Федерації займаються питаннями науково-технічного супроводження процесу створення РТК різного призначення та їх впровадження у війська.

У Росії почала формуватися структура відповідальних за військову робототехніку організацій. До них сьогодні можна віднести наступні установи:

1. 16 грудня 2015 року президент РФ підписав указ Про Національний центр розвитку технологій і базових елементів робототехніки. Діяльність Національного центру робототехніки буде забезпечувати Фонд Перспективних досліджень (ФПД), а його основною функцією стане організація робіт з розвитку ключових технологій виробництва РТК військового, спеціального та подвійного призначення [7].

З числа проектів ФПД – Солдат майбутнього, Зброя майбутнього і Кіберзброя майбутнього, пов'язані з розробкою штучного інтелекту, інформаційної безпеки, створення новітніх матеріалів для військового екіпірування. Ці проекти покликані розробити проривні критичні технології для оборонної промисловості та доповнюють заходи державної програми озброєння, а також федеральні цільові програми в галузі обороноздатності та безпеки країни. За наявними даними, у фонді працюють над розробкою понад 50-ти проектів, для чого створено 35 лабораторій у провідних вузах і наукових установах країни.

2. Головне управління науково-дослідної діяльності та технологічного супроводу передових технологій Міноборони РФ (ГУНДД) виступає генеральним замовником РТК військового призначення, а також виробляє єдину ідеологію і порядок їх створення.

3. На підставі розпорядження уряду Росії від 15 лютого 2014 року створено Головний науково-дослідний випробувальний центр робототехніки (ГНДВЦР) Міністерства оборони, у складі цієї організації формується центр експертизи інноваційних проектів. ГНДВЦР – один із самих секретних військових підрозділів країни, його співробітники займаються проведенням прикладних наукових досліджень і випробувань у галузі створення та розробки РТК військового призначення [7].

4. Комісія Міноборони щодо розвитку РТК військового призначення, якою керує особисто Міністр оборони РФ. Комісія займається розробленням єдиної ідеології та порядку створення РТК, скороченням типажу, уніфікацією і міжвідомчою координацією.

Роботизація вимагає від російських військових вирішення серйозних завдань:

- розробити державні військові стандарти для визначення і встановлення єдиних вимог до військової робототехніки та сформував вигляд бойових роботів;

- розробити тактику та стратегію використання РТК, яка залежить від організаційно-штатної структури (ОШС), згідно з якою роботи повинні стати складовою частиною різних військових підрозділів, або створити самостійний новий вид військових підрозділів, що призведе до значного реформування й самих ЗС;

- відпрацювати на практиці тактику застосування РТК в бойових умовах і внести відповідні корективи в бойові статuti й наставлення.

У російських військах вже створюються перші підрозділи, призначенням яких стане управління бойовими роботами. Їхній досвід, напевно, стане підґрунтям для широких досліджень і реформ. Це, вже сьогодні, вимагатиме від командування ЗС Росії:

- організувати роботу полігонів і випробувальних центрів;
- прискорити розробку ОШС бойових підрозділів, підрозділів експлуатації та забезпечення РТК і створення у відповідних структурах військ загальновійськових формувань високотехнологічної підтримки бойових дій військ (сил);
- організувати навчання фахівців для експлуатації нових і перспективних зразків військової робототехніки в системі професійної освіти Міноборони та на підприємствах промисловості.

Таким чином, роботизація бойових дій набуває характеру одного з головних напрямків удосконалення систем ОВТ провідних країн світу. Успіхи, досягнуті в розробці бойових машин, передових технологій сприяють появі нових роботів з високим рівнем штучного інтелекту.

Стан справ щодо напрямків розвитку наземних роботизованих комплексів військового призначення в Україні

Термінове переозброєння ЗС України на засадах максимального використання новітніх НРК є загальним питанням воєнної безпеки, без вирішення якого Україна не зможе успішно протистояти російській агресії та іншим загрозам і викликам.

Міністерство оборони України здійснює наступні заходи щодо розвитку НРК, а саме:

1. Створено Воєнний кабінет, який є робочим органом Ради національної безпеки і оборони України та Міжвідомчу комісію з питань оборонно-промислового комплексу (ОПК), дія яких передбачена тільки в особливий період. Доцільно зробити їх постійно діючими для вирішення питань координації розвитку вітчизняної робототехніки та прийняття рішень щодо її удосконалення.

2. Генеральним штабом ЗС України розроблено Концепцію застосування наземних роботизованих комплексів для виконання завдань Збройних Сил України на період до 2020 року та подальшу перспективу, затверджені оперативно-тактичні вимоги до інженерного НРК, бойового розвідувально-вогневого НРК, розвідувального НРК, тилового НРК, та НРК РХБ розвідки.

3. Центральним науково-дослідним інститутом ОВТ ЗС України (ЦНДІ ОВТ) проведений аналіз наявних напрацювань вітчизняних підприємств, наукових установ, вищих навчальних закладів та створена база даних, визначені окремі науково-технічні розробки, які є перспективними для їх реалізації у ЗС України, та відповідають напрямкам розвитку НРК у провідних країнах світу.

4. У ЦНДІ ОВТ та наукових центрах ВВНЗ з початку 2017 року заплановано створити науково-дослідні лабораторії розвитку роботизованих комплексів для забезпечення науково-технічного супроводу створення, випробовування, впровадження у війська та застосування НРК ЗС України.

5. Тематика досліджень щодо НРК віднесена до числа пріоритетних наукових напрямів розробки ОВТ для ЗС України.

На даний час розроблено основні стратегічні документи України з питань воєнної безпеки та розвитку ЗС України:

Стратегія національної безпеки (затверджено указом Президента України від 26 травня 2015 року);

Воєнна доктрина (затверджено указом Президента України від 24 вересня 2015 року) [8];

Концепція розвитку сектора безпеки і оборони України (затверджено указом Президента України від 14 березня 2016 року) [9];

Стратегічний оборонний бюлетень (затверджено указом Президента України від 20 травня 2016 року);

Державна програма розвитку Збройних Сил України на період до 2020 року, яка визначає кількісні та якісні показники особового складу та озброєння (затверджена Указом Президента України від 22 березня 2017 року).

Стратегічні документи України з питань воєнної безпеки та розвитку ЗС України важко визнати достатньо конструктивними з точки зору максимального використання новітніх роботизованих систем.

Воєнна доктрина України [8] обмежується загальними твердженнями щодо того, що *у військово-технічній сфері проблемними залишаються питання нестачі сучасних засобів збройної боротьби...* (ІІІ. 43), але не уточнюючи про яке саме озброєння йдеться.

Нерідко абстрактними та відірваними від реалій є й інші подібні документи. Зокрема, у Концепції розвитку сектора безпеки і оборони України [9] ставиться завдання *«подальшого оснащення Збройних Сил України модернізованим і новим озброєнням та військовою технікою з урахуванням потреб і визначених пріоритетів»*, але, на жаль, без уточнення цих цільових пріоритетів, ресурсної бази, термінів виконання, розподілу відповідальності тощо.

Державна цільова оборонна програма розвитку ОВТ ЗС України на період до 2020 року (затверджена Кабінетом Міністрів України 30 березня 2016 року) визначає яке саме озброєння потрібне українському війську.

З 2015 року розпочався процес реформування Воєнної організації держави у Сектор безпеки і оборони. Завдяки цьому середньострокова Державна цільова оборонна програма розвитку ОВТ ЗС на період до 2020 року за своїми цілями та змістом перетворилася на міжвідомчий документ, який поєднує у своєму складі заходи з розвитку ОВТ та оснащення ними військових формувань ЗС, Державної прикордонної служби, Національної гвардії та інших складових сил оборони України.

Сплановані на середньострокову перспективу заходи з виконання НДР щодо створення нових і модернізації існуючих зразків ОВТ, а також плани щодо закупівлі їх певної кількості за роками програмного періоду, надають можливості підприємствам ОПК України розпочати процес планування розвитку власних технологічних і виробничих потужностей.

Зазначене у середньостроковій перспективі допомагає визначати стратегію розвитку кожного з підприємств, що задіяні у виконанні державного оборонного замовлення, оцінити власний потенціальний рівень можливих інноваційних рішень під час створення зразків ОВТ та їх відповідність вимогам держави щодо кількісно-якісних, економічних і часових показників. Це дозволяє, з урахуванням реального економічного устрою держави та можливостей підприємств, визначити і спланувати конкретні заходи щодо розвитку майже всіх галузей економіки.

На виконання рішення РНБО України, введеного в дію Указом Президента України, в Міністерстві оборони України проводиться робота щодо розробки концептуального документа – Основні напрями розвитку ОВТ на довгострокову перспективу. Метою цього документа є формування цілей, визначення напрямків розвитку наукового, технологічного, технічного потенціалу держави для забезпечення потреб ЗС та інших військових формувань України в ОВТ на довгострокову перспективу. Цей документ є основою планування та виконання на сучасному етапі завдань і заходів, необхідних для забезпечення формування й успішної реалізації майбутніх середньострокових програм розвитку ОВТ та ОПК в межах намічених довгострокових цілей.

Реалізація основних напрямків розвитку ОВТ, по-перше, дозволить підвищити ефективність формування, реалізації та узгодженості середньострокових Державних програм розвитку ЗС України, ОВТ та ОПК, а, по-друге, забезпечить створення в державі науково-технічного та технологічного набутку для розроблення зразків (комплексів, систем) ОВТ з урахуванням прогнозованих потреб ЗС та інших військових формувань України.

Державна цільова оборонна програма розвитку ОВТ повинна базуватися на реальних потребах військових формувань, а також повинна бути націлена на зростання потенціалу озброєння як у науково-технологічному, так і тактико-технічному сенсі. Крім того, актуально, щоб програма не виходила за межі цільових показників Держбюджету країни (а це 5 % від ВВП). І дуже важливо, аби обидві програми (і по ОВТ, і по ОПК) були узгоджені між собою.

Основними орієнтирами, якими будуть керуватись розробники під час роботи над Програмою є задоволення потреб ЗС України сучасним ОВТ, диверсифікація ринків та імпортозаміщення, співпраця із західними партнерами, впровадження інноваційних технологій. Обмеженість державних ресурсів примусила шукати більш гнучкі механізми для модернізації та реструктуризації ОПК.

Модернізація ОПК планується у два етапи. На першому (2015–2017 рр.) – проектом передбачається вдосконалення законодавчої та нормативно-правової бази ОПК, налагодження ефективної системи управління, забезпечення замкнутих технологічних циклів виробництва, проведення реструктуризації та акціонування підприємств ОПК, проведення імпортозаміщення та диверсифікації експортного потенціалу.

На другому етапі (2018–2020 рр.) плануються більш глибокі, структурні перетворення, зокрема, технічне та технологічне переоснащення, збільшення власного виробництва комплектуючих і матеріалів, які необхідні для виробництва ОПК. Це сприятиме самостійності України у сфері виробництва оборонно-промислової продукції та зростанню її конкурентоспроможності [10].

Досі у ЗС України не створено структуру організацій та органів військового управління, що відповідають за створення, випробовування, впровадження у війська та застосування НРК, як це зроблено в Росії та інших передових країнах світу. Це викликано:

- відсутністю системності в розвитку зазначених напрямків та розпорошеністю органів військового управління;
- багаторазовим та довготривалим погодженням процесу реалізації організаційних заходів або відсутністю пропозицій та рішень від структур, що здійснюють погодження організаційних заходів на їх реалізацію (страх або небажання прийняти конкретне обґрунтоване рішення);
- порушенням основного принципу військової справи щодо зосередження основних зусиль на головному напрямку, відбувається розмивання заходів, завдань і ресурсів.

На сьогодні в Україні не існує системи впізнавання наземних цілей (подібних НРК) за принципом «свій–чужий», метою якого є підвищення ефективності виконання поставлених завдань у бойових умовах і зменшення втрат ненавмисним використанням зброї проти своїх і союзницьких військ. На думку фахівців, для впізнавання наземних цілей (НРК) на полі бою в реальному масштабі часу запитально-відповідний метод прямої ідентифікації цілі залишається єдиним надійним і прийнятним рішенням. Тому, країни НАТО погодили стандарт STANAG 4579 (Апаратура впізнавання цілі на полі бою), розробили національні програми зі створення відповідних засобів впізнавання, а також визначили строки проведення їх впровадження у війська.

Ключові положення цього стандарту зводяться до того, що засоби впізнавання цілей на полі бою повинні забезпечувати запит-відповідь цілі в міліметровому діапазоні довжин хвиль (33–40 ГГц), в реальному масштабі часу, у будь-яких умовах і мати невелику масу та габарити апаратури [7].

Недооцінка значення роботизованих систем вищим командуванням ЗС України протягом останніх десятиліть, а також неготовність до глобальної реорганізації і створення нової організаційної структури загальновійськових формувань ЗС, що забезпечують ефективне використання роботизованих комплексів, разом з недостатнім фінансуванням і відставанням у високотехнологічному секторі, призвели до того, що Україна не має НРК власного виробництва. На підприємствах ОПК України розроблення НРК поки ще не налагоджено, створюються лише дослідні зразки. З іншого боку, відсутність у структурі військових формувань інфраструктури, необхідної для обслуговування, МТЗ та застосування НРК, а також відсутність системи підготовки особового складу для їх застосування та експлуатації, значно зменшує можливості закупівлі НРК за кордоном. Тому на даний час Міністерство оборони України не здатне забезпечити ефективне використання НРК.

Висновки та пропозиції

Отже, підводячи підсумки та враховуючи корисний досвід, здобутки і реформи ЗС передових країн світу, слід прагнути і відповідних перетворень в галузі роботизації ЗС України. Необхідно пришвидшити ухвалення програм розвитку ОВТ ЗС, особливо враховуючи той факт, що в Україні постало питання розробки, виготовлення та впровадження у війська НРК різноманітного призначення. З урахуванням позитивного досвіду реформи передових країн світу у ЗС України доцільно передбачити виконання наступних заходів:

1. Забезпечити формування єдиної політики держави у сфері розвитку робототехніки з прийняттям відповідних управлінських рішень і внесенням доповнень до основних стратегічних документів України з питань воєнної безпеки та розвитку ЗС України, з розробкою та прийняттям Державної цільової оборонної програми Створення військової робототехніки до 2025 року та Концепції оснащення військових частин і підрозділів ЗС України наземними роботизованими комплексами на період до 2025 року.

2. Розробити Національні стандарти України до НРК, адаптовані (або сумісні) зі стандартами НАТО, для встановлення єдиних вимог до військової робототехніки, зокрема забезпечити уніфікацію розробок систем, модулів, пристроїв і датчиків, передбачивши їх подальше узгодження зі стандартами НАТО (MIL-STD та STANAG), і на цій основі розробити та затвердити класифікацію, типажі та номенклатуру перспективних НРК військового призначення.

3. Наділити Департамент військово-технічної політики, розвитку ОВТ Міноборони України повноваженнями генерального замовника НРК військового призначення для розроблення єдиної ідеології та порядку їх створення.

4. Створити у ЗС України структури організацій та органів військового управління, що відповідають за створення, випробовування, впровадження у війська та застосування НРК, а саме:

1) на базі ЦНДІ ОВТ доцільно створити Національний центр розвитку технологій і базових елементів робототехніки, діяльність якого будуть забезпечувати науково-дослідні установи України за договорами на короткострокові проекти (від 2-х до 4-х років), та підрозділом експертизи вітчизняних інноваційних проектів. Центр наділити функцією організації робіт з розвитку ключових технологій виробництва НРК військового, спеціального та подвійного призначення для використання в ЗС України;

2) для проведення прикладних наукових досліджень і випробувань у галузі створення та розробки НРК військового призначення, а також проведення порівняльних випробувань вітчизняних і закордонних (наданих у межах військово-технічної допомоги) зразків НРК, з метою визначення стану розвитку вітчизняної робототехніки та прийняття рішення про напрямки подальших досліджень, на базі ЦНДІ ОВТ ЗСУ і ДНВЦ ЗСУ доцільно створити Головний науково-дослідний випробувальний центр робототехніки Міністерства оборони України, основними завданнями якого, за зразком подібних центрів, створених у передових країнах світу, стануть:

- проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень проблем розробки та впровадження безпілотних (роботизованих) систем і систем боротьби з ними;

- аналіз світових тенденцій та науково-технічне обґрунтування створення і виготовлення безпілотних (роботизованих) систем різних класів, розробка й обґрунтування оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог до них та до засобів боротьби з ними;

- науково-технічне (воєнно-технічне) супроводження процесу створення безпілотних (роботизованих) комплексів і засобів управління ними, в тому числі угрупованнями, та їх впровадження;

- аналіз використання НРК у ході останніх збройних конфліктів, оцінки рівня їх ефективності й обґрунтування раціональної номенклатури та потрібної кількості НРК;
- розробка та відпрацювання тактики бойового застосування безпілотних (роботизованих) систем, а також способів, методів і засобів боротьби з ними;
- дослідження організаційно-штатної структури підрозділів експлуатації та застосування безпілотних (роботизованих) систем і створення у відповідних структурах військ (сил) загальновійськових формувань високотехнологічної підтримки бойових дій військ (сил);

3) у Командуванні Сухопутних військ ЗС України доцільно створити Управління розвитку наземних роботизованих комплексів та експериментальні військові підрозділи, які в умовах, максимально наближених до бойових, могли б випробовувати існуючі та перспективні розробки, відпрацьовувати нові тактичні прийоми й алгоритми застосування новітніх зразків ОБТ, вивчати питання щодо необхідної інфраструктури та виробляти кваліфікаційні вимоги з підготовки відповідних спеціалістів.

5. Розробити системи впізнавання НРК за стандартом НАТО STANAG 4579 (Апаратура впізнавання цілі на полі бою) за принципом «свій–чужий».

6. Розробити та вдосконалити методичне, алгоритмічне та апаратно-програмне забезпечення елементів системи боротьби з безпілотними (роботизованими) системами.

Отже, роботизація вимагає від військового керівництва вирішення серйозних завдань:

- розробити тактику та стратегію використання НРК, згідно з якою роботи повинні стати складовою частиною різних військових підрозділів, або створити самостійний новий вид військових підрозділів, що призведе до значного реформування й самих ЗС;
- відпрацювати на практиці тактику застосування НРК в бойових умовах і внести відповідні корективи до бойових статутів і настанов;
- організувати роботу полігонів і випробувальних центрів;
- прискорити розробку ОШС бойових підрозділів, підрозділів експлуатації та забезпечення НРК і створення у відповідних структурах військ загальновійськових формувань високотехнологічної підтримки бойових дій військ (сил);
- забезпечити створення на підприємствах промисловості системи підготовки військових фахівців для потреб військ (сил) з експлуатації та бойового застосування роботизованих засобів різного призначення і боротьби з ними.

Крім того, для подолання відставання доцільною є інтенсифікація поставок у ЗС України НРК іноземного виробництва, які продемонстрували позитивні результати їх використання в бойових умовах. Проте, така практика повинна здійснюватися лише у тому разі, коли вітчизняна оборонна індустрія дійсно неспроможна виготовляти подібні НРК.

Таким чином, роботизація бойових дій набуває характеру одного з головних напрямків удосконалення систем ОБТ провідних країн світу. Успіхи, досягнуті в розробці бойових машин, передових технологій сприяють появі нових роботів з високим рівнем штучного інтелекту. У 2016 році провідні виробники НРК продовжували здійснювати розробку та постачання НРК, згідно своїх національних програм, що дозволяє досягти підвищення ефективності, зміни характеру, форм і способів ведення збройної боротьби.

Перспективи подальших досліджень

Подальшим напрямком досліджень є розробка напрямків удосконалення основних ТТХ НРК на основі аналізу їх застосування, а також визначених тенденцій в галузі розвитку базових технологій і технічних засобів військової робототехніки для включення відповідних пропозицій у програми розвитку ЗС України, враховуючи, зокрема, й досвід передових країн світу.

Список використаних джерел

1. Каляев И. Боевым роботам нужна программа / И. Каляев, И. Рубцов // Национальная оборона, 2016, № 2, <http://www.oborona.ru/includes/periodics/defense/2012/0801/20258963/detail.shtml> 7.04.2016).
2. Источник: <http://nevskii-bastion.ru/robotic-combat-systems/> BTC Невский бастион А.В. Karpenko.
3. Постійна адреса новини: easaily.com/ru/news/2017/05/17/putin-programma-vooruzheniy-do-2025-goda-povysit-oboronyu-potencial-rossii.
4. Попов С. Робот стреляет первым. Искусственный интеллект привлекает на службу молодых ученых / С. Попов, О. Фаличев // Военно-Промышленный Курьер, 2016, 24 февраля, <http://vpk-news.ru/articles/29352> (последнее посещение 17.04.2016).
5. Источник: http://ria.ru/defense_safety/20141204/1036508024.html.
6. Козюлин В. Новый бонд — машина с лицензией на убийство / А. Ефимов, В. Козюлин // Индекс безопасности № 1 (116), Том 22. С. 17-40.
7. Соломенин Е. Перспективы обеспечения опознавания целей в коалиционных операциях НАТО / Е. Соломенин, А. Ярыгин // Зарубежное военное обозрение, 2012. — № 7. — С. 27–30.
8. Воєнна доктрина України. Затверджено Указом Президента України від 24 вересня 2015 року № 555/2015 – Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents/5552015-19443>.
9. Концепція розвитку сектору безпеки і оборони України. Затверджено Указом Президента України від 14 березня 2016 року № 92/2016. – <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/92/2016>.
10. Постійна-адреса статті Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=248283411.

Рецензент: В.В. Скачков, д.т.н., проф., Військова академії (м. Одеса)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РОБОТИЗАЦИИ ВООРУЖЁННЫХ СИЛ УКРАИНЫ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ
ТЕХНИКИ ПЕРЕДОВЫХ СТРАН МИРА**

О.И. Кравчук, С.С. Ковалішин, Ю.К. Монахов, І.В. Симоненкова

Разработано предложения к программе по развитию наземных роботизированных комплексов Вооружённых Сил Украины на основе анализа аналогичных программ передовых стран мира и состояния их выполнение с учётом опыта применения роботизированной техники в вооружённых конфликтах 21-го века.

Ключевые слова: наземный роботизированный комплекс, тенденции развития, программа развития, разработка рекомендаций, внедрение в войска.

**DETERMINATION OF THE DIRECTIONS TO ROBOTIZATION OF ARMED POWERS
OF THE UKRAINE ON THE BASE OF THE ANALYSIS OF THE PROGRAMS OF THE
DEVELOPMENT OF THE ARMS AND MILITARY TECHNOLOGY
OF THE LEADING COUNTRIES OF THE WORLD**

O. Kravchuk, S. Kovalishin, U. Monahov, I. Simonenkova

The Designed offer to program on development overland robotized complex Armed Power of the Ukraine on base of the analysis of the similar programs of the leading countries of the world and conditions their execution with provision for experience of the using robots of armed conflict of 21 century.

Keywords: overland robotized complex, trends, program of the development, develop, introduction in troops, using.

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ І СТАНОВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРОФЕСІОНАЛА

УДК 519.62, 519.85

М.О. Кобзар*Військова академія (м. Одеса), Україна*

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ РІШЕННЯ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ СИСТЕМ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РІВНЯНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ

В даній роботі розглядаються шляхи вдосконалення чисельних методів рішення крайових задач диференційних рівнянь, які дозволяють за мінімальний відрізок часу одержати рішення поставленої задачі із заданим ступенем точності.

В статті акцентується увага на питаннях рішення системи диференціальних рівнянь, яка має важливе прикладне значення під час рішення досить важливих наукових і технічних проблем, в тому числі при реалізації багатьох алгоритмів обчислювальної математики, математичної фізики та обробки результатів експериментальних досліджень.

Автором виконана програмна реалізація алгоритму функціонування модуля рішення крайових задач диференційних рівнянь за допомогою однієї зі скриптових мов програмування високого рівня.

Ключові слова: алгоритм, диференційні рівняння, електронно-обчислювальна техніка, модуль.

Постановка проблеми

Швидкий розвиток нових технологій, їх вплив на економічний розвиток України, зумовлює запровадження все більш складних математичних задач, рішення яких, без застосування програмних методів, потребує значного часу та ресурсів. Як наслідок, поряд з розвитком та удосконаленням інформаційних технологій, комп'ютерної техніки та телекомунікаційних мереж, швидкими темпами відбувається процес вдосконалення програмного забезпечення, яке дозволяє за мінімальний відрізок часу отримати рішення поставленої задачі із заданим ступенем точності.

Зважаючи на те, що переважна більшість об'єктів є нестационарними, вони змінюються у часі під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників. Тому для формального опису нестационарних процесів був розроблений спеціальний математичний апарат, який отримав назву диференціальних рівнянь.

Диференціальні рівняння, які були винайдені ще І. Ньютоном, глибоко та назавжди увійшли в життя людства та були розвинені в прикладних теоретичних роботах Л. Ейлера, Ж.-Л. Лагранжа, Г. Лейбніца, П.-С. Лапласа, Ж. Ліувілля, О.-Л. Коші, великої кількості математиків більш пізнього періоду, в тому числі і українських вчених-математиків.

Так як більша частина законів фізики формалізується саме у вигляді диференційних рівнянь, а інженерному персоналу часто доводиться зіштовхуватись з диференційними рівняннями і системами диференційних рівнянь, саме чисельні методи розв'язку диференційних рівнянь за допомогою спеціального програмного забезпечення цілком здатні забезпечити ключову роль у практиці інженерних розрахунків.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Актуальність даної теми зумовлена тим, що задачі рішення системи диференціальних рівнянь мають важливе прикладне значення при вирішенні важливих наукових і технічних проблем. Окрім того, вони є допоміжними задачами при реалізації багатьох алгоритмів обчислювальної математики, математичної фізики, обробки результатів експериментальних досліджень та інших завдань.

Аналіз досліджень, досягнень і публікацій із зазначеної тематики свідчить про те, що питанню рішення систем диференціальних рівнянь приділяється досить значна увага, але тільки в досить спеціалізованому математичному середовищі, тобто відсутня належна та своєчасна пряма акцентуація і абстрагування проблеми в більш широкий спектр її застосування.

Постановка завдання та його розв'язання

З огляду на зазначені проблеми, метою даної статті є висвітлення результатів проектування програмного модуля рішення крайових задач систем диференціальних рівнянь за допомогою чисельних методів на основі декількох існуючих чисельних методів.

Об'єктом дослідження – є чисельні методи рішення крайових задач для диференціальних рівнянь при їх автоматизованому розрахунку.

Предмет дослідження – суттєві зв'язки та взаємодії, які підлягають безпосередньому дослідженню та дозволяють окремі відомі чисельні методи рішення крайових задач для диференціальних рівнянь з сучасними програмно-апаратними засобами електронно-обчислювальної техніки.

Виглядлення невіршених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття

Отримані в ході проектування результати, тобто створений програмний модуль рішення крайових задач для диференціальних рівнянь різними методами, може широко застосовуватися науковим та інженерним персоналом в своїй повсякденній практичній роботі при виконанні різноманітних інженерних розрахунків.

Виклад основного матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих результатів

Диференціальними рівняннями (Differential equations) називаються такі рівняння, які крім невідомих функцій однієї або декількох незалежних змінних містять також і їхні похідні. Диференціальні рівняння називають звичайними, якщо невідомі функції є функціями однієї змінної, в іншому випадку вони називаються рівняннями в частинних похідних [1].

Співвідношення

$$F(x, y', y'', y, \dots, y^{(n)}) = 0, \quad (1)$$

що поєднує змінну x , невідому функцію $Y = Y(x)$ і її похідні до порядку (n) включно, називають звичайним диференціальним рівнянням n -го порядку.

Рівняння (1) часто представляють у так званому канонічному вигляді:

$$y^{(n)}(x) = f(x, y(x), y^{(1)}(x), y^{(2)}(x), \dots, y^{(n-1)}(x)). \quad (2)$$

Звичайне диференціальне рівняння має нескінченну множину розв'язків, оскільки функція $y(x)$, що є розв'язком рівняння n -го порядку, містить n невідомих констант, які виникають під час інтегрування. Для пошуку якого-небудь конкретного розв'язку потрібні додаткові умови, які дозволять знайти значення констант. Ці умови можуть бути різними і приводити до різних задач.

У випадку, коли додаткові умови задаються при одному значенні незалежної змінної, має місце задача Коші (задача з початковими умовами). Якщо умови задаються для двох або більше значень незалежної змінної, тобто коли задача, що полягає в розв'язанні звичайного диференціального рівняння при додаткових умовах, які поставлені при декількох значеннях незалежної змінної, вона стає *крайовою*.

У задачі Коші додаткові умови називаються початковими, а у крайовій задачі – граничними. Наприклад, для диференціального рівняння n -го порядку початкові умови мають наступний вигляд:

$$\begin{cases} y(a) = y_0 \\ y'(a) = y_1 \\ \dots \\ y^{(n-1)}(a) = y_{n-1} \end{cases} \quad (3)$$

де a – початок відрізка, на якому розв'язується задача;

$y_0, y_1, \dots, y_{n-1}$ – деякі числа.

Для практичної реалізації із загального запису диференціального рівняння (1) намагаються виразити старшу похідну, так для $n = 1$ співвідношення (1) прийме вигляд:

$$\begin{aligned} Y' &= f(x, Y); \\ Y'' &= f(x, Y, Y'), \text{ якщо } n = 2, \end{aligned} \quad (4)$$

В даній статті, автор не мав за мету глибоко заглиблюватися в теорію диференціальних рівнянь, лише нагадав про геометричну інтерпретацію диференціального рівняння першого порядку. Графік розв'язку звичайного диференціального рівняння називається інтегральною кривою цього рівняння. Відповідно, розв'язок диференціального рівняння, що містить стільки незалежних довільних (постійних) параметрів називається загальним розв'язком (чи загальним інтегралом) цього рівняння [1].

Тобто, загальний розв'язок диференціального рівняння можна зобразити у вигляді сімейства кривих на площині X_0Y :

Не зважаючи на те, що геометрично загальний розв'язок диференціального рівняння представляє собою сімейство інтегральних кривих цього рівняння, знайти загальний розв'язок в аналітичному вигляді вдасться, навіть для диференційного рівняння першого порядку, тільки в деяких випадках. Частковий розв'язок теж доводиться шукати наближено [4].

Методи точного інтегрування диференціальних рівнянь придатні лише для порівняно невеликої частини рівнянь, що зустрічаються на практиці і їх можна розбити на такі групи: графічні, аналітичні, наближені аналітичні та чисельні.

В задачах моделювання та дослідженнях складних технічних систем, наприклад, систем автоматизованого управління, великого значення набувають методи наближеного розв'язання диференціальних рівнянь, що у залежності від форми представлення розв'язку можна, в свою чергу, розділити на дві групи:

- аналітичні методи, які дають наближений розв'язок диференційного рівняння у вигляді аналітичного виразу;
- чисельні методи, що дають наближений розв'язок у вигляді таблиці.

Методи розв'язання крайових задач також розділяють на дві групи: методи, які побудовані на заміні розв'язання крайової задачі розв'язанням декількох задач Коші та різницеві методи.

При розв'язуванні нелінійного звичайного диференціального рівняння крайова задача може бути зведена до розв'язування декількох задач Коші, коли значення послідовно вводяться в початкові умови і таким чином можливо знайти розв'язок, який задовольняє умову. При цьому, алгоритм досягнення мети будується на основі одного з методів оптимізації. Однак такий шлях розв'язання задачі пов'язаний з великими обчислювальними труднощами і тому перевага надається методам наближеного розв'язання крайових задач [2].

В свою чергу, методи наближеного розв'язання крайових задач теж можливо розподілити на різницеві методи і аналітичні методи. До різницевого методу розв'язку лінійної крайової задачі відносять: для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку – метод скінчених різниць, до аналітичних методів – метод Гальоркіна і метод колокацій.

Метод скінчених різниць дозволяє знайти наближений розв'язок крайової задачі у вигляді таблиці, а аналітичні методи дають можливість знайти наближений розв'язок лінійної крайової задачі у вигляді аналітичного виразу.

Метод колокацій, як метод числового розв'язання звичайних диференціальних рівнянь, диференціальних рівнянь з частковими похідними та інтегральних рівнянь, що передбачає вибір простору можливих розв'язків (зазвичай це многочлени до деякого ступеня), кількості точок в області (точки колокації) та вибір розв'язку, який задовольняє дане рівняння в точках колокацій, також можливо вважати відносно простим.

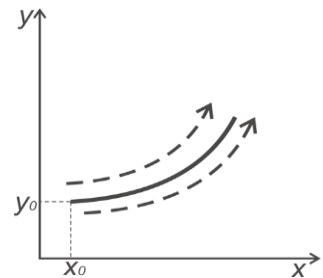


Рис. 1. Геометричне представлення результату розв'язку диференційного рівняння

Метод Гальоркіна накладає певні обмеження на вибір системи базисних функцій, які залежать від граничних умов крайової задачі. Це обмеження значно ускладнює реалізацію методу, особливо під час розв'язання задач математичної фізики. Це обмеження можна подолати, якщо для апроксимації розв'язку використовувати систему простих базисних функцій, які залежать від координат вузлів. У цьому випадку розв'язання крайової задачі зводиться до формування і розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь, тому метод і отримав назву методу скінчених елементів.

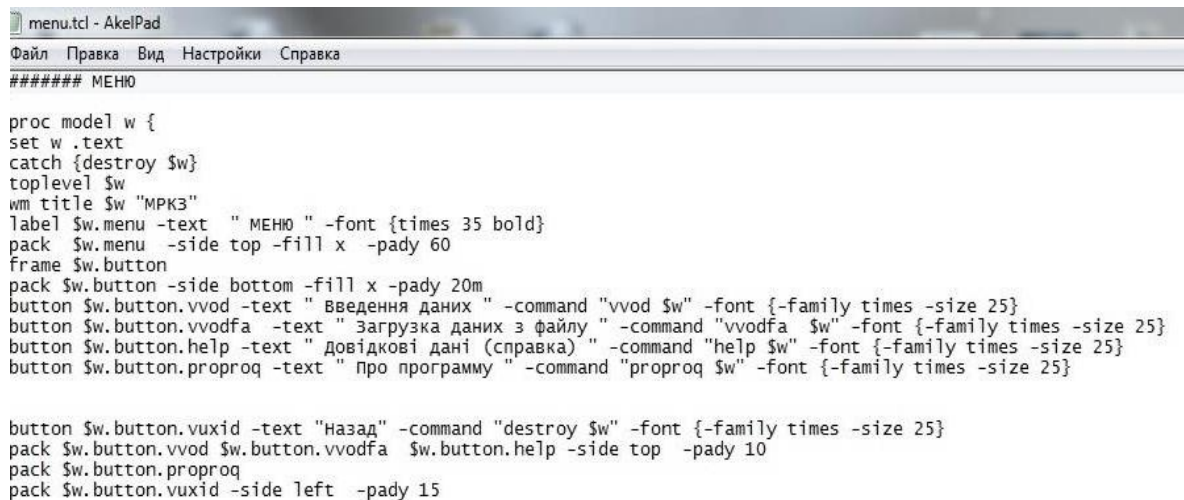
Метод скінчених елементів передбачає процес розв'язання або на повному усуненні диференціального рівняння для стаціонарних задач, або на розкладі диференціальних рівнянь у часткових похідних в апроксимуючу систему звичайних диференціальних рівнянь, які потім розв'язуються з використанням якого-небудь відомого методу. Цей метод часто використовують для розв'язання двох-тривимірних диференціальних рівнянь із частковими похідними.

Необхідно зауважити, що жоден з розглянутих і запропонованих методів розв'язання крайових задач не має явної переваги над іншими, тобто для кожного методу можливо вказати завдання, в яких він виявиться найкращим [3].

Отже, в основу архітектури програмного модуля рішення крайових задач диференціальних рівнянь, на вибір автора, було покладено чотири методи: Гальоркіна, колокацій, скінчених різниць та скінчених елементів, які відносяться до методів наближеного розв'язання.

Для практичного створення графічного інтерфейсу програми модуля рішення крайових задач диференціальних рівнянь було застосовано, досить поширену в останні роки, скриптову мову програмування високого рівня Tcl (Tool Command Language) з відповідною бібліотекою Tk (Tool Kit), скорочено Tcl/Tk, яка є вільним програмним забезпеченням. Вибір засобів Tcl/Tk був зумовлений їх орієнтацією на досить надійне налаштування баз даних, автоматизацію рутинних процесів, швидкого прототипування, веб-розробку, розробку платформно-незалежного програмного забезпечення, тестування тощо.

Приклад програмної реалізації одного з блоків програмного модуля рішення крайових задач диференціальних рівнянь представлений на рис. 2.



```

menu.tcl - AkelPad
Файл  Правка  Вид  Настройки  Справка
##### МЕНЮ

proc model w {
    set w .text
    catch {destroy $w}
    toplevel $w
    wm title $w "МПКЗ"
    label $w.menu -text " МЕНЮ " -font {times 35 bold}
    pack $w.menu -side top -fill x -pady 60
    frame $w.button
    pack $w.button -side bottom -fill x -pady 20m
    button $w.button.vvod -text " Введення даних " -command "vvod $w" -font {-family times -size 25}
    button $w.button.vvodfa -text " Загрузка даних з файлу " -command "vvodfa $w" -font {-family times -size 25}
    button $w.button.help -text " Довідкові дані (справка) " -command "help $w" -font {-family times -size 25}
    button $w.button.proproq -text " Про програму " -command "proproq $w" -font {-family times -size 25}

    button $w.button.vuxid -text "Назад" -command "destroy $w" -font {-family times -size 25}
    pack $w.button.vvod $w.button.vvodfa $w.button.help -side top -pady 10
    pack $w.button.proproq
    pack $w.button.vuxid -side left -pady 15
}

```

Рис. 2. Приклад реалізації блоку «Меню» програмного модуля рішення крайових задач

Вибір мови програмування був обґрунтований її незалежністю від типу операційної системи, можливістю створення за допомогою бібліотеки Tk, графічних інтерфейсів для консольних програм і простоти її використання програмістом.

Блок розрахунків (розв'язку) був розроблений за допомогою математичної системи Махіма, яка має досить широкий набір засобів для проведення аналітичних обчислень, чисельних обчислень і побудови графіків. Вибір цієї системи став можливим, адже Махіма, як система комп'ютерної алгебри, також є вільним програмним забезпеченням.

Вигляд (скріншоти) інтерфейсів основних робочих вікон програми рішення крайових задач диференціальних рівнянь представлені на рис. 3–5.

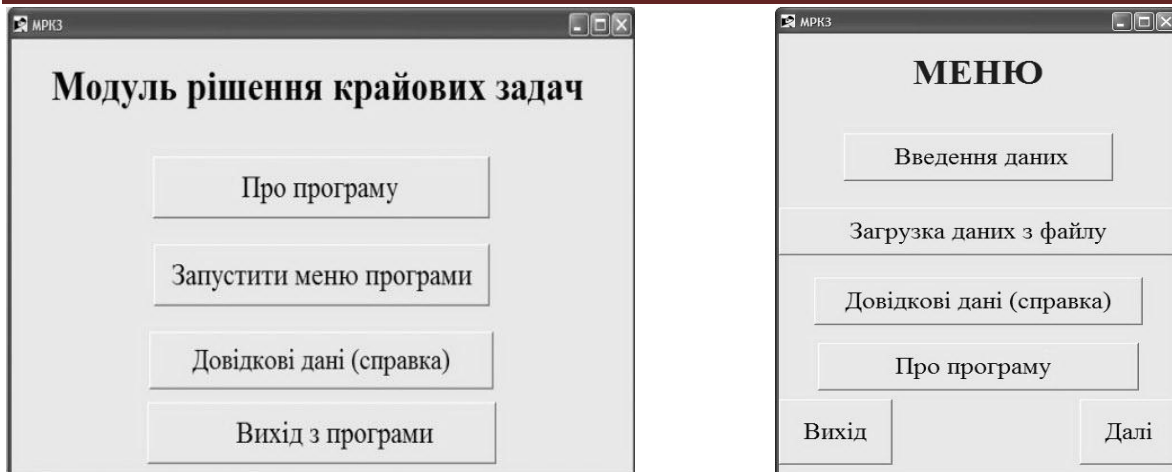


Рис. 3. Вигляд інтерфейсу головних вікон програми модуля рішення крайових задач диференціальних рівнянь з елементами графічного інтерфейсу



Рис. 4. Вигляд інтерфейсу робочих вікон програми модуля рішення крайових задач диференціальних рівнянь з елементами графічного інтерфейсу (показані робочі поля для вводу даних та вкладки вибору методів розрахунку)

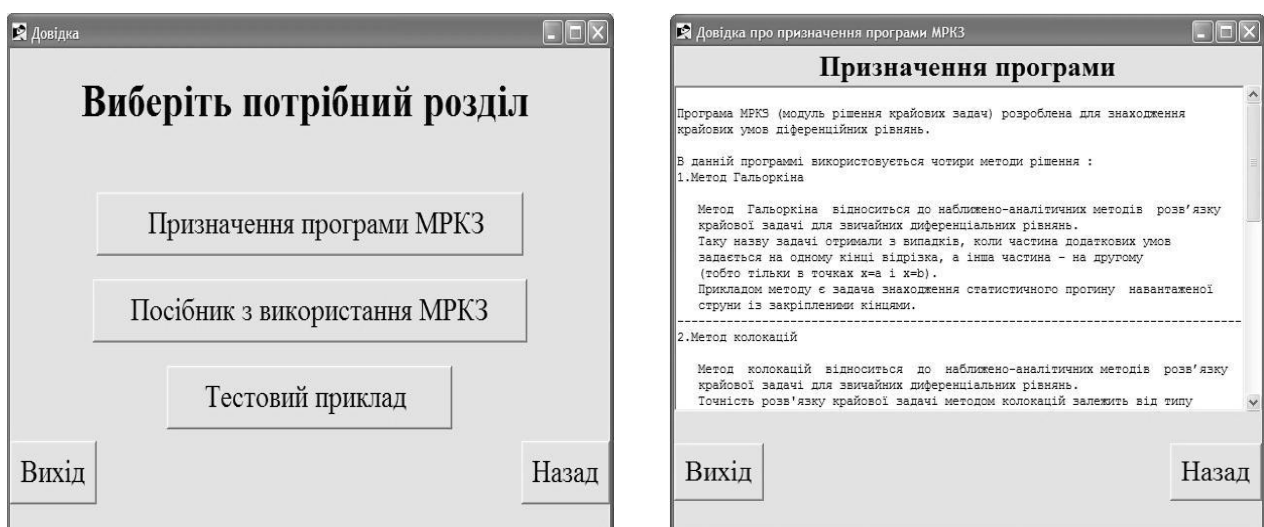


Рис. 5. Вигляд інтерфейсу вікон програми модуля рішення крайових задач диференціальних рівнянь (показані вкладки екранних форм довідкової підсистеми та довідкової підсистеми-призначення програми)

Результати рішення крайових задач диференційних рівнянь одним із запропонованих методів (на вибір), графічно відображаються у вигляді графіків в полі розв'язку задачі, зовнішній вигляд якого представлений на рис. 6.

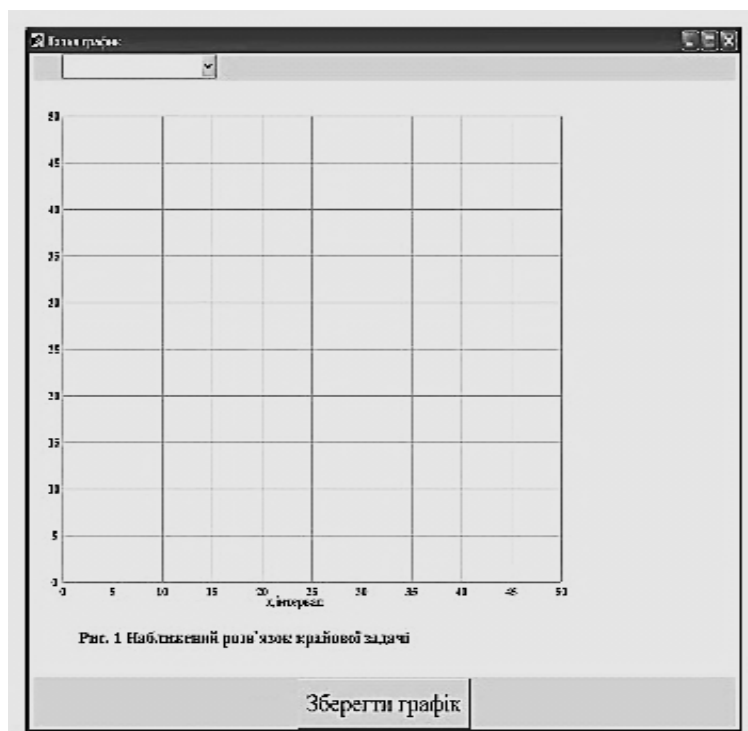


Рис. 6. Вигляд вікна поля розв'язку крайових задач диференційних рівнянь

При необхідності, отриманий графік можливо зберегти в файл та місце, яке буде вказане користувачем.

Створення програми та графічного інтерфейсу модуля, його відладка проводилися з використанням доступних сучасних технічних засобів електронно-обчислювальної техніки та програмного забезпечення, а, отже, не потребували жодного додаткового спеціального технічного забезпечення та матеріальних витрат.

В ході тестування програмного модуля рішення крайових задач диференційних рівнянь, він показав себе повністю працездатним.

Висновки

Диференціальні рівняння можуть бути широко застосовані в механіці, фізиці, радіоелектроніці, машинобудуванні, кораблебудуванні, літакобудуванні, хімії, метрології, економіці, теорії управління та багатьох інших науках, адже звичайними диференціальними рівняннями можливо описати рівняння електричних кіл, поведінку матеріальних частинок у силовому полі, закони хімічної кінетики тощо.

Застосування створеного програмного модуля рішення крайових задач диференційних рівнянь за допомогою чисельних методів, надасть посильну практичну допомогу науковому та інженерному персоналу при виконанні складних інженерних розрахунків та буде корисним для подальшого розвитку нових технологій в Україні, в тому числі і у військовій сфері.

Виходячи з вищезазначених особливостей програмного рішення крайових задач диференційних рівнянь за допомогою чисельних методів, подібний інструмент цілком можливо застосовувати під час проектування моделей симуляторів (імітаторів) різного призначення, створення перспективних автоматизованих систем управління та систем прийняття рішення, моделювання методів програмування маневру, маршрутів руху бойової техніки, як на суші, так і на морі, розрахунку траєкторій польотів літальних апаратів, ракет, артилерійських снарядів тощо.

Перспективи подальших досліджень

Напрямок подальших досліджень може стати подальше удосконалення створеного програмного модуля рішення крайових задач диференціальних рівнянь за допомогою чисельних методів за рахунок оптимізації та розширення його функціональних можливостей.

Нарощування потужності та гнучкості програмного модуля можливо провести методом включення в його склад решти існуючих та/або розробки нових методів рішення крайових задач диференціальних рівнянь.

Список використаних джерел

1. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1: навчальний посібник / Кветний Р.Н., Богач І.В., Бойко О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 193 с.
2. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці: Підручник/ За ред. М.З. Згуровського. – К. : Вид. група ВHV, 2006. – 480 с.
3. Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения / Вержбицкий В.М. – Высшая школа, 2001. – 382 с.
4. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь на ЕОМ. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://posibnyky.vntu.edu.ua/met/lek9.htm>

Рецензент: В.І. Коновець, к.т.н., с.н.с., Науково-дослідний центр
Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

М.А. Кобзарь

В данной работе рассматриваются пути совершенствования численных методов решения краевых задач дифференциальных уравнений, которые позволяют за минимальный отрезок времени получить решение поставленной задачи с заданной степенью точности.

В статье акцентируется внимание на вопросах решения системы дифференциальных уравнений, которая имеет важное прикладное значение при решении весьма важных научных и технических проблем, в том числе при реализации многих алгоритмов вычислительной математики, математической физики и обработки результатов экспериментальных исследований.

Автором выполнена программная реализация алгоритма функционирования модуля решения краевых задач дифференциальных уравнений с помощью одного из скриптовых языков программирования высокого уровня.

Ключевые слова: алгоритм, дифференциальные уравнения, электронно-вычислительная техника, модуль

CREATING THE SOFTWARE MODULE FOR SOLVING THE BOUNDARY PROBLEMS OF SYSTEMS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH NUMERICAL METHODS

M. Kobzar

In this paper, we consider ways to improve numerical methods for solving boundary value problems of differential equations that make it possible to obtain a solution of the problem in a minimal period of time with a given degree of accuracy.

The article focuses on the problems of solving a system of differential equations, which is of great practical importance in solving very important scientific and technical problems, including the implementation of many algorithms of computational mathematics, mathematical physics, and the processing of experimental results.

The author executed a software implementation of the algorithm for the operation of the module for solving boundary value problems of differential equations using one of the high-level programming scripts.

Keywords: algorithm, differential equations, computer technology, module

УДК 355.02

О.М. Семененко¹, к.т.н., с.н.с.,**А.Є. Єфименко²**, к.військ.н., доц.,**О.М. Сеченєв³**,**О.В.Тарасов³**, к.військ.н.¹Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна²Військова академія (м. Одеса), Україна³Кафедра військової підготовки Національного авіаційного університету, м. Київ, Україна

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ КАДРОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДРОЗДІЛІВ

У статті наведена методика оцінювання ефективності функціонування системи кадрового забезпечення Збройних Сил України.

Ключові слова: система кадрового забезпечення збройних сил, кадровий потенціал, оцінка ефективності функціонування системи кадрового забезпечення Збройних Сил України.

Постановка проблеми

Завдання, які постають перед Збройними Силами (ЗС) України сьогодні, вимагають від керівництва держави та її Збройних Сил вирішення в стислі терміни значного переліку важливих питань, які пов'язані із підвищенням рівня боєготовності та боєздатності власних Збройних Сил. Одним з таких питань є питання приведення системи кадрового забезпечення (СКЗ) ЗС України у відповідність до сучасних реалій, з формуванням можливостей СКЗ щодо адаптації її до часових змін вимог до неї. Реформування ЗС України та її СКЗ, особливо за останні 5–7 років супроводжується значними труднощами, які обумовлені об'єктивними протиріччями, прорахунками та помилками, які вимагають сьогодні досконалого теоретичного опрацювання та визначення відповідних методологічних підходів до практичного вирішення проблеми удосконалення СКЗ ЗС України в сучасних умовах розвитку ЗС [1–4].

Актуальність проведення досліджень кадрового забезпечення ЗС України викликана потребою удосконалення системи кадрового забезпечення ЗС України в цілому, як однієї із головних складових сектора безпеки та оборони держави. Актуальність цієї тематики досліджень загострюється в умовах ведення бойових дій та необхідності відновлення втрат особового складу. Тому пошук шляхів оптимізації СКЗ ЗС України з урахуванням перспектив їх розвитку та змін в країні і навколо неї є одними із найважливіших питань сьогодення, які до теперішнього часу не вирішені.

Сучасні реалії розвитку ЗС України, в умовах практичного їх застосування та складної економічної ситуації в країні [1–6], роблять більш жорсткими вимоги до функціонування системи кадрового забезпечення ЗС України. Сучасні потреби Збройних Сил (ЗС) України в особовому складі, необхідність підвищення мотивації військової служби в суспільстві, задекларований перехід ЗС України до стандартів передових країн Європи вимагають удосконалення існуючої системи кадрового забезпечення (СКЗ) ЗС України.

Стан функціонування СКЗ ЗС України, який існує сьогодні, не задовольняє сучасним вимогам до неї [1–7]. Аналіз існуючого порядку оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України протягом 2007–2016 років показав, що визначені для оцінювання показники лише статистично відображають інформацію про результати виконання окремих заходів кадрового забезпечення (комплектування) ЗС України і не надають можливості оцінити ефективність функціонування СКЗ в цілому, що значно ускладнює вирішення завдання щодо удосконалення існуючої структури СКЗ або вибору нового раціонального варіанта даної структури.

Основними проблемними питаннями, які потребують негайного вирішення в процесі удосконалення системи кадрового забезпечення ЗС України є:

- невідповідність кадрового потенціалу держави сучасним потребам ЗС України;
- неспроможність існуючої структури СКЗ ЗС України забезпечити створення (наращування) необхідного кадрового потенціалу ЗС України у визначені строки;
- недосконалість існуючого методичного підходу щодо оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України;
- необґрунтованість управлінських рішень щодо зміни структури СКЗ ЗС України або вибору різних перспективних її варіантів.

Результати аналізу існуючих підходів до оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України свідчать, що вони не носять послідовного характеру, однобічно розкривають результати виконання окремих заходів комплектування ЗС України. Відсутність єдиного методичного підходу до оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України, як єдиного цілого, ускладнює завдання щодо удосконалення існуючої структури СКЗ або вибору раціонального варіанта цієї структури.

Сформована необхідність розроблення методики оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України та розроблення, на основі цих оцінок, обґрунтованих рекомендацій щодо раціональної структури СКЗ з урахуванням перспектив розвитку ЗС України визначає актуальність цієї статті.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Аналіз останніх досліджень і публікацій, присвячених проблемам підвищення ефективності функціонування систем кадрового забезпечення, оцінюванню ефективності роботи кадрових органів та системи кадрового забезпечення взагалі показують, що ці проблеми активно досліджуються. Особливої уваги вони набувають сьогодні, коли країна переходить від тенденцій скорочування ЗС України до наращування кадрових і бойових потенціалів військових формувань з метою підвищення рівня обороноздатності країни. Стан, в якому перебувають ЗС України не задовольняє вимогам сьогодення, тобто умовам їх функціонування в стані безпосереднього застосування частин та підрозділів ЗС України. Однією із головних причин такого стану є неефективне реформування протягом останніх років системи кадрового забезпечення ЗС України, що призводить до невідповідності кадрового потенціалу ЗС України сучасним вимогам до нього. Існуючі підходи щодо оцінювання роботи СКЗ ЗС України не дозволяють отримати повністю об'єктивну оцінку її функціонування [4–9], а тим більше не дозволяють оцінити різні варіанти пропозицій щодо удосконалення СКЗ ЗС України, та прийняти рішення щодо вибору раціонального на перспективу із врахуванням економічних можливостей держави. Тому визначення підходу щодо формування можливостей оцінювання ефективності роботи СКЗ ЗС України, як єдиного цілого є своєчасним та актуальним завданням сьогодні.

Постановка завдання та його розв'язання

Зважаючи на зазначене, мета статті полягає у розробленні методики оцінювання ефективності функціонування різних варіантів СКЗ ЗС України з метою вибору раціонального.

Виглядлення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Вивчення та аналіз досвіду реформування системи кадрового забезпечення в ЗС України показує певні труднощі, які виникають перед керівниками під час необхідності обрати раціональний варіант структури того чи іншого органу комплектування без оцінок ефективності їх функціонування. В сучасних умовах розвитку ЗС України існуюча проблема активно досліджується, але завдання щодо побудови чіткого, загального, стандартизованого порядку оцінювання ефективності функціонування органів комплектування чи СКЗ ЗС України залишається ще не вирішеним сьогодні.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Загальна структурно-логічна схема методики наведена на рис. 1

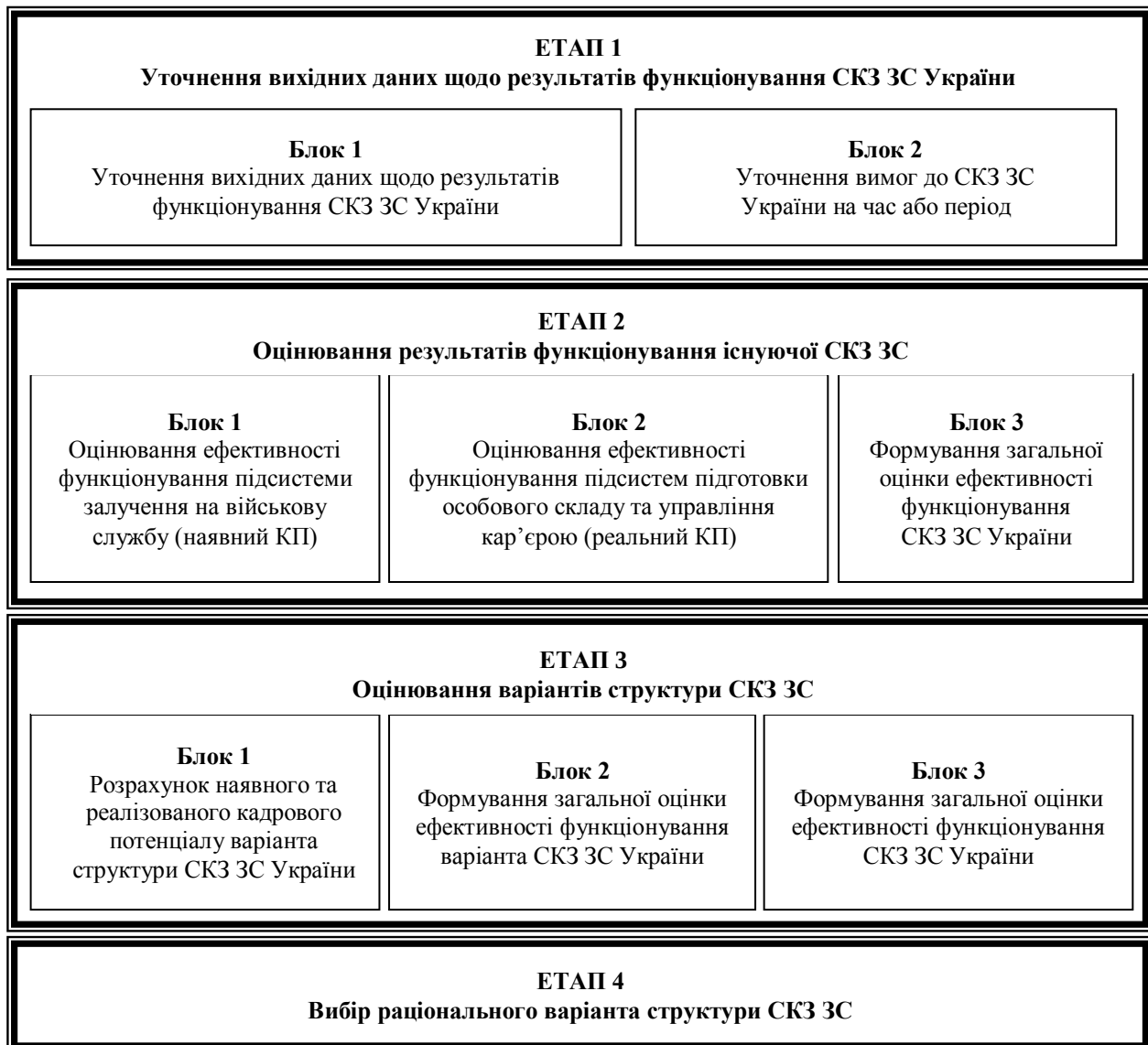


Рис. 1. Зміст методичного підходу до оцінювання ефективності функціонування системи кадрового забезпечення Збройних Сил України

Повна схема запропонованої методики оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України наведена на рис. 1.

Методика оцінювання ефективності функціонування системи кадрового забезпечення ЗС України включає в себе чотири етапи.

На першому етапі уточнюються вихідні дані щодо результатів функціонування існуючої СКЗ ЗС України на визначений час оцінювання або протягом визначеного періоду функціонування. Під час формування бази вихідних даних визначаються або уточнюються вимоги до систем (органів) комплектування на час або за період функціонування. До основних вимог щодо функціонування СКЗ ЗС України належать рівень необхідного кадрового потенціалу ЗС України ($KП_{необх\ ЗС}^t$, $KП_{необх\ ЗС}^T$) та рівень економічності витрачання ресурсів ($E_{СК\ ЗС}^{\min\ t(T)}$, $E_{СК\ ЗС}^{необх\ t(T)}$) на функціонування СКЗ на визначений час або за період.

Другий етап – це етап оцінювання результатів функціонування існуючих в системі (органів) комплектування та СКЗ ЗС України в цілому.

На цьому етапі формуються основні аспекти оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України як єдиного цілого, а також визначається здатність існуючої СКЗ щодо виконання поставлених перед нею завдань на заданому рівні на визначений час або протягом періоду функціонування. Загальна оцінка функціонування СКЗ в цілому формується за результатами функціонування трьох головних підсистем.

Даний етап складається із трьох блоків.

Блок № 1 – це блок розрахунку наявного та реалізованого кадрового потенціалу військових підрозділів ЗС України. Основними завданнями цього блоку є: визначення коефіцієнтів величини вкладу категорії військовослужбовців в загальний показник кадрового потенціалу за кожний військовий підрозділ (ВП) (частину) ЗС України ($\alpha_i, i = (1; D)$, де $\sum \alpha_i = 1$); розрахунок середнього показника ступеня відповідності військовослужбовців i -ї категорії в z -му ВП штатним посадам; із використанням даних величин визначення наявного та реального кадрового потенціалу кожного із військових підрозділів.

В блок № 2 відбувається розрахунок наявного та реального кадрового потенціалу за ЗС України в цілому.

Блоці № 3 – це блок формування загальної оцінки ефективності функціонування СКЗ ЗС на час t або за період оцінювання T .

Третій етап – є етапом логічного продовження проведеної оцінки існуючих систем (органів) комплектування чи СКЗ в цілому, якщо вони не здатні виконувати на визначеному рівні поставлені перед ними завдання, тоді вони потребують удосконалення.

З метою врахування економічних можливостей держави під час удосконалення СКЗ ЗС України, кожний із варіантів системи (органу), що досліджуються за цільовим критерієм оцінюється також за воєнно-економічним критерієм відповідно до вимог, які обумовлюються станом економічних можливостей держави. Якщо під час оцінювання перспективних варіантів СКЗ ЗС виникає ситуація, що жоден варіант не відповідає вимогам щодо ефективності та економічності функціонування СКЗ на визначений період, тоді необхідний пошук нових варіантів для дослідження або зміна рівнів вимог.

На четвертому етапі варіанти структури СКЗ ЗС України, які відповідають визначним вимогам до них на наступний період функціонування, оцінюються за інтегральним показником, який оцінює кожен із запропонованих варіантів структури СКЗ відповідно до пріоритетності цільового або воєнно-економічного критерію на час прийняття рішення:

$$H_{g \text{ СКЗ ЗС}} = \lambda_1 \cdot \frac{E_{g \text{ СКЗ ЗС}}^{t(T)}}{E_{\text{необх } t(T)}^{\text{СКЗ ЗС}}} + \lambda_2 \cdot \left(1 - \frac{W_{q \text{ СКЗ ЗС}}^{t(T)}}{W_{\text{max}}^{\text{СКЗ ЗС}}}\right). \quad (1)$$

З отриманих варіантів обирається найкращий за інтегральним показником, він і буде являти собою раціональний варіант структури системи кадрового забезпечення відповідно до вимог, які висуваються до них у визначений час або на період їх функціонування. Далі оцінюється чутливість оцінки до змін вхідних даних і стійкості прийнятих рішень на основі отриманих результатів оцінювання з метою вірного розподілу ресурсів та приймається рішення щодо вибору U -го варіанта структури СКЗ ЗС України як раціонального на час оцінювання, якщо $H_{y \text{ СЗ ЗС}} = \max$ із усіх J -х варіантів структури СКЗ, що розглядалися.

Нижче наведений практичний приклад застосування розробленої методики, відповідно до послідовності розрахунків визначеної на рис. 2.

Розрахунки проводилися за даними, які не відповідають дійсності, а використовуються тільки для оцінювання працездатності методики. У табл. 1 наведені вихідні дані для проведення оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України.

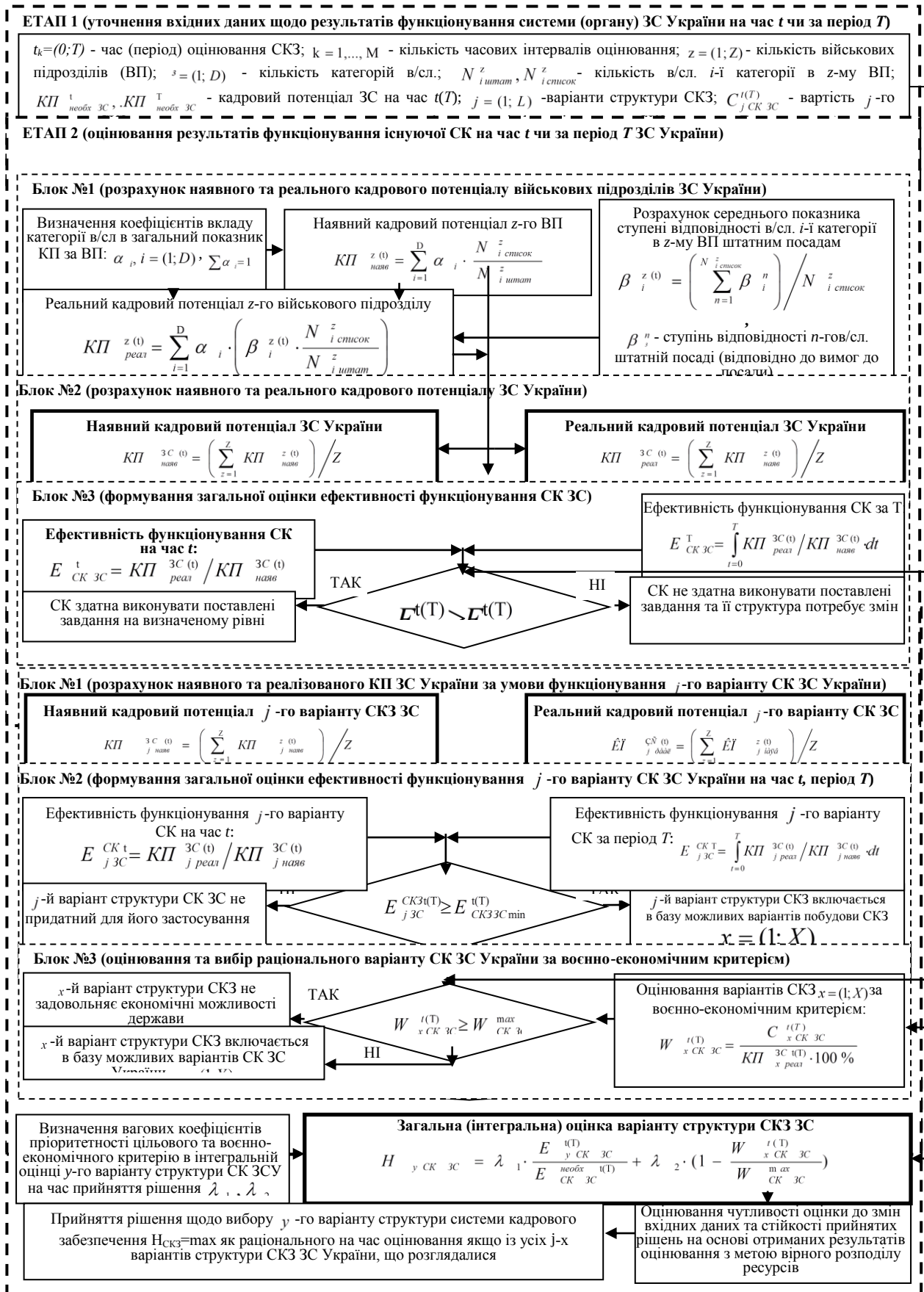


Рис. 2. Методика оцінки ефективності функціонування системи кадрового забезпечення ЗС

Результати проведеного оцінювання ефективності функціонування існуючої СКЗ ЗС України за сьома реальними військовими частинами ЗС України (табл. 2) свідчать, що наявний кадровий не відповідає вимогам на 2,4 %, а реалізований на 20,4 % (рис. 3).

Аналіз отриманих результатів показує необхідність прийняття рішення щодо удосконалення існуючої структури СКЗ ЗС України або вибору нового альтернативного варіанта.

Таблиця 1

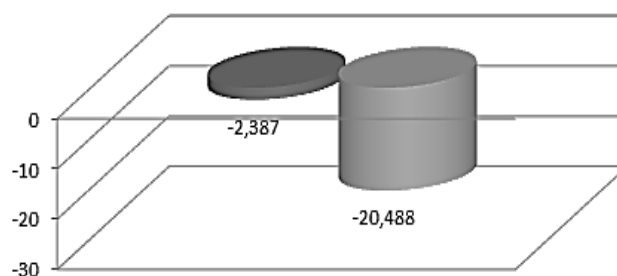
Вихідні дані для оцінювання ефективності функціонування СКЗ (на прикладі омбр)

Категорія військово-службовців/ Показники	Кількість за штатом, осіб.	Кількість за списком, осіб.	Середній ступінь відповідності категорії в/сл. посадам	Коефіцієнт вкладу категорії в/сл. в кадровий потенціал підрозділу (частини)	Наявний кадровий потенціал z-го підрозділу (частини) (за категоріями)	Реалізований кадровий потенціал z-го підрозділу (частини) (за категоріями)	Наявний кадровий потенціал z-го підрозділу (частини)	Реалізований кадровий потенціал z-го підрозділу (частини)
солдати	1460	1150	0,633	0,21	0,788	0,499	0,165	0,105
сержанти	398	219	0,479	0,13	0,550	0,264	0,072	0,034
прапорщики	501	399	0,84	0,09	0,796	0,669	0,072	0,060
молодші офіцери	275	183	0,675	0,15	0,665	0,449	0,100	0,067
старші офіцери	99	94	0,561	0,18	0,949	0,533	0,171	0,096
командир частини	1	1	0,8	0,24	1,000	0,800	0,240	0,192
загальні показники							0,819	0,554

Таблиця 2

Оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС України (за 7 військовими частинами)

Військові частини/ Показники	Наявний кадровий потенціал	Реалізований кадровий потенціал	Наявний кадровий потенціал ЗС України	Реалізований кадровий потенціал ЗС України	Вимоги щодо наявного кадрового потенціалу на час оцінювання	Вимоги щодо реалізованого кадрового потенціалу на час оцінювання	Ступінь невідповідності вимогам щодо наявного КП ЗС України, %	Ступінь невідповідності вимогам щодо реалізованого КП ЗС України, %
1 омбр	0,819	0,554	0,830	0,557	0,820	0,700	-2,387	-20,388
2 омбр	0,791	0,533						
3 омбр	0,782	0,524						
10 глбр	0,891	0,581						
1 рбр	0,862	0,578						
1 бр ТА	0,768	0,519						
РЦ РЕР	0,895	0,612						



■ Показник невідповідності вимогам до наявного кадрового потенціалу ЗС України

Рис. 3. Результат оцінювання ступеню невідповідності кадрового потенціалу ЗС України вимогам, які до нього висуваються

Результати оцінювання п'яти різних запропонованих варіантів структур СКЗ ЗС України (табл. 3; рис. 4–6) показують, що за цільовим показником ефективності функціонування СКЗ ЗС України визначеним вимогам задовольняють 2-й, 4-й та 5-й варіанти, а вимогам економічної ефективності – тільки 4-й та 5-й.

Таблиця 3

Оцінювання ефективності перспективних варіантів СКЗ ЗС України

Показники / Варіанти структури СКЗ	1-й варіант структури СКЗ	2-й варіант структури СКЗ	3-й варіант структури СКЗ	4-й варіант структури СКЗ	5-й варіант структури СКЗ
Наявний кадровий потенціал ЗС	0,777	0,656	0,856	0,803	0,792
Реалізований кадровий потенціал ЗС	0,641	0,579	0,543	0,725	0,701
Ефективність функціонування варіанта СКЗ, (E)	0,825	0,883	0,634	0,903	0,885
Необхідний наявний кадровий потенціал ЗС	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850
Необхідний реалізований кадровий потенціал ЗС	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Необхідна ефективність функціонування варіанта СКЗ, (E)($min-max$)	0,824	0,824	0,824	0,824	0,824
Максимально можлива вартість СКЗ	24500000	24500000	24500000	24500000	24500000
Вимоги щодо воєнно-економічної ефективності досягнення результату	350000,0	350000,0	350000,0	350000,0	350000,0
Вартість варіанта СКЗ ЗС	25600345	23068493	21346568	21899956	20789567
Показник воєнно-економічної ефективності варіантів структури СКЗ	399381,4	398419,6	393122,8	302068,4	296570,1
Показник пріоритетності цільової ефективності на час оцінювання	0,41				
Показник пріоритетності воєнно-економічної цільової ефективності на час оцінювання	0,59				
Інтегральна оцінка варіанта структури СКЗ ЗС України	0,926	0,901	1,058	1,058	1,078

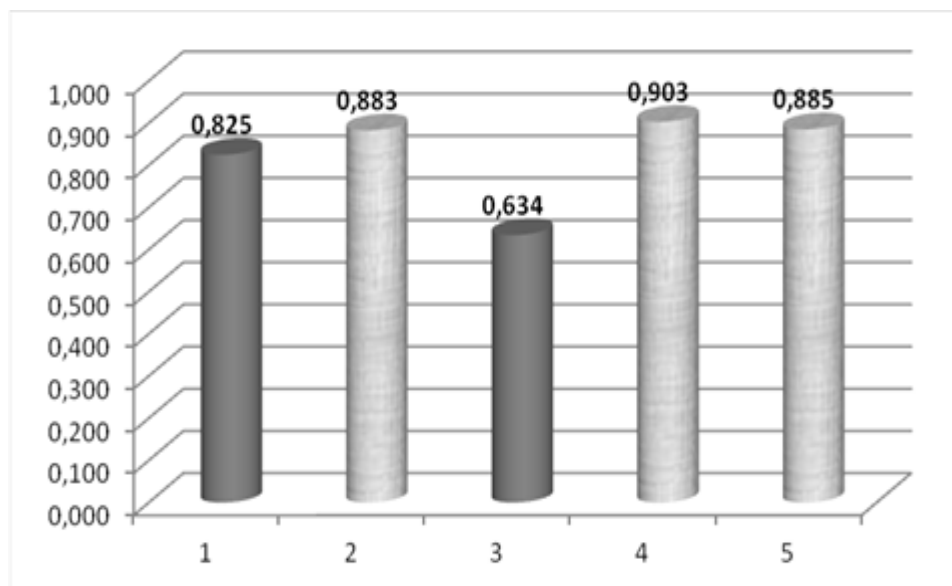


Рис. 4. Ефективність функціонування варіантів СКЗ ЗС України

Для вибору між двома різними варіантами застосовується інтегральний показник, який враховує пріоритетність цільового або воєнно-економічного значення отриманого результату. Найбільш раціональним на час прийняття рішення буде 5-й варіант, хоча він має дещо більші показники щодо цільової ефективності функціонування.

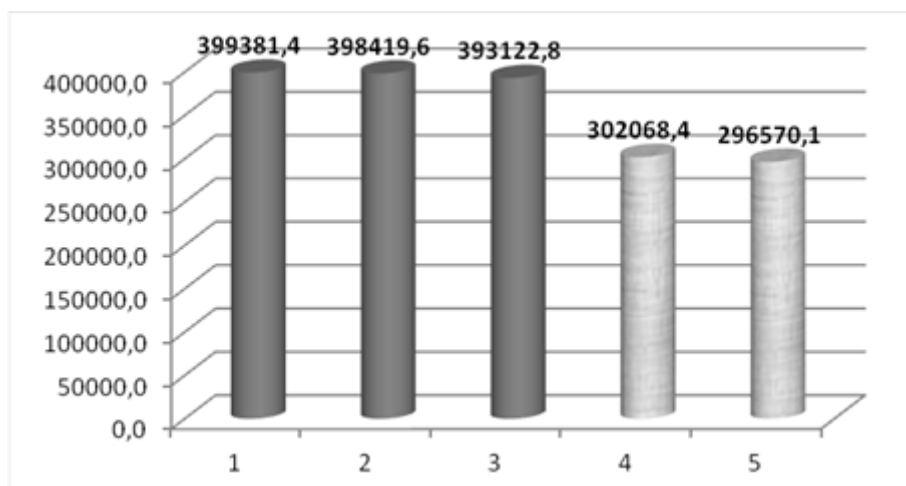


Рис. 5. Воєнно-економічна ефективність функціонування варіантів СКЗ ЗС України

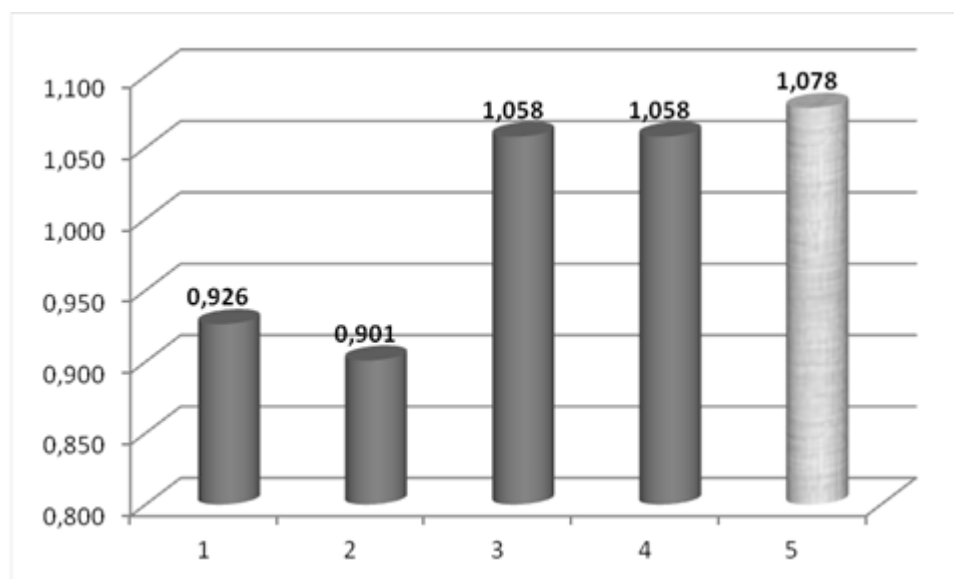


Рис. 6. Загальна оцінка варіантів СКЗ ЗС України

Висновки

У статті наведено методичний підхід до визначення раціональної структури системи кадрового забезпечення ЗС України. В основу методичного підходу покладене оцінювання ефективності функціонування СКЗ ЗС та розрахунок змін рівня кадрового потенціалу залежно від варіантів структури СКЗ ЗС України та їх відповідності визначеним вимогам. Розроблена методика дозволяє: оцінювати результати функціонування існуючих систем (органів) комплектування ЗС України, а також оцінювати можливі удосконалені або нові варіанти структури цих систем (органів) комплектування з метою прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору найбільш ефективних (раціональних) варіантів за цільовим та воєнно-економічним критерієм; на основі отриманих оцінок обґрунтовувати рекомендації щодо вибору раціональних варіантів структур систем (органів) комплектування чи СК ЗС України взагалі з урахуванням перспектив їх розвитку та обсягів її необхідного фінансування.

Перспективи подальших досліджень

Напрямок подальших досліджень є розроблення методики обґрунтування раціонального складу СКЗ ЗС України з використанням елементів математичної моделі запропонованої в статті методики оцінювання ефективності різних варіантів систем кадрового забезпечення ЗС України.

Список використаних джерел

1. *Пріоритети розвитку Збройних Сил України з урахуванням участі у гібридній війні 2015-2016* / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents>.
2. *Україна 2014-2015: Долаючи виклики (аналітичні оцінки)* / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.razumkov.org.ua/upload/Pidsumky_2014_2015_A4_fnl.pdf.
3. *Указ Президента № 562/2013 Про строки проведення чергових призовів, чергові призови громадян України на строкову військову службу до внутрішніх військ Міністерства внутрішніх справ України та звільнення в запас військовослужбовців у 2014 році* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=246762368
4. *Основні оборонні аспекти доповіді Президента України щодо підвищення обороноздатності України 07.2016р.* [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://defpol.org.ua/site>
5. *Військова служба за контрактом. Підвищення грошового забезпечення. Постанова Кабінету міністрів України від 22 вересня 2010 року № 889.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.kontraktnik.mil.gov.ua
6. *Семененко О.М. Щодо можливості оцінювання ефективності заходів оборонних програм за вартісними показниками бюджетних програм* // 3б. наук. пр. ЦНДІ ЗС України – № 1 (39). – К.: ЦНДІ ЗС України, 2007. – С. 104–117.
7. *Семененко О.М. Методика воєнно-економічного оцінювання результатів виконання заходів програм розвитку Збройних Сил України за плановий рік* // 3б. наук. пр. ЦНДІ ЗС України – № 3 (53). – К.: ЦНДІ ЗС України, 2010. – С. 217 – 226.
8. *Основы экономического анализа* // Под редакцией М. И. Баканова, А. Д. Шеремет – М.: Воентехиниздат, 2002. – 232 с.
9. *Гриненко О.І. Деякі проблеми перспективного планування розвитку Збройних Сил України* [Текст] / О.І. Гриненко, М.М. Денєжкін // Наука і оборона № 3. – К.: 2001. – С.31-35.

Рецензент: Моторний В.О. к. держ.упр., Військова академія (м. Одеса)

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ
КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВООРУЖЁННЫХ СИЛ УКРАИНЫ ЗА ПОКАЗАТЕЛЯМИ
КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

О.М. Семененко, А.Е. Ефименко, О.М. Сеченев, О.В. Тарасов

В статье приведена методика оценки эффективности функционирования системы кадрового обеспечения Вооружённых Сил Украины.

Ключевые слова: система кадрового обеспечения вооружённых сил, кадровый потенциал, оценка эффективности функционирования системы кадрового обеспечения Вооружённых Сил Украины.

**METHODOLOGY OF ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING
OF THE SYSTEM OF STAFFING OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

O. Semenenko, A. Efimenko, O. Sechenev, O. Tarasov

The article shows the methodology for assessing the effectiveness of the personnel supply system of the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: personnel supply system of the Armed Forces, personnel potential, assessment of the effectiveness of the personnel supply system of the Armed Forces of Ukraine.

УДК 355.66

В.О. Дідик*Військова академія (м. Одеса), Україна*

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ В КОМПЛЕКСІ БОЙОВОГО ЕКІПІРУВАННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯ

У статті проаналізовано наявні засоби моніторингу фізіологічного стану, які використовуються у комплексі бойового екіпірування військовослужбовця різних армій світу, запропоновано основні функції, які повинні покладатись на засоби моніторингу фізіологічного стану військовослужбовця Збройних Сил України.

Ключові слова: моніторинг фізіологічного стану, комплект бойового екіпірування, трекер.

Постановка проблеми

В комплексі бойового екіпірування військовослужбовця Збройних Сил України передбачено, як одна зі складових – це засоби моніторингу фізіологічного стану. На даний момент в Збройних Силах України дані засоби не знаходяться на озброєнні, але у світі вже набувають розповсюдження та практичного використання подібні пристрої, які загально відомі як трекери, браслет-годинник, браслет-комплекс або ж використовуються датчики, які закріплюються на тілі бійця, вбудовуються в одяг військовослужбовця. Також можливо їх об'єднувати по функціональності з іншими пристроями [1].

Аналіз останніх досягнень і публікацій

В арміях світу почали використовувати засоби моніторингу фізіологічного стану, які називають по різному, а саме: чудо-браслети, браслет-комплекс, браслет-годинник, які повинні будуть допомогти військовослужбовцям слідкувати за фізичним станом, ефективніше протидіяти диверсантам і виконувати бойові завдання. Зараз набувають розповсюдження подібні зразки в арміях світу та перебувають у стадії випробування. Пристрої дозволять стежити за фізіологічним станом військовослужбовця, відстежувати його місцезнаходження, передавати необхідні повідомлення та координати, нададуть можливість військовослужбовцю подавати сигнали оповіщення. Браслет-комплекс, який вартовий надягає на свою руку, пов'язаний з командним пультом. У випадку виникнення позаштатної ситуації вся інформація оперативно надходить до вищих командирів по захищених каналах цифрового зв'язку, у тому числі передається інформація про нерухомість бійця протягом певного часу (наприклад 5 хвилин) або факт зняття браслета [2].

Основне призначення браслета-комплексу – це збір і моніторинг інформації про стан здоров'я учасників контролю обстановки на об'єктах, що охороняються та які виконують бойові завдання.

Наприклад, на склад з боєприпасами не потрібно великої кількості вартових, але зовсім інша ситуація, якщо охороняється парк техніки. Звичайно техніка розташовується на досить великій по площі території, де маршрути руху вартових точно визначені. На таких об'єктах потрібно більше постів охорони, які важче контролювати та перевіряти. Забезпечивши охорону даними пристроями можливо постійно спостерігати за фізіологічним станом бійців та їхнім місцем знаходження [3].

В армії Сполучених Штатів розробляється система WPSM – the warfighter physiological status monitor (бойовий моніторинг фізіологічного стану), яка відслідковує фізіологічний стан бійця. Ця система є частиною екіпірування майбутнього американського солдата, сам проект називається Future Force Warrior (майбутня сила воїна), який планується до завершення у 2032 році, рис. 1.

До системи WPSM входить комплект медичних приладів для вимірювання фізичних параметрів бійця. Система дозволяє з використанням датчиків визначити температуру тіла, артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень і рівень стресу. Далі ці дані збираються, обробляються та при необхідності, за запитом передаються безпосередньо медичній службі для прийняття рішення, щодо подальших дій відносно даного бійця.



а) зовнішній вигляд пристрою моніторингу фізіологічного стану WPSM;
б) варіант відображення інформації програмним забезпеченням.

Рис. 1. Засіб та відображення даних моніторингу фізіологічного стану WPSM армії США

За їхнім планом датчики будуть вмонтовані в армійську футболку, які є частиною нижньої білизни солдата. Затрати на виготовлення такої системи на даний момент не дозволяють виготовляти обмундирування у великих кількостях. Перед розробниками стоїть завдання знизити затрати на виготовлення системи, щоб її могли випустити в масове виробництво [4].

Використання засобів моніторингу фізіологічного стану арміями іноземних країн світу відображає необхідність та актуальність практичного використання даних засобів. Деяких травм можливо буде уникнути, спостерігаючи за факторами, які впливають на стресовий стан та інші параметри ризику. Датчики, які можуть фіксувати частоту пульсу, кров'яний тиск та інші біофізичні функції, допоможуть спрогнозувати високу ймовірність травмування (загибелі) по існуючим алгоритмам, які дозволяють виміряти фактори ризику. В іноземних арміях світу вже відбувається процес впровадження та практичного використання засобів моніторингу фізіологічного стану для військовослужбовців, але він ще не достатньо ефективний так як технологія є достатньо складною та дорогою на даний момент, тому тривають процеси удосконалення та випробування технології моніторингу фізіологічного стану військовослужбовців.

Постановка завдання та його розв'язання

Враховуючи наведене, розробка та впровадження у реальність, практичне використання засобів моніторингу фізіологічного стану, які увійдуть до спорядження комплексу бойового екіпірування військовослужбовця Збройних Сил України є актуальним завданням, яке можливо вирішити з використанням наявної елементної бази. Використання дозволить значно спростити бійцю, а особливо командувачу спостереження за життєважливими параметрами стану організму військовослужбовців, будуть вони у варті, на охороні важливих об'єктів, або виконувати бойові завдання у певному районі, навіть за сотні кілометрів.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Знання закономірностей перебігу фізіологічних процесів дає змогу передбачати їх зміни за різних умов життєдіяльності та відкриває можливість втручатися в перебіг фізіологічних процесів у бажаному напрямку. У військовій справі моніторинг фізіологічного стану дозволить військовослужбовцю та його командувачу спостерігати за фізичним станом бійця, спрогнозувати та визначити фізіологічні показники розвитку втоми, такі як артеріальний кров'яний тиск, частота пульсу, систолічний і хвилинний об'єми крові, динаміка яких може бути різною. Так, при втомі показники артеріального кров'яного тиску мають тенденцію до зниження. Однак одразу ж після великих фізичних і нервово-емоційних навантажень систолічний і середній динамічний тиск може підвищуватись [5].

Позначимо пристрій моніторингу фізіологічного стану, вже загальновідомим терміном, як **трекер** або **tracker** (від англ. *to track* відстежувати, залишати слід, позначати курс). Розглянемо принципи роботи складових пристроїв, які відстежують фізичні показники користувача та якими можливо облаштувати трекер для військовослужбовця ЗСУ.

Зовні трекери сконструйовані таким чином, щоб доставляти бійцю, який їх буде застосовувати якнайменше дискомфорту, тому як варіант це замаскувати під повсякденні аксесуари на зразок браслетів, годинників, обручів і так далі. Існують і досить нетривіальні пристрої: наприклад, трекер вдає із себе магнітну кліпсу, яка кріпиться на одяг. Загалом, датчики біометрії можна вбудувати практично в усе, що завгодно, розробляється спеціальний чохол, який діє разом з електронним пристроєм, в якому встановлені сенсори фізичної активності. Найбільш же популярним форм-фактором серед трекерів слід визнати, мабуть, браслет – на сьогоднішній день на озброєнні різних країн вже представлені пристрої в цьому виконанні. Як варіанти виконання вони представлені на рис. 2.



а) Фронтальний вигляд; б) Вид на тильну частину;
в) Зовнішній вигляд браслета-комплексу (зразок РФ)

Рис. 2. Приклади виглядів оформлення пристрою моніторингу фізіологічного стану

Вони представляють з себе браслет типу – годинник, на яких з фронтальної сторони знаходиться екран, для візуального відображення інформації, також можливе розміщення кнопок для керування пристроєм та його налаштуванням. З тильної сторони в пристрій вбудовані датчики, які знімають вимірювання при безпосередньому контакті з тілом людини. Корпус пристрою виконується таким чином, щоб забезпечити ступень захисту IP 67.

Усередину трекерів можливо встановити тривісний акселерометр, який відстежує прискорення щодо трьох координат. Цей модуль використовується для виконання різних завдань, але основна функція акселерометра – підрахунок кількості зроблених кроків. Акселерометр також дає інформацію про становище в просторі і швидкості пересування. Цілком стандартний акселерометр складається з двох плат з електричним зарядом і противагою, розташованим між ними. У стані спокою (тобто за відсутності фізичної активності у користувача) він знаходиться рівно посередині, але варто людині поворухнутися, і противага починає контактувати з платами, створюючи таким чином загальну просторову схему переміщень.

Принцип роботи пульсометра полягає в зчитуванні показань двох електродів. За допомогою них датчик реєструє різницю потенціалів на шкірі в момент скорочення серця, вимірюючи таким чином частоту пульсу. Дані, як і у випадку з акселерометром, відправляються по бездротових інтерфейсах передачі даних, як варіант застосувати стандарт специфікації IEEE 802.15.1 (або більш відоме, як Bluetooth) на смартфон, планшет або інший прийомник, де вони обробляються спеціальним програмним забезпеченням і графічно відображають інформацію, зрозумілу користувачу.

Крім того, трекери можливо обладнати аналізаторами потовигляділення, температури тіла і географічного положення користувача.

Технології GPS виповнилося вже кілька десятків років, але вона до цих пір залишається однією з найбільш необхідних. GPS дозволяє визначати координати об'єкта з високою точністю, використовуючи сигнал, що посиляється супутниками. GPS модуль в годиннику або трекері отримує сигнал з супутника, а по часу, який проходить з моменту відправки сигналу супутником до моменту фіксації модулем, можна визначити приблизне положення модуля. Чим більше супутників в зоні дії, тим точніше визначаються координати. Відповідно, GPS модуль дозволяє визначати швидкість пересування, висоту над рівнем моря і деякі інші параметри [6].

Оптичні датчики серцевого ритму. Для визначення частоти серцевого ритму не потрібно буде прислуховуватись до бійця, або вимірювати, знаходити його пульс у разі поранення, контузії чи з інших причин втрати свідомості військовослужбовцем, достатньо буде подивитись на показання пристрою, який сприймає дані від трекера, що передає інформацію про фізіологічний стан. Сучасні оптичні датчики можуть досить точно зняти показання. Світлодіоди такого датчика випромінюють світло, яке поглинається тканинами організму, включаючи кров. При цьому кров поглинає більше світла, ніж, наприклад, шкіра. Зміни кількості крові в судинах призводить до зміни рівня поглинання світла, що і фіксує датчик. Спеціальний алгоритм на основі цих даних визначає частоту серцевого ритму. Найбільш сучасні датчики наближаються по точності до електрокардіограми.

Датчики електропровідності шкіри. Модулі такого типу призначені для вимірювання провідності шкіри. Чим більше вологи на шкірі, тим краще її провідність. А за рівнем зволоження шкіри можна визначити рівень активності, навантаження військовослужбовця. Дані з таких датчиків зіставляються з даними інших датчиків. А спеціальний алгоритм прораховує дані, аналізує їх і виводить в зрозумілому форматі на дисплей годинника або смартфона, як варіант пульс контролю старшого начальника [7].

Термометри. Навіть елементарний термометр може дати досить точну оцінку температури шкіри, чим вище температура, тим активніше відбувається навантаження. Інформація про температуру шкіри порівнюється з показанням інших датчиків, після чого пристрій надає дані про активність навантаження користувачеві.

Оцінка освітленості. Датчик освітленості зазвичай включає фотоелемент, який дає більше струму, якщо рівень освітленості зростає. Відповідно, пристрій розуміє, який зараз час доби, порівнюючи дані за рівнем освітленості з дійсним часом.

Приблизно так само працюють і датчики ультрафіолетового освітлення, але в цьому випадку фотоелемент налаштований тільки на ультрафіолетовий спектр, а не на реєстрацію видимого освітлення.

Біоімпедансні сенсори. Подібний модуль може визначати відразу три показники: частоту серцевого ритму, частоту дихання і провідність шкіри. Біоімпедансні сенсори фіксують дрібні зміни в організмі та на основі цих даних спеціальний алгоритм прораховує зазначені вище показники [8].

У трекера може бути велика кількість різноманітних сенсорів. Але без детального аналізу одержуваних даних ця інформація нічого не варта. Тому велике значення має програмне забезпечення, яке буде проводити обробку та зберігання результатів вимірювання. Чим досконаліша програма, тим більше корисної та зрозумілої інформації отримує користувач.

Для відображення результатів роботи трекера, у якому буде вбудовано безліч датчиків використовується спеціальне програмне забезпечення різних виробників, яке буває як індивідуально розроблене під певний зразок та під певного замовника так і на безкоштовних умовах використання, що масово застосовується всіма бажаними користувачами. Програми відстежують і систематизують активність користувача, видаючи на її основі різні рекомендації. Наприклад, програма збирає дані про користувача (в тому числі за допомогою додаткових медичних приладів), обробляє їх і надає у вигляді зрозумілих людині діаграм і графіків.

Блок-схема засобу моніторингу фізіологічного стану (рис. 3), відображає структуру будь-якого засобу моніторингу, до складу входять датчики, які кріпляться до тіла бійця, чи то вони у вигляді браслета, футболки з пластинами, шолома з вбудованими пристроями, чи то звичайний чіп. Залежно від виконуваних завдань та необхідності даних по життєважливих даних фізичного стану військовослужбовця, засоби зйомки інформації можуть містити такі датчики: акселерометр, оптичний серцевого ритму, електропровідності шкіри, термометри, біоімпедансні сенсори, датчик розпізнавання свій-чужий. Від зовнішньої дії на датчики отримані дані поступають на пристрій де проходить процес обробки даних, спеціальне програмне забезпечення формує зрозумілу для людини інформацію, яка виводиться на засіб відображення інформації (дисплей). Також пристрій обробки даних повинен володіти властивістю зберігання та накопичення інформації для можливості встановлення на нього спеціального програмного забезпечення та отримання можливості перегляду історії вхідних оброблюваних даних засобом моніторингу фізіологічного стану. У ланцюгу між процесом передачі даних від датчика до пристрою обробки даних можливо застосувати радіоканал (наприклад, стандарт специфікації IEEE 802.15.1), для мінімізації самого засобу моніторингу.

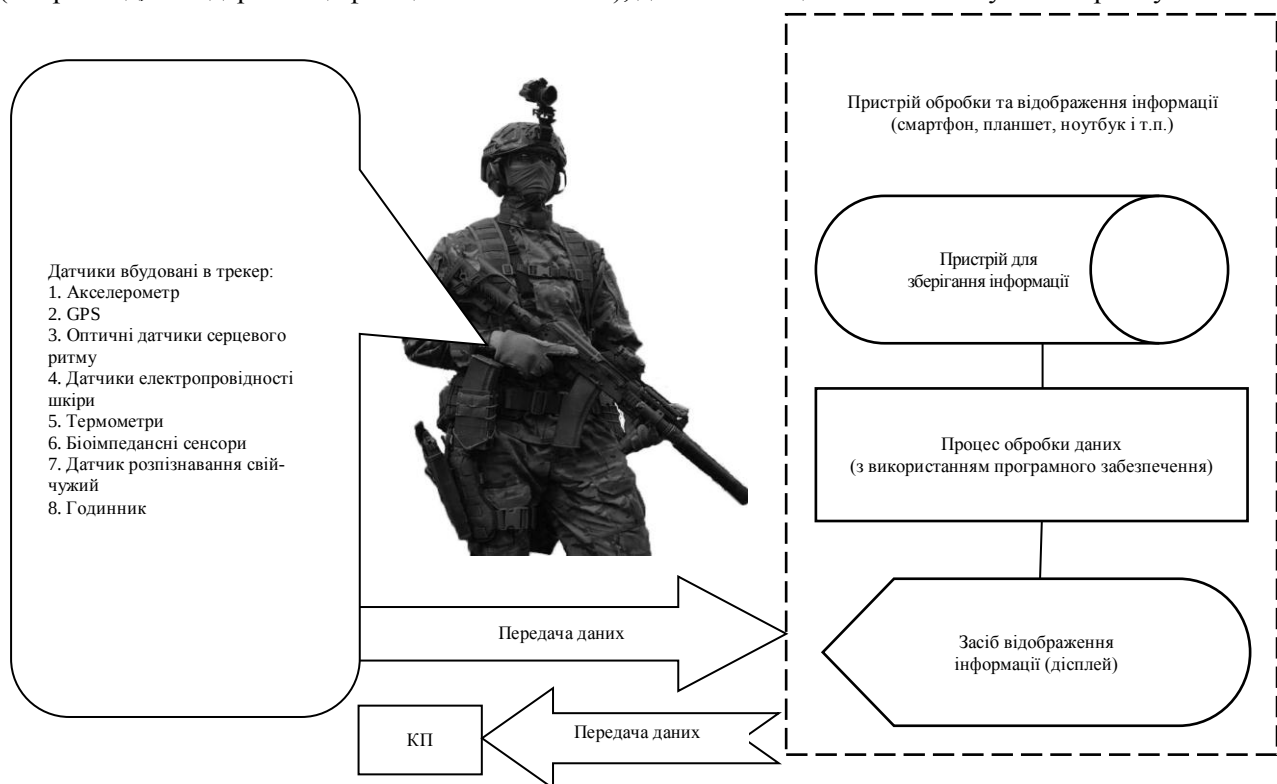


Рис. 3. Блок-схема засобів моніторингу фізіологічного стану

Також сформовані дані, які передаються до пристрою обробки та на ньому пройшли цей процес, повинні передаватись до головного пристрою (на старшого начальника, санінструктора), але для забезпечення безпеки військовослужбовця не повинно бути можливість визначити його місцезнаходження по радіоперехопленні і пеленгації, які може застосувати противник, також не повинно бути спотворення сигналу в результаті діяльності радіочастот, які можуть випромінюватись як від засобів РЕБ противника, так і додаткові радіонаведення від техніки та озброєння своїх військ.

Проблеми. З усіма перевагами трекери не позбавлені своїх недоліків. Одна з них пов'язана з точністю вимірювань. Якщо порівняти, наприклад, отримані дані сучасних трекерів і стандартного вимірювача кроків, то точність результатів останнього завжди буде вище. Про те, що результати

хибні, можна здогадатися також зіставивши результати двох різних браслетів – швидше за все вони будуть відрізнятися. У спеціально влаштованих випробуваннях (активність за 20 днів) з'ясувалося, що показання браслетів серйозно відрізняються – в середньому показники відрізнялися на 20 %. Крім того, багато питань викликає так званий трекінг сну. Він також ґрунтується на фізичній активності – пристрій (якщо ви не забудете перевести його в режим сну) сприймає вас у стані сну, в разі відсутності рухів. Багато користувачів відзначили, що браслети нерідко помиляються в своїх оцінках, в тому числі і з приводу трактувань фаз сну: власники, наприклад, інколи дивуються з того, що пристрій показує їм несподівані інтервали неспання уві сні.

Висновки

Розробка та впровадження засобів моніторингу фізіологічного стану в системі комплексу бойового екіпірування військовослужбовця збройних сил, дозволить реалізувати деякі вимоги закладені в Концепції створення комплексу бойового екіпірування військовослужбовця ЗСУ, а саме забезпечення моніторингу фізіологічного стану військовослужбовців, автоматизоване оповіщення та розроблення даних для надання невідкладної медичної допомоги за різних життєвих ситуацій, які можуть трапитись під час виконання завдань за призначенням, будь то несення служби в добовому наряді, патрулювання та охорона об'єктів, виконання бойових завдань. Засіб моніторингу фізіологічного стану військовослужбовця повинен виконувати такі функції:

- визначити рівень активності, навантаження військовослужбовця;
- визначати частоту серцевого ритму;
- визначати кількість зроблених кроків, або пройденої відстані;
- визначати та передавати координати місцеположення військовослужбовця використовуючи технологію GPS;
- передавати інформацію з усіх датчиків на пристрій обробки даних, для узагальнення та відображення в зрозумілій формі;
- визначати перехід військовослужбовця в стадію сну;
- здатність подачі сигналу тривоги, (наявність тривожної кнопки) для повідомлення про небезпеку, або поранення військовослужбовця.

Перспективи подальших досліджень

Подальше дослідження можливе у разі затвердження робіт, щодо розроблення пристроїв моніторингу фізіологічного стану та виглядіння додаткових коштів на оплати праці залучених додатково фахівців в питанні розробки спеціального програмного забезпечення, комплектуванні та збиранні даного пристрою.

Список використаних джерел

1. Концепція створення комплексу бойового екіпірування військовослужбовців Збройних Сил України, затверджено наказом Міністра оборони України від 10.12.2014 № 876.
2. Минобороны приобретёт браслеты Стрелец-часовой на 400 млн. рублей – Режим доступу: <https://topwar.ru/100062-minoborony-rossii-priobretet-braslety-strelec-chasovoy-na-400-millionov-rubley.html>
3. Усовершенствованный комплекс Стрелец-Часовой – Режим доступу: <http://www.interpolitex.ru/media/news/novosti-vystavki/usovershenstvovannyi-kompleks-strelets-chasovoy/>
4. Новейшие технологии для экипировки солдат – Режим доступу : <http://army-news.ru/2011/09/novejshie-texnologii-dlya-ekipirovki-soldat/>
5. Вільям Френсіс Ганонг (2002). Фізіологія людини (Українська). (Наук.ред.перекладу: М.Гжегоцький, В.Шевчук, О.Заячківська). Львів: БаК. с. 397-412. ISBN 966-7065-38-3.

6. *Сенсоры и датчики в фитнес-браслетах и умных часах: как это работает?* – Режим доступа: <http://medgadgets.ru/obzory/sensory-i-datchiki-v-fitness-brasletax-i-umnyx-chasax-kak-eto-rabotaet.html>

7. *Датчики и сенсоры современных мобильных устройств* – Режим доступа: <https://infocity.az/2013/07датчики-и-сенсоры/>

8. *Ультимативный гид по гаджетам для спорта* – Режим доступа: <http://www.furfur.me/furfur/culture/culture/178043-ultimativnyy-gid-po-gadzheta-dlya-sporta>

Рецензент: Гончарук А.А., к.т.н., с.н.с., Військова академія (м. Одеса)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В КОМПЛЕКСЕ БОЕВОЙ ЭКИПИРОВКИ ВОЕННОСЛУЖАЩЕГО

В.О. Дидык

В статье проанализировано существующие средства мониторинга физиологического состояния, которые используются в комплексе боевой экипировки военнослужащих разных армий мира, предложено основные функции, которые должны выполняться средствами мониторинга физиологического состояния военнослужащего Вооружённых Сил Украины.

Ключевые слова: мониторинг физиологического состояния, комплект боевой экипировки, трэкер.

USE OF PHYSIOLOGICAL STATUS MONITORING MEANS WITHIN COMBAT OUTFIT SET

V. Didyk

The article provides analysis of the available means of physiological status monitoring which are used in combat equipment of various armies» soldiers; it suggests the main features that should be included in the means of monitoring the physiological state of Ukrainian Armed Forces soldier.

Keywords: physiological status monitoring, set of combat equipment, tracker.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Абрамов С.В.	110	Парталян А.С.	92
Водчиць О.Г.	11	Поповіченко О.В.	35
Волобуєв А.П.	18	Прижбило Т.В.	84
Головенський В.В.	31	Радімушкін В.Б.	64
Гончарук А.А.	64	Рижов Є.В.	5
Дем'янчук Б.О.	26	Саснко І.В.	84
Дідик В.О.	143	Сакович Л.М.	5
Добровольський Ю.Б.	99	Семененко Л.М.	11,
Дяченко В.І.	78	Семененко О.М.	11, 99, 134
Єльчанінов О.Д.	54	Сеченєв О.М.	134
Єфіменко А.Є.	84	Симоненков В.М.	70
Єфимчиков О.М.	54	Симоненкова І.В.	70, 117
Кобзар М.О.	127	Скачков В.В.	54
Ковалішин С.С.	41, 117	Смоляний М.В.	78
Козачук В.Л.	35	Тарасов О.В.	134
Колчін Р.В.	11	Тімков В.Ф.	54
Коркін О.Ю.	99	Ткаченко В.В.	92
Кравчук О.І.	117	Халтурин Р.В.	41
Лісовенко В.Д.	31	Харченко В.П.	35
Малиш А.Г.	99	Ходич О.В.	5
Маханьков В.А.	26	Чепкій В.В.	54
Мінасов В.С.	78	Шевцов М.М.	50
Монахов Ю.К.	117	Шишанов М.О.	50
Обертас В.Ф.	26	Шлапак В.О.	64
Оленєв В.М.	64	Яковлев М.Ю.	5
Орда М.В.	110		

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

АБРАМОВ
Станіслав Вікторович

Ад'юнкт кафедри розвідки командно-штабного інституту застосування військ (сил), Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ, Україна

ВОДЧИЦЬ
Олексій Григорович

Начальник кафедри військової підготовки, кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ВОЛОБУЄВ
Анатолій Петрович

Начальник науково-дослідного відділу, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна

ГОЛОВЕНСЬКИЙ
Володимир Васильович

Начальник Кременчуцького льотного коледжу, Національний авіаційний університет, м. Кременчук, Україна

ГОНЧАРУК
Антон Антонович

Начальник науково-дослідної лабораторії (бойового екіпірування) кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Військова академія (м. Одеса), Україна

ДЕМ'ЯНЧУК
Борис Олександрович

Начальник кафедри автотехнічного забезпечення, доктор технічних наук, доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна

ДІДИК
Валентин Олександрович

Науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (бойового екіпірування), Військова академія (м. Одеса), Україна

ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ
Андрій Борисович

Заступник начальника кафедри військової підготовки, кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет м. Київ, Україна

ДЯЧЕНКО
Володимир Іванович

Заступник начальника факультету підготовки спеціалістів високомобільних десантних військ, Військова академія (м. Одеса), Україна

ЄЛЬЧАНІНОВ
Олександр Дмитрович

Доцент кафедри фундаментальних дисциплін, кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, Україна

ЄФІМЕНКО
Анатолій Євгенович

Доцент кафедри гуманітарних та соціально-економічних дисциплін, кандидат військових наук, доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна

ЄФИМЧИКОВ
Олександр Миколайович

Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), кандидат технічних наук, доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна

КОБЗАР
Марина Олександрівна

Програміст відділення програмування інформаційно-обчислювального центру Військової академії (м. Одеса), Україна

КОВАЛІШИН
Сергій Семенович

Начальник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), Військова академія (м. Одеса), Україна

КОЗАЧУК
В'ячеслав Леонідович

Провідний науковий співробітник, кандидат військових наук, старший науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна

КОЗЛОВ
Вадим Геннадійович

Старший науковий співробітник, кандидат технічних наук, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України м. Київ, Україна

КОЛЧИН
Руслан Вікторович

Старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), кандидат технічних наук, Військова академія (м. Одеса), Україна

КОРКІН
Олександр Юрійович

Старший помічник начальника науково-організаційного відділення, Військова академія (м. Одеса), Україна

- КРАВЧУК**
Олег Іванович
ЛІСОВЕНКО
Валентин Дмитрович
МАЛИШ
Андрій Григорович
МАХАНЬКОВ
Віктор Анатолійович
МІНАСОВ
Володимир Самсонович
МОНАХОВ
Юрій Костянтинович
ОБЕРТАС
Вячеслав Федорович
ОЛЕНЄВ
Володимир Миколайович
ПАРТАЛЯН
Андрій Сергійович
ОРДА
Михайло Володимирович
ПОПОВІЧЕНКО
Олександр Вікторович
ПРИЖБИЛО
Тарас Віталійович
РАДІМУШКІН
Володимир Борисович
РИЖОВ
Євген Вікторович
САЄНКО
Ірина Валентинівна
САКОВИЧ
Лев Миколайович
- Заступник начальника Військової академії (м. Одеса) з наукової роботи, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Військова академія (м. Одеса), Україна*
Завідувач практиками, кандидат технічних наук, доцент, Кременчуцький льотний коледж Національного авіаційного університету, м. Кременчук, Україна
Викладач кафедри військової підготовки, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна
Старший викладач кафедри автомобільного забезпечення Військова академія (м. Одеса), Україна
Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку та застосування частин і підрозділів високомобільних десантних військ), кандидат військових наук, професор, Військова академія (м. Одеса), Україна
Науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), кандидат технічних наук, Військова академія (м. Одеса), Україна
Викладач кафедри автотехнічного забезпечення, Військова академія (м. Одеса), Україна
Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (бойового екіпірування), кандидат військових наук, професор, Військова академія (м. Одеса), Україна
Заступник начальника відділу екологічної безпеки та цивільного захисту Управління екологічної безпеки та протимінної діяльності Міністерства оборони України, м. Київ, Україна
Начальник науково-дослідної лабораторії кафедри розвідки, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ, Україна
Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку та застосування частин і підрозділів високомобільних десантних військ), кандидат військових наук, доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна
Викладач кафедри гуманітарних та соціально-економічних дисциплін, Військова академія (м. Одеса), Україна
Молодий науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку та застосування частин і підрозділів високомобільних десантних військ), Військова академія (м. Одеса), Україна
Старший науковий співробітник Наукового центру Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ, кандидат технічних наук, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна
Старший викладач кафедри гуманітарних та соціально-економічних дисциплін, кандидат політичних наук, Військова академія (м. Одеса), Україна
Професор кафедри теоретичних основ експлуатації засобів спеціальних інформаційно-телекомунікаційних систем, кандидат технічних наук, доцент, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, м. Київ, Україна

СЕМЕНЕНКО <i>Лілія Миколаївна</i>	<i>Викладач кафедри іноземних мов, Національний університет оборони України ім. Івана Черняховського, м. Київ, Україна</i>
СЕМЕНЕНКО <i>Олег Михайлович</i>	<i>Докторант, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут ЗС України, м. Київ, Україна</i>
СЄЧЕНЄВ <i>Олександр Матвійович</i>	<i>Старший викладач кафедри військової підготовки, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна</i>
СИМОНЕНКОВ <i>Володимир Миколайович</i>	<i>Старший науковий співробітник, науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна</i>
СИМОНЕНКОВА <i>Інна Володимирівна</i>	<i>Науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), Військова академія (м. Одеса), Україна</i>
СМОЛЯНИЙ <i>Микола Васильович</i>	<i>Науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку та застосування частин і підрозділів високомобільних десантних військ), Військова академія (м. Одеса), Україна</i>
СКАЧКОВ <i>Валерій Вікторович</i>	<i>Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), доктор технічних наук, професор, Військова академія (м. Одеса), Україна</i>
ТАРАСОВ <i>Олег Валентинович</i>	<i>Викладач кафедри військової підготовки, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна</i>
ТИМКОВ <i>Валерій Федорович</i>	<i>Керівник служби Головного ситуаційного центру Апарата ради національної безпеки та оборони, кандидат технічних наук, доцент, м. Київ, Україна</i>
ТКАЧЕНКО <i>Василь Володимирович</i>	<i>Начальник науково-дослідного відділу Радіаційного хімічного та бактеріологічного захисту та екологічної безпеки, Науково-дослідний центр «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна</i>
ХАЛТУРІН <i>Рувім Васильович</i>	<i>Науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), Військова академія (м. Одеса), Україна</i>
ХАРЧЕНКО <i>Василь Петрович</i>	<i>Провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна</i>
ХОДИЧ <i>Олексій Валерійович</i>	<i>Аспірант кафедри Теоретичних основ експлуатації засобів спеціальних інформаційно-телекомунікаційних систем, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна</i>
ЧЕПКІЙ <i>Віктор Васильович</i>	<i>Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), кандидат технічних наук, доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна</i>
ШЕВЦОВ <i>Микола Миколайович</i>	<i>Начальник Озброєння Збройних Сил України, Озброєння Збройних Сил України, м. Київ, Україна</i>
ШИШАНОВ <i>Микола Олексійович</i>	<i>Провідний науковий співробітник, доктор технічних наук, професор, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна</i>
ШЛАПАК <i>Володимир Олександрович</i>	<i>Старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (бойового екіпірування), кандидат фізико-математичних наук, доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна</i>
ЯКОВЛЕВ <i>Максим Юрійович</i>	<i>Заступник начальника Наукового центру Сухопутних військ з наукової роботи, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна</i>

Наукове видання

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ВІЙСЬКОВОЇ АКАДЕМІЇ (м. ОДЕСА)**

Випуск 1(7) 2017

Редактори:

Попович В.І., Кравчук О.І.

Дизайн обкладинки:

Ушаков О.Є.

Адреса: 65009, м. Одеса, вул. Фонтанська дорога, 10, Військова академія (м. Одеса)

Тел.: (0482) 63-76-60, дод. 1-15

E-mail: zbirnyk.vaodesa@ukr.net

*Надруковано з готового оригінал-макета
у друкарні Військової академії (м. Одеса)*

Підписано до друку 28.08.2017 р.

Формат 297х420/2. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Авт.арк. – 7. Обл.вид.арк. – 7,01. Друк.арк. – 77. Ум.друк.арк. – 17,71.

Замовлення № 306 РВВ ВА 2017. Наклад 100 прим.

65009, м. Одеса, вул. Фонтанська дорога, 10

Військова академія (м. Одеса)

www.vaodessa.org.ua