

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

Заснований у 2014 році

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ Військової академії (м. Одеса)



Технічні науки

Рекомендовано до друку та поширення
через мережу Інтернет Вченою радою
Військової академії (м. Одеса)
(Протокол від 23.12.2015 № 4)

Одеса
Видавництво Військової академії
2015

Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – Одеса : ВА, 2015. – Вип. 2(4). – 160 с.

У збірнику наукових праць друкуються статті, спрямовані на висвітлення актуальних та дискусійних технічних проблем. Призначений для керівного складу, наукових та 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

Засновник:

Військова академія (м. Одеса)

Адреса редакції:

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

E-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)*63-83-64,
тел. моб. (093)*769-80-29

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

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. (ОДЕКУ, м. Одеса)

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

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

Ярош С.П., д.військ.н., доц. (ХУПС, 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)

Сергєєв 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

НАШІ ЮВІЛЯРИ	5
--------------------	---

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

В.І. Грабчак, С.В. Бондаренко, С.В. Стеців Дослідження методів апроксимації табличних даних функції лобового опору повітря руху снарядів	7
О.В. Лисий Моделювання експлуатаційних показників рівня технічного стану автопоїзда	18
О.П. Сакно, О.В. Лисий, В.А. Маханьков, Д.І. Муженко, А.І. Подимський, Р.Л. Пришляк До питання кваліметрична оцінка технічного рівня стану автопоїздів	24
О.М. Семененко, В.Л. Іванов, Р.В. Колчін, О.І. Зарицький Методика обґрунтування граничних обсягів оновлення зразків озброєння та військової техніки одного типу	34
М.В. Орда, С.В. Абрамов Вдосконалення розвідувального циклу безпілотного авіаційного комплексу за допомогою автоматизованої підсистеми виявлення площадних об'єктів	40
О.В. Кобзар, С.В. Мазовська Дослідження окремих питань висвітлення надводних та підводних об'єктів за демаскуючими ознаками цих об'єктів	49
А.Ф. Барковский, О.В. Поповіченко. Огневе протиборство засобів ближнього бою	57
А.В. Якимечко, Б.О. Дем'янчук Адекватна модель процесу зменшення ресурсу військової автомобільної техніки протягом її експлуатації	62
С.О. Нікул Формування структури властивостей перспективного зразка озброєння	66
О.С. Петрученко Щодо вивчення взаємодії кулі чи осколка снаряда з перешкодою	74
Ю.М. Черевко Моделювання роботи ремонтно-евакуаційної машини при евакуації застряглої техніки	82
Ю.А. Чаган Динаміка та стійкість руху колісних транспортних засобів із неконсервативною характеристикою системи підресорювання	93

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК В СУЧАСНИХ УМОВАХ

В.Т. Беліков, С.С. Ковалішин Якісно-чисельний підхід до вибору тяглових рушіїв дистанційно керованих вантажних платформ військового призначення	99
О.П. Григор'єв, В.К. Набок, О.І. Кравчук Роботизація як шлях посилення живучості органів матеріально-технічного забезпечення військових частин	104

ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

О.М. Семененко., А.Є. Єфіменко, Ю.Б. Добровольський, Б.А. НазаренкоОсновні аспекти формування економіко-математичної моделі оцінювання рівня боєздатності
військового формування за показниками його фінансового забезпечення 108**О.М. Семененко, О.Г. Водчиць, О.Ю. Коркін, О.С. Паюк**Математична модель обґрунтування рішення щодо розвідки результатів радіоелектронно-
вогневого удару по об'єктам противника 114**Ю.І. Адамов, В.Б. Радімушкін, В.С. Мінасов**Аналіз метрологічного забезпечення проведення підготовки та здійснення десантування
підрозділів високомобільних десантних військ 120**І.М. Милашенко, Д.А. Бухал, О.Ю. Коркін**Методичний підхід до визначення технологічної зрілості іт-компанії у сфері розроблення
автоматизованих систем управління військами (силами) 128**D. Bukhal, O. Korkin**

Definition of reconnaissance signs of tactical radio communications systems 134

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ І СТАНОВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРОФЕСІОНАЛА

І.В. Симоненкова, В.М. Симоненков, М.О. КобзарВикористання технологій віртуалізації як основи побудови та впровадження перспективної
інформаційної інфраструктури вищих військових навчальних закладів 139**В.В. Чепкій, В.В. Скачков, О.М. Єфимчиков, С.Л. Волков**Моделі організації та розвитку пізнавальної самостійності курсантів в умовах подвійної
парадигми вищої військової освіти 147

НАШІ ЮВІЛЯРИ

ПОПОВІЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ

(до 60-ти річчя з дня народження)



Олександр Вікторович Поповіченко народився 04 листопада 1955 року у м. Єгор'євську Московської обл. в родині військовослужбовця. Батько був військовим авіаційним інженером у прикордонних військах, а мати працювала на посадах службовців у структурних підрозділах Міністерства внутрішніх справ.

Військову службу Олександр Вікторович розпочав з 1972 року в Одеському вищому командному артилерійському училищі (далі – Одеське ВАКУ), яке закінчив у 1976 році з відзнакою та золотою медаллю. Після присвоєння

первинного офіцерського звання отримав призначення в артилерійський полк Групи радянських військ у Німеччині, де проходив службу на посадах старшого офіцера батареї та командира батареї.

З 1981 по 1985 роки проходив службу у Забайкальському військовому окрузі в м. Кяхта Бурятської АРСР на посадах начальника штабу та командира артилерійського дивізіону. За час проходження служби з підпорядкованим дивізіоном неодноразово брав участь у змаганнях ствольних дивізіонів округу з бойовою стрільбою, на яких чотири роки поспіль отримував тільки перше місце, за що був нагороджений медаллю «За бойові заслуги».

В 1985 році вступив на оперативно-тактичний командно-штабний факультет Військової артилерійської академії, у теперішньому м. Санкт-Петербург, яку закінчив з відзнакою у 1988 році.

Активну наукову діяльність О.В. Поповіченко розпочав у 1988 році в ад'юнктурі Військової артилерійської академії (м. Санкт-Петербург), до якої вступив за пропозицією керівництва кафедри Управління ракетними ударами, ударами і вогнем артилерії. В ході дисертаційних досліджень за спеціальною темою займався питаннями видимості в атмосфері, протидії оптико-електронним приладам розвідки та наведення високоточної зброї, застосування димових, аерозолеутворюючих та освітлювальних боєприпасів. Першим значимим науковим здобутком Олександра Вікторовича стало включення до Правил стрільби і управління вогнем порядку та теоретичного обґрунтування застосування димових та освітлювальних боєприпасів наземної артилерії.

Після закінчення ад'юнктури в 1991 році продовжив науково-педагогічну діяльність на кафедрі Стрільби і управління вогнем Одеського ВАКУ, а в подальшому – Одеського інституту Сухопутних військ (далі – Одеський ІСВ) на посадах викладача, старшого викладача та керівника курсового колективу.

13 лютого 1992 року успішно захистив дисертацію за спеціальною темою на здобуття наукового ступеня кандидата військових наук у Спеціалізованій докторській раді Військової артилерійської академії м. Санкт-Петербург.

З 1995 року був призначений на посаду заступника начальника артилерійського факультету Одеського ІСВ, на якій до 1997 року виконував обов'язки начальника артилерійського факультету. 25 березня 1997 року присвоєно вчене звання доцента кафедри стрільби артилерії.

В 1997 після проведення крайнього випуску офіцерів-артилеристів в Одесі за пропозицією командувача РВіА Збройних Сил України був призначений та до 1999 року включно проходив

службу на посаді першого заступника начальника Військового інституту артилерії при Сумському державному університеті з навчальної та наукової роботи.

В 1999 році повернувся до Одеського ІСВ, де продовжив наукову і науково-технічну діяльність на посадах керівного складу. 3 грудня 2006 року очолив Науковий центр бойового застосування Сухопутних військ, а з листопада 2009 року – заступник начальника Військового інституту Одеського національного політехнічного університету з наукової роботи.

Поповіченко О.В. взяв активну та дієву участь у збереженні та розвитку вищого військового навчального закладу в м. Одеса та збереження його наукового потенціалу. Саме завдяки його активній діяльності, розрахункам та обґрунтуванню у скрутний період реорганізації системи військової освіти і науки вдалося довести необхідність збереження цілісного майнового комплексу для військового інституту та наукового центру на території, яку зараз займає Військова академія (м. Одеса).

У листопаді 2010 року звільнений у запас за віком. За 38 років служби у збройних силах (19 років у колишньому СРСР та 19 років у Збройних Силах України) пройшов три напрямки діяльності: в командному напрямку – від курсанта військового училища до командира артилерійського дивізіону; в освітньому напрямку – від викладача кафедри до першого заступника начальника військового інституту з навчальної та наукової роботи; в науковому напрямку – від ад'юнкта, старшого наукового співробітника до начальника Наукового центру виду Збройних Сил України та заступника начальника інституту з наукової роботи.

На сьогодні О.В. Поповіченко веде активну наукову і науково-технічну діяльність на посаді провідного наукового співробітника науково-дослідної лабораторії факультету підготовки спеціалістів Високомобільних десантних військ Військової академії (м. Одеса). За 43 роки своєї наукової та науково-педагогічної діяльності Олександр Вікторович має більше 90 наукових праць і видань, у т.ч. 23 патенти на винаходи та секретні корисні моделі, які розроблено самостійно та у складі творчих колективів, надруковано 67 наукових праць, у тому числі й у міжнародних виданнях. Є автором оригінальної методики розрахунку та розподілу бюджету часу на наукову і науково-технічну діяльність наукових підрозділів Збройних Сил України загалом та виконання науково-дослідних робіт і заходів наукового супроводження зокрема. Веде активну роботу щодо розповсюдження та втілення у наукову роботу й освітній процес академії новітніх досягнень науки та інноваційних технологій.

За досягнення у науковій і науково-технічній діяльності та активну роботу щодо впровадження результатів наукових досліджень і розробок неодноразово заохочувався Міністром оборони та начальником Генерального штабу – Головнокомандувачем Збройних Сил України, командувачем Сухопутних військ та начальником академії.

Керівництво Військової академії (м. Одеса), друзі та колеги щиро вітають Олександра Вікторовича Поповіченка з ювілеєм, бажають йому доброго здоров'я та подальших успіхів у науковій і науково-технічній діяльності, а також залишатися на довгі роки таким же активним і життєрадісним.

Редакційна колегія «Збірника наукових праць Військової академії (м. Одеса)» приєднується до цих побажань.

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

УДК 623.546

В.І. Грабчак, к.т.н., с.н.с.

С.В. Бондаренко

С.В. Стеців

Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АПРОКСИМАЦІЇ ТАБЛИЧНИХ ДАНИХ ФУНКЦІЇ ЛОБОВОГО ОПОРУ ПОВІТРЯ РУХУ СНАРЯДІВ

В статті аналізуються наявні підходи щодо представлення еталонних та індивідуальних функцій сили опору, функцій опору еталонних форм снарядів, розглядаються проблемні питання їх реалізації. Проводиться аналіз перспективних підходів щодо апроксимації табличних даних опору повітря аналітичними функціями, обґрунтовується питання необхідності підвищення точності та оперативності розрахунку траєкторій польоту снаряда з використанням аналітичних функцій опору повітря, визначаються перспективні напрямки їх розвитку.

Ключові слова: лобовий опір повітря, апроксимація, табличні дані, еталонні та індивідуальні функції опору, еталонні форми снарядів.

Вступ

Постановка проблеми в загальному вигляді та аналіз літератури. Важливим прикладним завданням підвищення ефективності застосування артилерії є розробка наукової методики складання таблиць стрільби, від точності складання яких суттєво залежить ефективність стрільби артилерії [1, 2]. При складанні Таблиць стрільби (ТС) для снарядів, що розробляються (модернізуються), значна увага приділяється питанням дослідження та визначення сили опору повітря руху снарядів як важливому фактору, що визначає траєкторію та характер руху снаряда в атмосфері [1, 3, 4]. Для розрахунку ТС необхідно багаторазово вирішувати (інтегрувати) систему диференціальних рівнянь просторового руху снарядів (СДРПС) при заданих початкових умовах стрільби на електронних цифрових обчислювальних машинах (ЕЦОМ) [1, 5]. Крім того, для визначення установок прицільних засобів для ведення стрільби в артилерійських підрозділах все більше знаходять застосування балістичні обчислювачі (мобільні ЕЦОМ), математичне підґрунтя яких складають балістичні «інтегруючі» алгоритми розрахунку установок, на основі рішення оберненої задачі зовнішньої балістики. Основними вимогами, які висуваються до балістичних алгоритмів, є: мінімальний обсяг інформації, що вводиться та зберігається в балістичному обчислювачі, його висока швидкість та точність розрахунку установок для стрільби [1].

Наявні підходи щодо розрахунку опору повітря охоплюють весь спектр від натурних випробувань (метод стрільб), випробувань моделей снарядів в аеродинамічних трубах до кінцево-різницевого схем чисельного рішення рівнянь з частковими похідними (рис. 1) [1, 4, 6, 7].

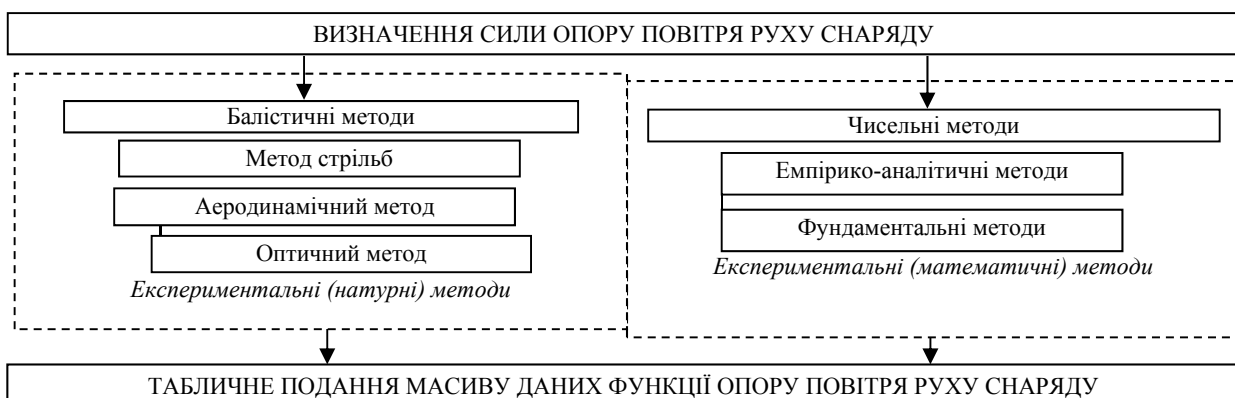


Рис. 1 – Класифікація методів визначення сили опору повітря руху снаряду

В результаті проведення натурних чи математичних експериментів отримуються значення функції опору повітря у вигляді, як правило, дискретної (табличної) залежності. Особливість інтегрування СДРПРС полягає в тому, що функції опору, які задані в табличній формі, не мають простого аналітичного виду. Це призводить до необхідності запам'ятовувати увесь обсяг числової інформації значень функції опору; реальні значення швидкостей в більшості випадків не збігаються з дискретними значеннями табличних величин, які «запам'ятала» ЕЦОМ, це вимагає застосовувати методи інтерполяції, що не відповідає потрібній точності та швидкості рішення СДРПРС.

Метою статті є дослідження наявних підходів щодо представлення функцій опору повітря для розрахунку ТС артилерійських систем та визначення установок для ведення стрільби в артилерійських підрозділах за допомогою «балістичних калькуляторів», аналіз проблемних питань їх реалізації.

Основна частина

1. Аналіз підходів до представлення функцій опору повітря руху снарядів. Встановлено, що функції сили лобового опору повітря для снарядів різної форми мають приблизно подібний характер, в цьому випадку графік функції $c_X(M)$ визначають не для кожного снаряда, а для будь-якого одного снаряда, форма якого прийнята за еталон чи визначають усереднену функцію $c_X(M)$ для групи снарядів. Отриману таким чином функцію $c_X(M)$ називають еталонною функцією опору повітря руху снарядів [1, 9].

Для снарядів іншої форми графік функції опору виражають через еталонну функцію за допомогою коефіцієнта форми снаряда [1, 9, 10]

$$c_X = i c_{X_{\text{эт}}} , \quad (1)$$

де i – коефіцієнт форми снаряда; $c_{X_{\text{эт}}}$ – еталонна функція опору повітря.

При дослідженнях теоретичного і практичного характеру елементів траєкторії польоту снаряда, крім еталонної функції знаходять застосування функції $F(v)$ і $G(v)$, значення яких визначається через функцію $c_X(M)$ та мають вираз [1, 9, 10]

$$F(v) = \frac{\pi P_{ON}}{8 \cdot 10^3} v^2 c_{X_{\text{эт}}}(M) = 4,74 \cdot 10^{-4} v^2 c_{X_{\text{эт}}}(M) ; \quad (2)$$

$$G(v) = \frac{F(v)}{v} = 4,74 \cdot 10^{-4} v c_{X_{\text{эт}}}(M) , \quad (3)$$

де v – швидкість снаряду; P_{ON} – нормальне значення вагової щільності повітря; M – число Маха.

Як видно з формул (2, 3), значення функцій $F(v)$, $G(v)$ залежить насамперед від швидкості польоту снаряда, а також від співвідношення між швидкістю снаряда і швидкістю звуку в повітрі. Таблиці чи графіки функцій $c_X(M)$, $F(v)$, $G(v)$ складаються за результатами експериментальних досліджень та являють собою еталонні функції опору повітря.

Для відображення залежності сили опору повітря на основі експериментальних досліджень запропоновано декілька еталонних функцій опору, найбільш відомі з яких [1, 10, 11]: функції Маєвського-Забудського, Сіаччі, Демога, Гарньє-Дюпюї, функції 1930, 1943 та 1958 років (рис. 2), кожна з цих функцій визначає відповідні функції $F(v)$, $G(v)$, $c_X(M)$.

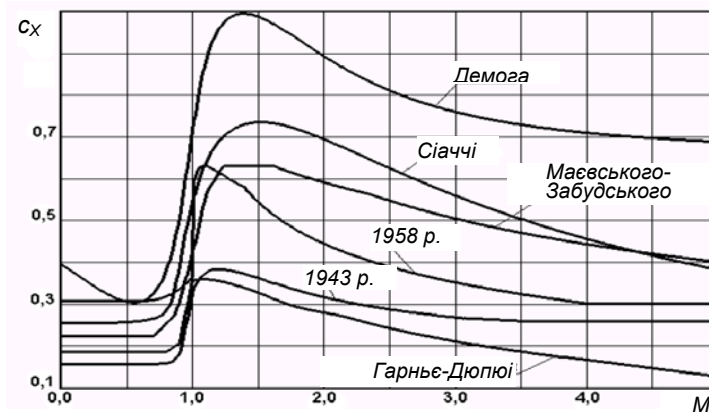


Рис. 2 – Графіки функцій опору повітря

В країнах НАТО широке розповсюдження отримали функції опору восьми типів еталонних форм снарядів, так звані снаряди типу G_{1-8} (табл. 1) [12].

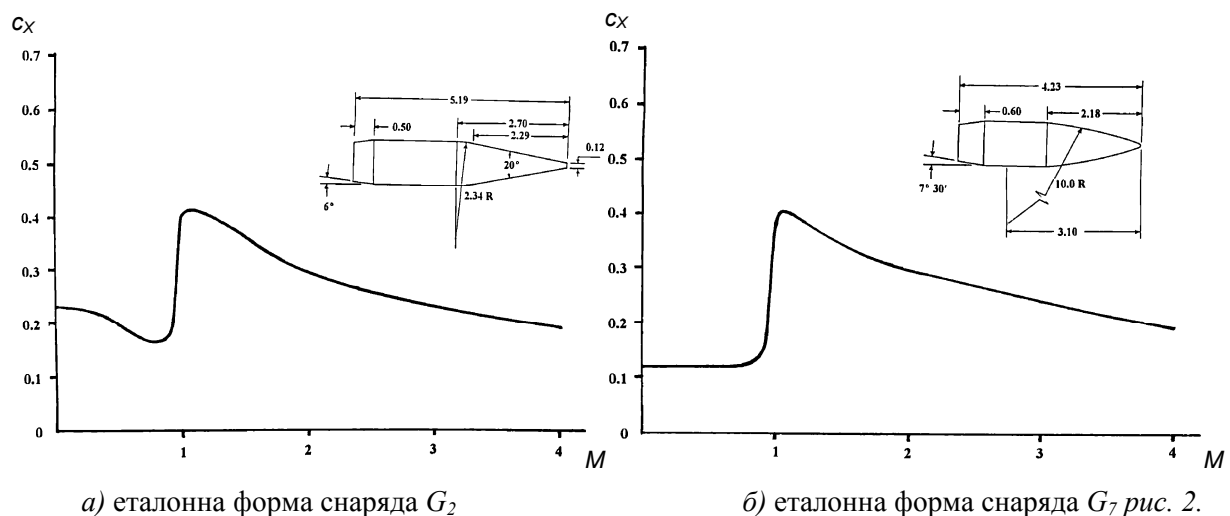
Таблиця 1

Еталонні форми снарядів G_{1-8}

Тип снаряду	Назва функції	Номер за класифікацією BRL*
1	G_1	N-1-50
2	G_2 , Rev 1	N-1-86
5	G_5 , Rev 1	N-1-79
6	G_6 , Rev 1	N-1-87
7	G_7 , Rev 2	N-1-119
8	G_8 , Rev 1	N-1-89

*BRL (Ballistic research laboratories) – балістична дослідна лабораторія.

Раніше подібний підхід був використаний при отриманні функції Гарньє-Дюпюї, яка відома також як функція 1930 року, оскільки ця функція була встановлена на підставі експериментів зі снарядом однієї форми – еталон снаряда Кухарда [11-14]. Тип 1 « G_1 » – снаряд старої форми, снаряд « G_2 » отримав найбільше розповсюдження та в деяких джерелах значиться як «*Tup J*», в подальшому з'явилась друга редакція « G_2 , Rev 2», але в процесі досліджень з'ясувалось, що перші значення були точнішими. Снаряди « G_3 », « G_4 » не отримали розповсюдження, тому їх значення далі дослідної лабораторії не пішли. Снаряд « G_7 » в 1952 році отримав другу редакцію функції опору повітря. На рис. 3 надані для прикладу графіки двох з таких еталонів форми – G_2 і G_7 .

а) еталонна форма снаряда G_2 б) еталонна форма снаряда G_7 рис. 2.Рис. 3 – Функції опору еталонних форм снарядів G_2 і G_7 (розміри надані у футах)

В подальшому з появою нових аеродинамічних труб, розвитком оптичних методів дослідження польоту снаряда та підвищенням швидкодії обчислювальних машин, від застосування еталонних функцій опору та функцій еталонних снарядів поступово відмовляються на користь індивідуальних функцій опору повітря для конкретних типів снарядів, що розробляються. Так, на рис. 4 наведений графік індивідуальної функції опору повітря для 203-мм артилерійського снаряду М106 (Сполучені Штати Америки) [15].

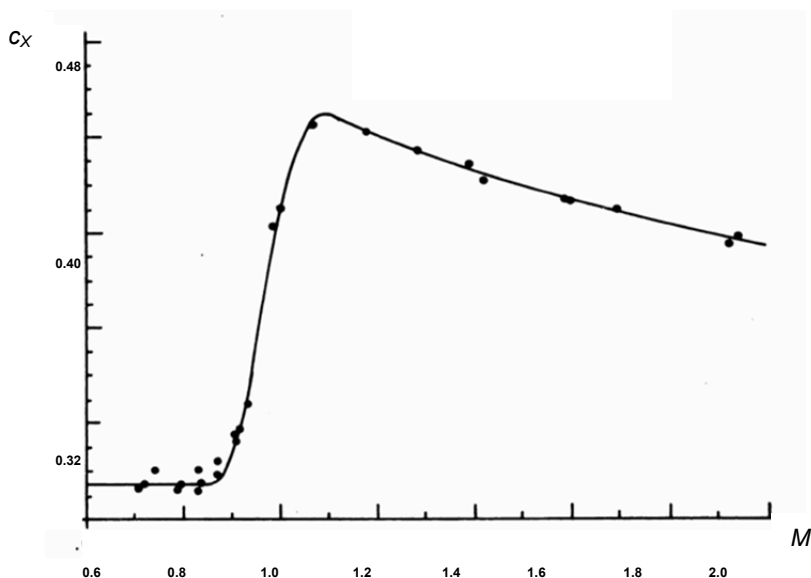


Рис. 4 – Індивідуальна функція опору повітря 203-мм снаряду М106

Таким чином, для представлення еталонних функцій опору найбільше розповсюдження отримали: функції Маєвського-Забудського, Сіаччі, Демога, Гарньє-Дюпюї, які надані у вигляді аналітичних залежностей; функції 1930, 1943 і 1958 років, функції еталонів форм снарядів, індивідуальних снарядів, що надані в табличній формі.

2. Аналіз методів представлення функцій опору повітря на основі апроксимації їх аналітичними функціями. Вперше еталонна функція опору була запропонована Маєвським та Забудським на основі обробки експериментальних даних, шляхом апроксимації сили опору повітря в інтервалі швидкостей від 0 до 1000 м/с, у вигляді степеневого одночлену [10-14]

$$F(v) = Bv^n, \quad (1)$$

де B , n – коефіцієнти.

Однак виявилося неможливим дати постійне значення B та n для всіх значень швидкостей. Тому весь діапазон швидкостей, що досліджувався, був розбитий на сім інтервалів, для кожного з яких були визначені значення B та n . Значення цих коефіцієнтів підбиралися з урахуванням інтенсивності зростання сили опору повітря на кожному інтервалі. Відмінність величин показника n для різних інтервалів швидкості польоту снаряда, свідчить про різний ступінь інтенсивності росту сили опору при збільшенні у різних діапазонах (табл. 2).

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів B і n функції Маєвського-Забудського для різних інтервалів швидкості польоту снаряда

$v, \text{ м/с}$	0-240	240-295	295-375	375-419	419-550	550-800	800-1000
n	2	3	5	3	2	1,70	1,55
B	$0,1079 \cdot 10^{-3}$	$0,449 \cdot 10^{-6}$	$0,516 \cdot 10^{-11}$	$0,724 \cdot 10^{-6}$	$0,3036 \cdot 10^{-3}$	$0,2016 \cdot 10^{-2}$	$0,5493 \cdot 10^{-2}$

Апроксимація сили опору повітря еталонною функцією (1) у вигляді степеневого одночлену з різними коефіцієнтами для семи діапазонів швидкості має певні недоліки:

- криві функції $F(v)$ на стиках ділянок мають точки зламу, тобто похідна функції $F(v)$ має розрив, що ускладнює практичне використання функції при розрахунках;
- незадовільна точність апроксимації, що значно впливає на точність розрахунку ТС;
- відтворює значення сили опору повітря для снарядів старої форми (загальна довжина в середньому 2-3 калібру, висота головної частини порядку 1 калібру з радіусом оживала порядку 1,5 калібру).

Відома апроксимація сили опору повітря руху снарядів емпіричним виразом Сіаччі [10-14]

$$F(v) = 0.2002v - 48.05\sqrt{(0.1648v - 47.95)^2 + 9.6} + \frac{0.0442v(v - 300)}{371 + \left(\frac{v}{200}\right)^{10}}, \quad (2)$$

не має точок зламу і, відповідно, розривів похідної, та відповідає головній умові – неперервності від швидкості польоту снаряда, але як і функція Маєвського встановлена на основі випробувань зі снарядами старої форми. Крім того, у форми кривої Сіаччі вкрай висока чутливість від значень параметрів, що входять в формулу, що значно обмежує можливості її практичного використання.

Демога на основі низки експериментів зі снарядами різного калібру також підібрав емпіричний вираз для сили опору повітря [11,14]

$$c_x(M) = \frac{8}{\pi} \left(0.255 + \frac{\sqrt[4]{1 + 0.0392 \left(\frac{v_1}{10}\right)^3}}{27266 + 494v_1^2} \arctg v_1 \right), \quad (3)$$

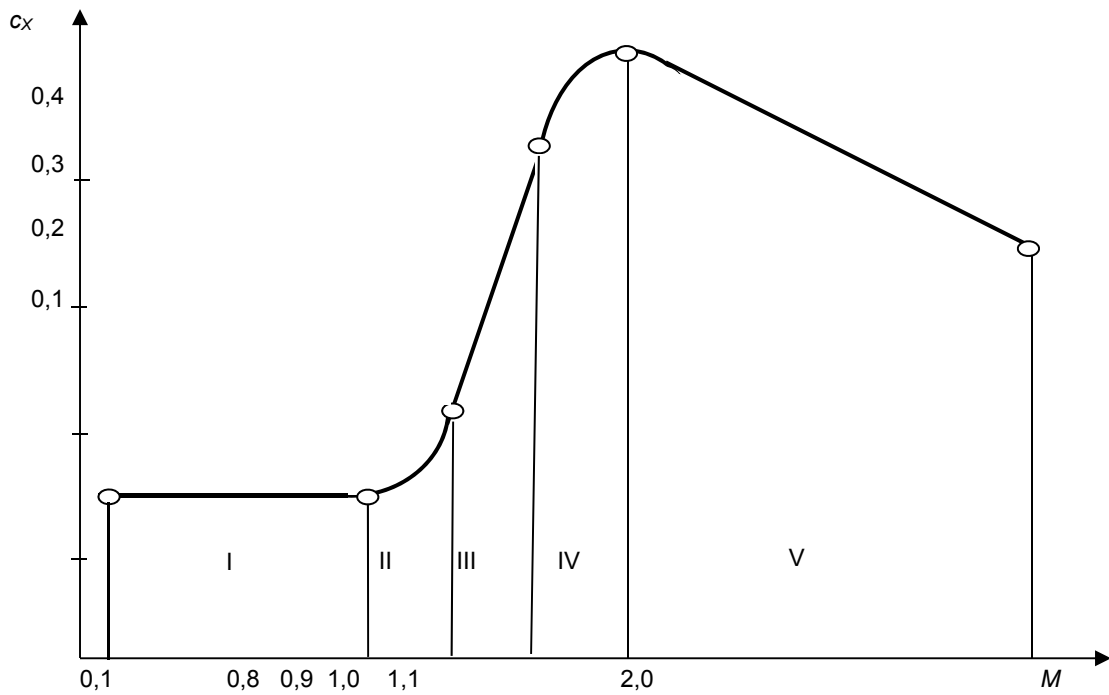
де $v_1 = \frac{v - 330}{50}$, а $\arctg$ виражається у хвилинах.

При невеликих значеннях швидкості функція Демога має локальний мінімум, що не відповідає експериментальним даним, тому вважається, що його можна застосовувати лише при швидкостях, більших за 200 м/с.

Існують і інші, менш відомі аналітичні апроксимації, зокрема функція Гарнье і Дюпої [11, 14], однак вона не отримала широкого розповсюдження.

3. Аналіз сучасних підходів до апроксимації функцій опору повітря заданих в табличній формі. Існуючі функції 1930, 1943 і 1958 років, функції еталонів форм снарядів, індивідуальних снарядів задані в табличній формі та не мають простого аналітичного виду. Для опису масивів даних функцій опору повітря використовуються апроксимації, які ґрунтуються на тому, що масив даних замінюють функцією, яка б з достатньою точністю відтворювала їх значення. Так, для отримання апроксимаційних залежностей масив даних наноситься на прямолінійну координатну сітку (рис. 5) і якщо похибки вихідних даних невеликі, то нанесені на координатну сітку точки, з'єднані ламаною або плавною лінією, дадуть уяву про характер залежностей між визначеними величинами. За видом графіка вибираються на ньому характерні ділянки. Після того, як приблизна форма кривої встановлена, залишається з'ясувати, графіку якої функціональної залежності в загальному вигляді вона відповідає.

Відповідно до вищезазначеного, для запису функції 1943 року існує декілька відомих апроксимацій, з яких одна розбита на 9 ділянок та має вигляд [8]:

Рис. 5 – Графік залежності $c_x = f(M)$

$$c_x(M) = \begin{cases} 0.157, M < 0.73; \\ 0.033M + 0.133, 0.73 \leq M < 0.82; \\ 0.161 + 3.9(M - 0.823)^2, 0.82 \leq M < 0.91; \\ 1.5M - 1.176, 0.91 \leq M < 1.00; \\ 0.384 - 1.6(M - 1.176)^2, 1.00 \leq M < 1.18; \\ 0.384 \sin(1.85M^{-1}), 1.18 \leq M < 1.62; \\ 0.29M^{-1} + 0.172, 1.62 \leq M < 3.06; \\ 0.301 - 0.011M, 3.06 \leq M < 3.53; \\ 0.259, M \geq 3.53. \end{cases} \quad (4)$$

Відповідно до (5), функція опору повітря $c_x(M)$ при малих швидкостях залишається величиною постійною. При швидкостях більше 250 м/с функція зростає, досягаючи максимуму при $v \cong 395$ м/с. З подальшим збільшенням швидкості c_x зменшується, при швидкості більш, ніж 1410 м/с залишається постійною.

В роботі [1] функція 1943 року апроксимована сімейством лінійних та квадратичних поліномів

$$c_x(M) = \begin{cases} 0.158, 0.1 \leq M \leq 0.8; \\ 0.137M^2 + 0.0865M + 0.000898, 0.8 \leq M \leq 0.9; \\ 1.35M - 1.025, 0.9 < M \leq 1.0; \\ -0.925M^2 + 2.335M - 1.085, 1.0 < M \leq 1.4; \\ -0.091M + 0.4993, 1.4 < M \leq 2.0. \end{cases} \quad (5)$$

Зі стрімким розвитком реактивних систем залпового вогню, протитанкових керованих ракет постала необхідність коригування функцій опору відповідно до нових форм снарядів, що призвело до прийняття функції опору 1958 року, що апроксимується наступним виразом [8].

$$c_x(M) = \begin{cases} 0.308, M < 0.61; \\ 0.505(M - 0.61)^{2.31} + 0.308, 0.61 \leq M < 1.00; \\ 0.4485(M - 1)^{0.505} \times \exp(-5.68(M - 1)) + 0.551, 1.00 \leq M < 1.40; \\ \frac{M}{0.356M^2 + 2.237M - 1.4}, 1.40 \leq M < 4.00; \\ 0.302, M \geq 4.00. \end{cases} \quad (6)$$

З потужним застосуванням спеціалізованих програм для математичних чисельних розрахунків (Eureka, Mathcad, MATLAB); новітніх програмних систем символічної математики чи комп'ютерної алгебри, серед яких найбільш відомі системи Mathcad, Mathematica, Maple та інші, які в своєму складі мають вбудовані стандартні апроксимаційні програми, були спроби застосовувати їх до апроксимації функцій опору. Так, в роботі [17] запропоновано шукати аналітичну залежність для різних ділянок – інтервалів швидкостей, використовуючи апроксимуючі можливості системи Mathcad. Для швидкостей польоту снаряда $v < 170$ м/с функція опору визначається відомою залежністю

$$F_1(v) = 0.7474 \cdot 10^{-4} v^2. \quad (7)$$

В інтервалі швидкостей від 170 до 2000 м/с весь інтервал розбитий на 4 характерні ділянки: $F_2(170 \leq v < 320)$; $F_3(320 \leq v < 400)$; $F_4(400 \leq v < 900)$ та $F_5(900 \leq v < 2000)$.

Апроксимуючі функції запропоновано знаходити у вигляді поліному

$$F_n(v) = s_0 v^{s_1} + s_2, \quad n = \overline{2, 5}. \quad (8)$$

Для отримання функції на ділянці $F_2(170 \leq v < 320)$; задані два вектори змін, відповідно швидкості v_2 і значень функції f_2 в табличній формі $v_2 = \{170, 172, 174, 176, 178, \dots\}$, $f_2 = \{2.15, 2.2, 2.25, 2.31, 2.36, \dots\}$. Рішення отримано у вигляді трьох коефіцієнтів $F_1(170 \leq v < 320) = 5.974 \cdot 10^{-8} v^{3.232} + 1.307$, де $s_0 = 5.974 \cdot 10^{-8}$; $s_1 = 3.232$; $s_2 = 1.307$.

В підсумку функція опору повітря 1943 року представлена як

$$F(v) = \begin{cases} 0.7474 \cdot 10^{-4} v^2, v < 170; \\ 5.974 \cdot 10^{-8} v^{3.232} + 1.307, 170 \leq v < 320; \\ 5.322 \cdot 10^{-8} v^{0.014} - 5.769 \cdot 10^{-8}, 320 \leq v < 400; \\ 1.412 \cdot 10^{-3} v^{1.646} + 3.138, 400 \leq v < 900; \\ 1.718 \cdot 10^{-4} v^{1.954} + 5.263, 900 \leq v < 2000. \end{cases} \quad (9)$$

Індивідуальні функції лобового опору повітря для артилерійських снарядів 155-мм М101 [16] та 203-мм М106 [15] (Сполучені Штати Америки) крім табличної форми мають кусково-неперервні апроксимації, представлені сімейством лінійних та степеневих поліномів, для 155-мм артилерійського снаряду М101 [16], вона має вигляд (10).

$$K_D = \begin{cases} 0.0579080038, 0 \leq M < 0.90; \\ 46.26302428 - 138.8317032M + 144.7929431M^2 - 50.12112525M^3, 0.90 \leq M < 0.96; \\ 414.3525910 - 1262.4596067M + 1280.9650680M^2 - 432.7252631M^3, 0.96 \leq M < 1.02; \\ -0.4212674799 + 1.029831902M - 0.4621525976M^2, 1.02 \leq M < 1.22; \\ 8.911875950 - 20.35167306M + 15.77773047M^2 - 4.085776562M^3, 1.22 \leq M \leq 1.3; \\ \frac{(0.9415 + 0.1327 \cdot M)^2 - 1}{M^2}, 1.3 \leq M \leq 2.6. \end{cases} \quad (10)$$

Підбиваючи підсумки, можемо констатувати, що відомі підходи до апроксимації функцій опору 1943 і 1958 років, а також індивідуальні функції, які знайшли найбільше використання при розрахунку траєкторій польоту артилерійських снарядів, апроксимуються, як правило, сімейством кусково-неперервних гладких функцій, що не відповідає умовам неперервності від швидкості польоту снаряда, точності та універсальності. Аналітичного опису у вигляді єдиної неперервної функції швидкості в межах всього діапазону її зміни, подібного функції Сіаччі не мають.

Для усунення цих недоліків здійснюються спроби щодо отримання аналітичних функцій опису сили опору у вигляді неперервної залежності від швидкості польоту снаряда. Так, в роботі [18] запропонована методика приведення функції Сіаччі до функції 1943 року за допомогою коефіцієнта погодження у вигляді функції, яка неперервно залежить від швидкості снаряда. Методика полягає у визначенні за табличними даними залежності коефіцієнта форми від швидкості з подальшою апроксимацією її як деякою неперервною функцією швидкості $\lambda(v)$ – функцією погодження і проведенням перерахунку

$$F_{43}(v) = \lambda(v) \cdot F_S(v), \quad (11)$$

де $F_{43}(v)$ – функція опору повітря 1943 року; $F_S(v)$ – функція опору повітря Сіаччі. Функція погодження апроксимується поліномом 3-го порядку

$$\lambda(M) = a_0 + M[a_1 + M(a_2 + a_3 \cdot M)], \quad (12)$$

коефіцієнти якої мають значення: $a_0 = 0.652$; $a_1 = -0.1133$; $a_2 = -1 \cdot 10^{-3}$; $a_3 = 6.3 \cdot 10^{-3}$.

Таким чином, вираз (10) функції 1943 року приймає такий вигляд

$$F_{43}(v) = \begin{cases} 0.7454 \cdot 10^{-4} v^2, M \leq 0.75; \\ \lambda(v) \cdot F_S(v), 0.75 \leq M \leq 4.14; \\ 1.2315 \cdot 10^{-4} v^2, M \geq 4.14. \end{cases} \quad (13)$$

Перевагою цього підходу є те, що:

- знайдений корегувальний множник, який запропонований у вигляді аналітичної апроксимації послідовності коефіцієнтів погодження, що являє собою неперервну функцію швидкості снаряда;
- спрощується розрахунок параметрів траєкторії польоту снаряда на ЕОМ.

В той же час, як недолік, варто зазначити, що апроксимація (13) залишається сімейством кусково-неперервних гладких функцій, що не відповідає умовам неперервності від швидкості польоту снаряда; незадовільна точність апроксимації, похибка якої досягає більше 3% та не відповідає умовам універсальності.

4. Перспективні підходи до представлення функцій опору повітря.

Перспективним напрямом досліджень є підхід, який заснований на апроксимації табличних даних опору повітря єдиною аналітичною функцією опору повітря у вигляді неперервної функції швидкості в межах всього діапазону її зміни та забезпечення найкращого її наближення до табличних даних.

Маючи низку числових значень співвідношення швидкості снаряда та швидкості розповсюдження звуку в атмосфері – чисел M та відповідних значень коефіцієнта сили опору повітря c_X , необхідно знайти формулу функціональної залежності $c_X = f(M)$. При цьому потрібно:

- знайти апроксимуючу функцію чи набір функцій, за допомогою якої кращим чином описувалась би залежність $c_X = f(M)$, що відповідає умові неперервності та гладкості;
- визначити оптимальні числові значення коефіцієнтів, що входять у формулу, яка описує шукану функцію;
- виконати аналіз точності отриманих результатів;
- якщо існує декілька видів формул, якими можна описати залежність $c_X = f(M)$, то відібрати на основі аналізу оптимальну, яка найкращим чином апроксимує (наближує) результати обчислень за формулою з табличними даними.

Важливо, що набір апроксимуючих функцій повинен дозволяти варіації кривої функції в заданій ділянці швидкостей польоту снаряда без істотної їх зміни на ділянках, що примикають, та можливість згладжування (фільтрації) табличних даних.

В роботі [19] запропонований набір аналітичних функцій, які використовуються для опису сили опору повітря. Розглядаються характерні ділянки та особливості зміни функцій сили опору повітря в залежності від швидкості польоту снаряда, обґрунтовується набір апроксимуючих функцій, які з достатньою точністю відтворювали б характер їх змін. Запропоновано в якості апроксимуючих функцій використовувати аналітичну функцію як суму опорної функції (функції помилок) та основного набору апроксимуючих функцій (функцій Гаусса), що дозволяє отримати єдину неперервно-диференційовану на відрізьку зміни швидкості польоту снаряда апроксимуючу функцію. Показано, що зміна визначених параметрів апроксимуючих функцій дозволяє наблизити їх криву до потрібного значення, повністю на всьому заданому інтервалі швидкостей.

Застосування зазначених аналітичних функцій є більш переважним, порівняно зі способом вводу в пам'ять ЕЦОМ великих за об'ємом таблиць і програм лінійної чи квадратичної їх інтерполяції / та використання кусково-неперервних гладких функцій, що не відповідає умовам неперервності від швидкості польоту снаряда, точності та універсальності.

Висновки

1. Проведений аналіз стану та перспектив апроксимації табличних даних опору повітря показав, що для розрахунку ТС артилерійських систем, визначення установок для ведення стрільби за допомогою «балістичних калькуляторів» необхідно багаторазово вирішувати СДРПС при заданих початкових умовах, для ефективної роботи яких необхідно мати аналітичний опис функцій опору повітря, що неперервно залежать від швидкості польоту снаряда.

2. Відомі функції опору повітря, як правило, задані в табличній формі та не мають простого аналітичного виду (еталонні функції опору Гарньє і Дюпюї, функції 1930, 1943 та 1958 років, функції опору еталонних снарядів G_{1-8} та індивідуальних снарядів). Для опису масивів даних опору повітря, які задані в табличній формі, використовуються апроксимації, які задані сімейством кусково-неперервних гладких функцій, що не відповідає умовам неперервності від швидкості польоту снаряда, точності та універсальності.

Функції опору у вигляді аналітичних залежностей (функції Маєвського-Забудського, Сіаччі, Демога, Гарньє-Дюпюї), практично не можливо використовувати, виходячи з того, що вони розраховані для снарядів старої форми та непридатні для модифікації, криві на стиках ділянок мають точки зламу та значну чутливість функцій від значень параметрів, що входять до їх формули.

Таким чином, наявні на практиці підходи апроксимації функцій опору повітря, не повністю відповідають вимогам, які до них висуваються, що призводить до зниження точності та оперативності розрахунку установок для стрільби артилерійських систем.

3. Ефективним підходом до апроксимації функцій лобового опору є підхід, який заснований на апроксимації табличних даних опору повітря аналітичними функціями, як суми опорної функції

(функції помилок) та основного набору апроксимуючих функцій (функцій Гаусса), вимогою до яких є можливість отримання єдиної функції опору повітря у вигляді неперервної функції швидкості в межах всього діапазону її зміни та забезпечення найкращого її наближення до табличних даних.

Перспективним напрямком подальших досліджень є забезпечення найкращого наближення аналітичних функцій до табличних даних сили опору повітря, шляхом поетапних ітеративних процедур локальної їх модифікації, що дозволяє забезпечити будь-яку наперед задану точність їх наближення.

Список використаних джерел

1. Дмитриевский А.А. Внешняя баллистика / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лисенко. – М. : Машиностроение, 2005. – 607 с.
2. Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии. – М. : Воениздат, 1987. – 376 с.
3. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии [Под ред. Круковского А.С.] – М. : Министерство обороны СССР, 1976. – 345 с.
4. Аржаников Н.С. Аэродинамика летательных аппаратов / Н.С. Аржаников, Г.С. Садекова. – М. : Высшая школа, 1983. – 359 с.
5. Калиткин Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин. – М. : Наука, 1978. – 512 с.
6. Липницкий Ю.М. Аэродинамика баллистического полета / Ю.М. Липницкий, А.В. Красильников, А.Н. Покровский, В.Н. Шманенков [Под ред. Липницкого Ю.М.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 176 с.
7. Грабчак В.І. Аналіз існуючих та перспективних методів визначення сили опору повітря руху снарядів / В.І. Грабчак, С.В. Бондаренко. – Військово-технічний збірник. – Львів : АСВ. – 2013. – Вип. 2. (9). – С. 13-19.
8. Трауб Дж. Итерационные методы решения уравнений. – М. : Мир, 1985. – 263 с.
9. Коновалов А.А. Внешняя баллистика / А.А. Коновалов, Ю.В. Николаев. – М. : ЦНИИ информации, 1979. – 228 с.
10. Равдин И.Ф. Внешняя баллистика неуправляемых ракет и снарядов / И.Ф. Равдин. – МО: Воениздат, 1973. – 184 с.
11. Чернозубов А.Д. Внешняя баллистика. Часть I / А.Д. Чернозубов, В.Д. Кириченко, И.И. Разин, К.В. Михайлов. – М. : Артиллерийская инженерная академия, 1954. – 497 с.
12. McCoy R.L. Modern Exterior Ballistics/ R.L. McCoy. – Atglen, PA.: Schiffer Military History, 2012. – 328 p.
13. Carlucci D.E. Ballistics, theory and design of guns and ammunition/ D.E. Carlucci, S.S. Jacobson. – London, New York.: Taylor & Francis Group, 2007. – 514 p.
14. Вентцель Д.А. Внешняя баллистика. Часть I / Д.А. Вентцель, Я.М. Шапиро. – М. : Государственное издательство обороной промышленности, 1939. – 210 с.
15. Dickinson E.R. The zero-yaw drag coefficient for projectile, 8-inch: HE, M106/ E.R. Dickinson – Aberdeen proving ground.: Ballistic Research Laboratories Memorandum Report NO. 1681 , 1965. – 23 p.
16. Odom C.T. A drag coefficient, K_D , based on the 155mm shell, HE, M101 / C.T. Odom – Aberdeen proving ground, Maryland.: Ballistic Research Laboratories Memorandum Report NO. 1167 , 1958. – 12 p.
17. Волчихин В.И. Аппроксимация функции сопротивления воздуха численным методом / В.И. Волчихин, А.А. Кичкидов, А.О. Бражников. Журнал «Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза: ПГУ. – 2007. – Том. 2. – С. 89-96.
18. Ефремов А.К. Аппроксимация закона сопротивления воздуха 1943 г. / А.К. Ефремов. – Наука и образование. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – Вып. 10. – С. 269-282.

19. Грабчак В.І. Апроксимація сили опору повітря руху снарядів аналітичними функціями / В.І. Грабчак, Ю.М. Косовцов, С.В. Бондаренко. – Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. Науковий журнал. К. : НУОУ. – 2014. – Вип. 1(19). – С. 19 -23.

Рецензент: Сопільник Л.І. д.т.н., проф., Національна Академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного, м. Львів.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АППРОКСИМАЦИИ ТАБЛИЧНЫХ ДАННЫХ ФУНКЦИИ ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХА ДВИЖЕНИЮ СНАРЯДОВ

В.І. Грабчак, С.В. Бондаренко, С.В. Стеців

В статье анализируются существующие подходы к представлению эталонных и индивидуальных функций силы сопротивления, функций сопротивления эталонных форм снарядов, рассматриваются проблемные вопросы их реализации. Проводиться анализ перспективных подходов к аппроксимации табличных данных функций лобового сопротивления аналитическими функциями, обосновуются вопросы необходимости повышения точности и оперативности расчёта траекторий полёта снаряда с использованием аналитических функций сопротивления воздуха, определяются перспективные направления их развития.

Ключевые слова: лобовое сопротивление воздуха, аппроксимация, табличные данные, эталонные и индивидуальные функции сопротивления, эталонные формы снарядов.

RESEARCH APPROXIMATION METHOD TABLE DATA FUNCTION AIR DRAG MOVEMENT PROJECTILE

V.I. Hrabchak, S.V. Bondarenko, S.V. Steciv,

The article analyzes the existing approaches to the presentation of standard and customized functions the drag, resistance functions of standard forms projectile, are considered problematic issues of their implementation. The analysis of promising approaches to the approximation of tabular data drag functions analytic functions is justified by the need to improve the accuracy and efficiency of flight projectile trajectory calculation using analytical functions of air drag, perspective directions of development.

Keywords: of air drag, approximation, table data, resistance functions of standard forms and individual, of standard forms projectile.

УДК 629.017:629.083

О.В. Лисий

Військова академія (м. Одеса), Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РІВНЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОПОЇЗДА

Змодельовані експлуатаційні показники рівня технічного стану автопоїзда Volvo. Запропоновано практичне використання удосконаленої моделі для кваліметричних оцінок технічного рівня стану об'єктів. Графічно побудована «павутина якості» за певними інтегральними параметрами автопоїзда (економічність, динамічність, надійність). Це дозволило вирішити практичні завдання з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда.

Ключові слова: автопоїзд, експлуатаційні показники, технічний стан, павутина якості.

Постановка проблеми

З розвитком економічних відносин в країні щороку зростає кількість автотранспортних засобів (АТЗ), що виконують різні функції. Для технічної служби автотранспортного підприємства (АТП) важливим є аналіз технічного стану АТЗ за його експлуатаційними показниками, який можна здійснити на базі удосконаленої моделі для кваліметричних оцінок технічного рівня стану об'єктів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

У багатьох роботах науково обґрунтовано адекватність моделювання множини показників якості об'єкта $\{Q\}=\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ і відношень між ними $\{q_i \leftarrow q_j\}$ як єдиної інформаційної системи, подальший розвиток якої базується на принципі функціонально-кібернетичної еквівалентності ПІ. Найбільш адекватною є структура у вигляді багаторівневої оболонки, яка відрізняється тим, що показники кожного рівня не зводяться до сукупності показників інших рівнів.

Отже, на кожному рівні такої універсальної моделі можна враховувати експлуатаційні властивості, які притаманні системі в цілому, а також реалізовувати аналіз за єдиним системним критерієм $U(Q)$ технічного рівня [1-3].

Постановка задачі

Аналіз опублікованих даних свідчить, що необхідно забезпечувати об'єктивність кваліметричних оцінок технічного рівня стану не тільки відповідних підсистем, агрегатів, вузлів, «слабких елементів», а й автомобіля у цілому. Для всебічного вивчення множини експлуатаційних параметрів автопоїздів під час експлуатації необхідно розробити аналітичні моделі, опрацювати алгоритми розрахункових процедур та побудувати «павутину якості».

Результати дослідження

Для конкретизації завдання для технічної служби АТП щодо опису в термінах експлуатаційних властивостей автопоїзда, тобто у квантифікації загальної мети на сукупність більш часткових і простих, конкретних підцілей, необхідно розглянути дві з аксіом [2-5].

Аксіома А1. Пари показників (q_i, q_j) не залежать за перевагою від інших показників $\bar{Q} = (q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_{j-1}, q_{j+1}, \dots, q_n)$, якщо відношення переваги, установлене між векторами $Q' = (q'_i, q'_j, \bar{Q})$ й $Q'' = (q''_i, q''_j, \bar{Q})$, не залежить від рівнів, на яких зафіксовані значення показників $\bar{Q}$.

З аксіоми A1 випливає, що

$$(q'_i, q'_j, \bar{Q}') \succsim (q''_i, q''_j, \bar{Q}') \Rightarrow (q'_i, q'_j, \bar{Q}'') \succsim (q''_i, q''_j, \bar{Q}'') \quad (1)$$

для будь-яких $\bar{Q}'' \in Q''$. Отже, визначивши відношення переваги на площині $q_i \times q_j$ з урахуванням тільки показників q_i і q_j й установивши, що пара (q_i, q_j) не залежить за перевагою від $\bar{Q}$, можна поширити знайдені відносини переваги із площини $q_i \times q_j$ на весь простір показників Q'' . У цій властивості полягає основна практична цінність поняття незалежності за перевагою (приклад, для $n = 3$ на рис. 1).

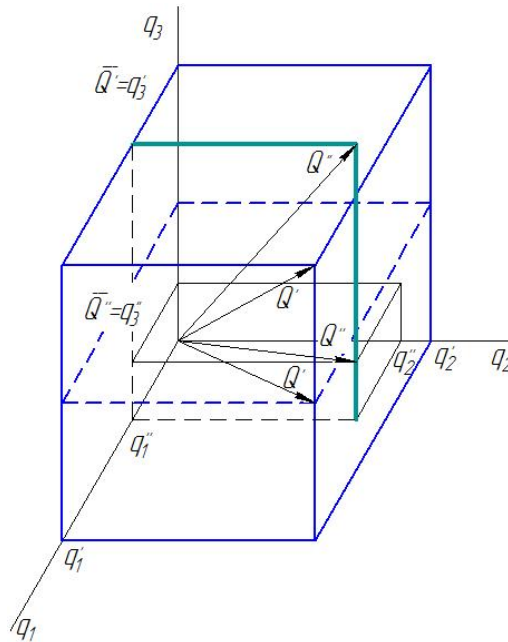


Рис. 1 – Схема незалежності за перевагами показників q_2 і q_3 від показника q_1

Аксіома 2. Оцінки технічного рівня $U'(Q)$ й $U''(Q)$ порівнюваних аналогів можна вважати дійсними, якщо

$$U'_k(Q)/U''_k(Q) = \text{const} \forall k = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де m – число альтернативних моделей.

З аксіоми випливає, що якщо запропоновані моделі адекватно відображають оцінюваний показник, то

$$\left. \begin{aligned} U'(Q) &= \alpha_k U'_k(Q), \\ U''(Q) &= \beta_k U''_k(Q), \end{aligned} \right\} \forall k = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де $\alpha_k \wedge \beta_k > 0$ – масштабні коефіцієнти k -ої моделі.

Розглянута система аксіом становить основу проектної кваліметрії автопоїзда як системної складності, оскільки забезпечує формалізацію абстрактного процесу відображення його технічного рівня на числову вісь, стабільну технологічну точність результатів і усуває залежність отриманих результатів від відомої суб'єктивності експертних методів.

Припускаючи, що множина параметрів технічного стану автопоїзда є замкненою, випуклою і не порожньою, показник технічного рівня $U(Q) \equiv U$, значення якого є інваріантним рівню кваліметричної моделі, визначається за рішенням наступної системи неоднорідних лінійних рівнянь [2]:

$$\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} & q_{15} & -1 \\ 0 & q_{22} & q_{23} & q_{24} & q_{25} & -1 \\ 0 & 0 & q_{33} & q_{34} & q_{35} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & q_{44} & q_{45} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q_{55} & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

де $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5\}$ – стовпець невідомих вагових коефіцієнтів.

Єдність розв'язку системи $Q' \succ Q'' \Rightarrow Q' \succ (q''_1, \dots, q''_{i-1}, q''_i + \Delta q_i, q''_{i+1}, \dots, q''_n)$ забезпечується відношенням суворої упорядкованості елементів матриці $[Q]$ у вигляді

$$1, 0 > q_{k+1, j} > q_{k, j} > 0, 1 \quad \forall k = \overline{1, j} \wedge j = \overline{1, 5} \quad (5)$$

Адекватність застосування умови (1) підтверджується послідовністю формування таких експлуатаційних властивостей як економічність, динамічність, надійність тощо, інтенсивність яких змінюється із градієнтом постійного напрямку від рівня моделювання окремих елементів до рівня технічного стану автопоїзда як системи (у цілому).

Оскільки технічний рівень – поняття відносне, отже відповідний критерій $U(Q)$ є безрозмірним, а комплексні показники (економічність, динамічність, надійність тощо), що мають імовірнісну природу, ніколи не перевершують одиницю [6, 7].

На основі гіперболічної функції $thy = \frac{e^{2y} - 1}{e^{2y} + 1}$, що відображує зниження рівня переваги будь-якої ознаки якості $y_i \forall i = \overline{1, n}$ зі зростанням її значення, для нормування різноманітних фізичних шкал елементів множини $\{Y\}$ у діапазоні $[0, 1; 1]$ отримано наступні рівняння [2, 3]:

а) при відображенні без зміни градієнта

$$q_i = 0, 1 + 1, 18th \left[\frac{y_i - y_i^-}{y_i^+ - y_i^-} \right] \quad (6)$$

б) при зміні градієнта на протилежний

$$q_i = 1 - 1, 18th \left[\frac{y_i - y_i^-}{y_i^+ - y_i^-} \right] \quad (7)$$

де y_i^- , y_i^+ – відповідно нижня і верхня межі статистично усередненого діапазону зміни показника певної ознаки.

Якщо кожне сполучення вихідних даних для технічної системи подати у вигляді n -мірного вектору, то у відповідному просторі необхідно задати метрику $\rho_m = \rho_m(W_1, W_2)$, яка чисельно відповідає кількості інформації [6].

Якщо досліджуваний n -мірний простір відповідає усім характеристикам Евклідова простору R^m , для якого норма n -компонентних векторів $\|W\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_j^2}$, то відстань між векторами є

$$\rho_m = \|W_1 - W_2\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (W_1 - W_2)^2} \quad (8)$$

Відповідна функція стану складної технічної системи визначає узагальнену умову її оптимізації

$$F_{opt} \{W_1, W_2, \dots, W_n\} \rightarrow \min \quad (9)$$

Кожне сполучення вихідних даних для технічної системи відображено однією чи декількома точками у n -мірному просторі встановлених показників якості, за якими можна оцінювати технічний стан автопоїзда. Тобто умова (8) має аналогічний запис у значно меншому ($m < n$) просторі показників якості

$$F_{opt} \{q_1, q_2, \dots, q_n\} = F_{opt} \{Q\} \rightarrow \min \quad (10)$$

У сучасних умовах комп'ютеризації для пошуку оптимального рішення стає можливим розгляд потужної кінцевої множини варіантів, із якої необхідно вибрати декілька конкуруючих раціональних варіантів, що потребують порівняння і подальшого удосконалення для досягнення поставленої мети.

У графічній інтерпретації модель багатомірного фазового простору стану технічної системи може являти собою сферу або багатогранник, що побудований у координатах, які відповідають певним інтегральним параметрам системи (наприклад, економічність, динамічність, надійність тощо).

Для числового відображення відхилення по кожному i -му параметру використано кількість інформації $H_i = -\sum_{j=1}^n \Delta_j$ (n – число вихідних параметрів, що утворюють n -мірний фазовий простір, Δ_j – сума їх відхилень від оптимальних значень).

На основі аналізу та статистичного усереднення параметрів автопоїзда та розрахункових значень їх функціональних показників визначено межі зміни відповідних показників рівня технічного стану автопоїзда, виконано нормування відповідних показників згідно з (3) і (7), сформовано таблицю 1. На основі кваліметричної моделі технічного рівня визначено групові показники (перші рядки таблиць на рис. 2) та побудовано відповідні «павутини якості». В результаті проведених розрахунків показників якості автопоїздів встановлено наявність резервів для подальшого технічного удосконалення досліджених систем.

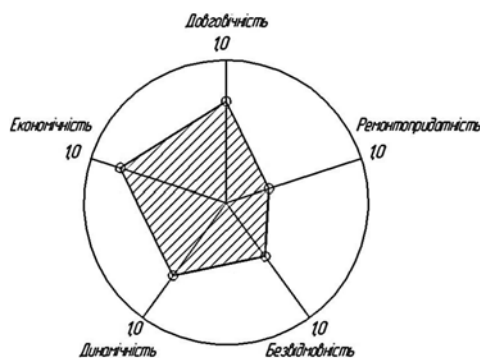
Таблиця 1

Систематизація номенклатури типових показників якості автопоїзда

Властивість	Показник якості	Діапазон визначення	Значення для тягача Volvo	Нормоване значення показника
1. Економічність	1.1. Пробіг до ТО, тис. км $L_{TO} = k \cdot L_{cp}$	25...70	54,9	0,79
2. Динамічність	2.1. Тягова сила на колесах, кН $P_T = \frac{M_e u_o u_k \eta_{mp}}{r_k}$	20...40	29,7	0,63
	2.2. ККД трансмісії $\eta_{mp} = 0,92 - 0,00028 \cdot L$	0,6...0,92	0,9	0,97
3. Безвідмовність	3.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача $p_a = 1 - q_a$	0,8...0,99	0,86	0,46
	3.2. Імовірність безвідмовної роботи трансмісії $p_{mp} = 1 - q_{mp}$	0,8...0,99	0,89	0,62
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини $p_{x.ч} = 1 - q_{x.ч.}$	0,7...0,99	0,77	0,38
4. Безвідмовність	4.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача $p_a = 1 - q_a$	0,8...0,99	0,86	0,46
	4.2. Імовірність безвідмовної роботи трансмісії $p_{mp} = 1 - q_{mp}$	0,8...0,99	0,89	0,62
	4.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини $p_{x.ч} = 1 - q_{x.ч.}$	0,7...0,99	0,77	0,38

Продовження таблиці 1

Властивість	Показник якості	Діапазон визначення	Значення для тягача Volvo	Нормоване значення показника
5. Ремонтно-придатність	5.1. Середня тривалість відновлення тягача (фактична), год.	20...48	25	0,31
	5.2. Середня тривалість відновлення трансмісії при $L_{ср}$, год. $t_{в.тр} = q_{тр} \cdot T_{тр}$	16...23	18,67	0,53
	5.3. Середня тривалість відновлення ходової частини при $L_{ср}$, год. $t_{в.х.ч.} = q_{х.ч.} \cdot T_{х.ч.}$	10...18	15,3	0,788
	5.4. Середня тривалість відновлення підвіски при $L_{ср}$, год. $t_{в.п} = q_n \cdot T_n$	3...6	5,10	0,814
6. Довговічність	6.1. Середній пробіг тягача до КР, тис. км	800...1500	1200	0,709
	6.2. Середній ресурс трансмісії, тис. км $L_{ср.тр} = \bar{L}_{тр} - 1,28 \cdot \sigma_{тр}$	60...1000	266,76	0,355
	6.3. Середній ресурс ходової частини, тис. км $L_{ср.х.ч.} = \bar{L}_{х.ч.} - 1,28 \cdot \sigma_{х.ч.}$	70...120	85,212	0,45
	6.4. Середній ресурс підвіски, тис. км $L_{ср.п} = \bar{L}_n - 1,28 \cdot \sigma_n$	50...100	63,816	0,418
	6.5. Середній ресурс пневматичної шини, тис. км $L_{ср.ш} = \bar{L}_{ш} - 1,28 \cdot \sigma_{ш}$	180...216	187,46	0,34



а)

1. Економічність	2. Динамічність	3. Безвідмовність	4. Ремонтно-придатність	5. Довговічність	Рівень моделі
0,78563	0,63128	0,46072	0,3085	0,70936	Автомобіль
-	0,9662	0,62058	0,52993	0,35544	Трансмісія
-	-	0,37942	0,78815	0,44832	Ходова частина
-	-	-	0,81447	0,418	Підвіска
-	-	-	-	0,34096	Пневматична шина

б)

Рис. 2 – «Павутина якості» за показниками $q_{1,j}$ (а) та матриця $[Q]$ (б) для тягача Volvo

Висновки

За результатами моделювання технічного рівня автопоїзда визначено показник $U = 0,75$, встановлено можливість покращання технічного стану за показниками динамічності та надійності.

Перспективи подальших досліджень

Метою подальших досліджень є вивчення експлуатаційних властивостей автопоїздів, що змінюються в процесі експлуатації за допомогою удосконаленої моделі для кваліметричних оцінок технічного рівня їх стану. Запропонована модель дозволяє вирішувати практичні завдання з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда, обґрунтовувати раціональний режим періодичності ТО та норм надійності між елементами механічних систем, агрегатів, механізмів тощо.

Список використаних джерел

1. Заблонский К.И. Детали машин / К.И. Заблонский. – Одеса : АстроПринт, 1999. – 403 с.
2. Гутиря С.С. Підвищення технічного рівня механізмів паралельної структури і кінематики у складі технологічних комплексів [Електронний ресурс] / С.С. Гутиря, В.П. Яглінський, Аймен Сабах // Технологічні комплекси [Науковий журнал]. – Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – №1,2 (5,6). – С. 50-56. – Режим доступу: <http://t-komplex.net.ua/ua/art5-6-006>.
3. Яглинский В.П. Кинематика оборудования на основе механизмов параллельной структуры: Монография / В.П. Яглинский, В.В. Ержуков, А.Г. Ивахненко и др. // Прогрессивное машиностроительное оборудование. Коллективная монография. – Орел, Изд. дом «Спектр», 2011. – 455 с.
4. Yaglinsky V.P. Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya, O.U. Bezuglenko // Annals of DAAAM International 2004. – Vienna, 2004. – P. 37-38.
5. Yaglinsky V.P. System criteria analysis and function optimization of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya // TEKA Kom. Mol. Energ. Roln., 6A. – Lublin, 2006. – P. 70-81.
6. Лукинский В.С. Прогнозирование надежности автомобилей / В.С. Лукинский, Е.И. Зайцев – Л. : Политехника, 1991. – 224 с.
7. Бажин О.В. Надійність автомобільних поїздів: монографія / О. В. Бажин, О. П. Кравченко. – Луганськ : Ноулідж, 2009. – 412 с.

Рецензент: д.т.н., доц., Миргород В.Ф., Військова академія (м. Одеса)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОПОЕЗДА

А.В. Лысый

Смоделированы эксплуатационные показатели уровня технического состояния автопоезда Volvo. Предложено практическое использование усовершенствованной модели для кваліметрической оценки технического уровня состояния объектов. Графически построена «паутина качества» по интегральным параметрам автопоезда (экономичность, динамичность, надежность). Это позволило решить практические задачи с сравнением разных вариантов уровня технического состояния автопоезда.

Ключевые слова: автопоезд, эксплуатационные показатели, техническое состояние, паутина качества.

MODELING OF OPERATING FACTORS OF LEVEL OF TECHNICAL CONDITION OF THE TRACTOR-TRAILERS

O.V. Lysyi

The operating factors of level of technical condition of the Volvo tractor are modeled. The improved model for quality metering of assessments of the technical level of condition of truck is proposed for practical use. The «web of quality» is built graphically on integral parameters of tractor-trailer (efficiency, dynamism, reliability etc). It is possible to solve practical problems with comparing different versions of the level of technical condition of tractor-trailers.

Keywords: tractor-trailer, operating factors, technical condition, web of quality.

УДК 629.017:629.083

О.П. Сакно, к.т.н.**О.В. Лисий****В.А. Маханьков****Д.І. Муженко****А.І. Подимський****Р.Л. Пришляк***Військова академія (м. Одеса), Україна*

ДО ПИТАННЯ КВАЛІМЕТРИЧНОЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ СТАНУ АВТОПОЇЗДІВ

Запропонована удосконалена модель для кваліметричних оцінок технічного рівня стану автопоїздів. У графічній інтерпретації удосконалена модель являє собою багатогранник, що побудований у координатах, які відповідають певним інтегральним параметрам автопоїзда (економічність, динамічність, надійність тощо). Це дозволяє вирішувати практичні завдання з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда, обґрунтовувати раціональний режим періодичності ТО та норм надійності між елементами агрегатів.

Ключові слова: автопоїзд, властивість, технічний стан, кваліметрична оцінка, технічне обслуговування.

Постановка проблеми

Метою підвищення технічного рівня стану автопоїздів є створення більш надійних, компактних і технологічних, енергетично ефективних, ергономічно-комфортних й екологічно безпечних агрегатів, механізмів, які відповідають вимогам технічної документації. Конкретизація цього завдання для технічної служби АТП складається з його опису в термінах експлуатаційних властивостей автопоїзда, тобто у квантифікації загальної мети на сукупність більш часткових і простих, конкретних підцілей.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

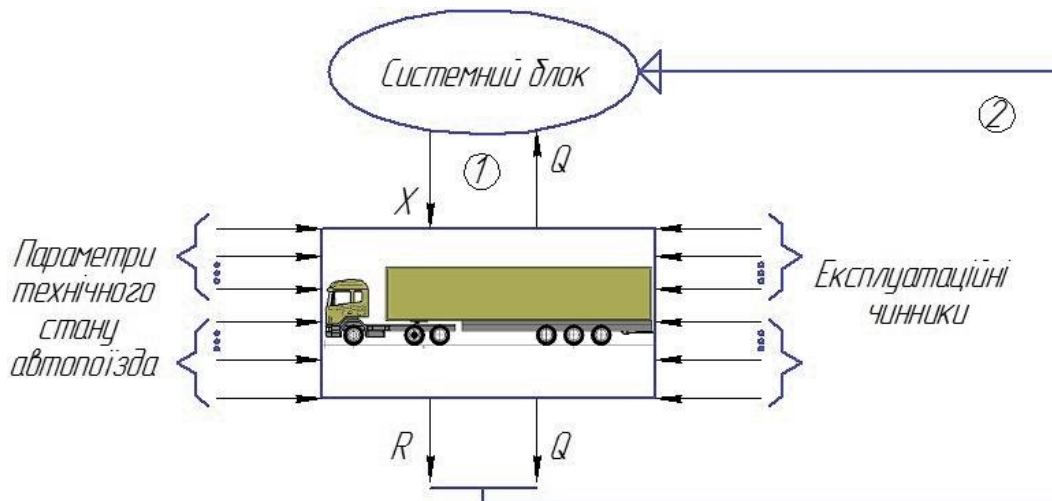
У роботах професорів Заблонського К.І. й Гутирі С.С. [1, 2] вперше науково обґрунтовано адекватність моделювання множини показників якості $\{Q\}=\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ і відношень між ними $\{q_i \leftarrow q_j\}$ як єдиної інформаційної системи, подальший розвиток якої базується на принципі функціонально-кібернетичної еквівалентності П1, згідно з яким чим більше число n , тим більша альтитуда моделі, з поглибленням якої вужчає множина відношень $\{q_i \leftarrow q_j\}$. Для цієї композиції відношень найбільш адекватною є структура у вигляді багаторівневої оболонки, яка відрізняється тим, що показники кожного рівня не зводяться до сукупності показників інших рівнів. На кожному рівні такої універсальної моделі, що не потребує застосування суб'єктивних експертних методів, можна враховувати нові експлуатаційні властивості, які притаманні системі в цілому, а також реалізовувати аналіз за єдиним системним критерієм $U(Q)$ технічного рівня [2, 3].

Постановка задачі

Аналіз опублікованих даних свідчить, що для багаторівневого відображення експлуатаційних властивостей автопоїздів необхідним є формування такої універсальної структурованої інформаційної бази даних, яка забезпечить об'єктивність кваліметричних оцінок технічного рівня стану не тільки відповідних підсистем, агрегатів, вузлів, «слабких елементів», а й автомобіля у цілому. Зокрема для всебічного вивчення множини експлуатаційних параметрів автопоїздів під час експлуатації необхідно розробити аналітичні моделі, опрацювати алгоритми розрахункових процедур і створити відповідний універсальний комплекс прикладних програм.

Результати дослідження

Технічний стан автопоїзда дозволяє аналізувати чинники, що впливають на його зміну, за ступенем переваги й, отже, здійснювати у просторі параметрів X множини Y (рис. 1) пошук кращих, оптимальних або близьких до них розв'язків. Тому невимірні цілі не мають порівняння і повинні або виключатися з розгляду, або квантифікуватись до рівня, що забезпечує їх вимірність. Формальне визначення цієї властивості необхідно встановити аксіоматично [1-5].



R – вектор результатуючих експлуатаційних параметрів; Q – вектор нормованих кваліметричних показників;
 X – вектор управляючих параметрів; 1 і 2 – внутрішній та зовнішній контури управління

Рис. 1 – Схема управління якістю технічного стану автопоїзда в процесі експлуатації

Пошук оптимального рішення щодо проведення технічних впливів на складні технічні системи, до яких належать сучасні автопоїзди, складається з двох етапів: пошуку границь області існування експлуатаційних показників автопоїзда та пошуку в цій області кращого набору значень цих показників, що потребує вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації [2, 5].

У процесі експлуатації автопоїздів для раціонального проведення періодичності ТО вирізняють такі завдання, що потребують наукового вирішення:

- встановлення обґрунтованих критеріїв оптимізації;
- розробка математичних моделей і методів їх розв'язку;
- розробка алгоритмів і методик їх реалізації.

Автопоїзд складається із взаємопов'язаних підсистем (агрегат, механізм), які не гарантують створення оптимальної технічної системи, а в деяких випадках навіть спричиняють її непрацездатність. Отже, в основу рішення задачі має бути покладено принцип цілісності, який вимагає розгляду технічної системи як єдиного цілого, що складається зі структурних частин, що пов'язані між собою певними відношеннями.

На основі аналізу висновків експертів щодо аналізу впливу експлуатаційних факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру експлуатаційних показників [6]. Із множини функціональних показників сформовано номенклатуру показників якості автопоїзда за групами експлуатаційних властивостей: економічність, динамічність, надійність.

Паливна економічність – одна з експлуатаційних властивостей автопоїзда. Вона визначає витрату палива автопоїздом при русі в заданих умовах. Для кожного автопоїзда встановлюється норма лінійної витрати палива. Ці норми вказані в технічних характеристиках автопоїздів. Залежно від умов роботи автопоїздів, ці норми можуть збільшуватися або зменшуватися спеціальними вказівками. На паливну економічність впливають конструктивні й експлуатаційні чинники. Пробіг до капітального ремонту залежить від витрати палива [7]:

$$L_{KP} = \frac{100 \cdot Q_{\Sigma}}{H}, \quad (1)$$

де Q_{Σ} – сумарна загальна витрата палива, л;

H – норма витрата палива автомобіля, л/100 км.

Згідно з проведеними дослідженнями, відображеними у безлічі робіт і використовуваних у поширеній практиці визначення ресурсу автомобіля, найбільш адекватною моделлю для визначення коефіцієнта фізичного зносу автомобіля є метод експоненційної кривої, виходячи з припущення ґрунтується на статистичних дослідженнях про те, що його ресурс перебуває в експлуатації й змінюється за експоненційної залежності. Тоді скориговано пробіг може бути таким чином:

$$L_{TO} = k \cdot L_{cp}, \quad (2)$$

де k – поправка на знос;

L_{cp} – середній пробіг до появи відмови, км.

На підставі даних про фізичний стан автомобілів розраховується процентна поправка на знос. Розрахунок проводиться за формулою [8]:

$$k = \frac{100 - I_{fiz.a}}{100 - I_{fiz.b}}, \quad (3)$$

де $I_{fiz.a}$ – відсоток фактичного зносу оцінюваного об'єкта;

$I_{fiz.b}$ – відсоток фактичного зносу наявного аналога (розрахунок фізичного зносу проводиться методом експертних оцінок, який передбачає проведення технічної експертизи, за результатами якої технічний стан автомобіля співвідноситься з деякою шкалою станів, кожному з яких приписується певний діапазон зносів [8]).

Відсоток фактичного зносу автомобіля

$$I_{fiz.a} = 100 \cdot (1 - e^{-\Omega}), \quad (4)$$

де e – підстава натуральних логарифмів, $e = 2,72$;

Ω – функція, що залежить від віку і фактичного пробігу автомобіля з початку експлуатації.

Функція Ω в загальному випадку має такий вигляд для автопоїздів [8]:

$$\Omega = 0,09 \cdot T_{\phi} + 0,0003 \cdot L_{\phi}, \quad (5)$$

де: 0,09 – коефіцієнт, що враховує вплив віку автопоїзда і залежить від виду, марки, моделі;

T_{ϕ} – фактичний вік автомобіля, років;

0,0003 – коефіцієнт, що враховує вплив пробігу автопоїзда з початку експлуатації та залежить від виду, марки, моделі;

L_{ϕ} – фактичний пробіг автомобіля з початку експлуатації, тис. км.

Динамічність автомобіля залежить насамперед від його тягових і гальмівних властивостей [9, 10]. При визначенні динамічності автомобіля вважають, що його можливості обмежені лише потужністю двигуна і зчепленням провідних коліс з дорогою та визначені залежністю

$$P_T = \frac{M_e u_o u_{\kappa} \eta_{mp}}{r_{\kappa}}, \quad (6)$$

де M_e – ефективний момент двигуна, кН·м (згідно технічного паспорту автомобіля);

u_o – передаточні числа головної передачі автомобіля;

u_{κ} – передаточне число коробки перемикання передач на першій передачі (згідно технічного паспорту автомобіля);

η_{mp} – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

r_k – статичний радіус колеса, м (згідно технічного паспорту автомобіля).

Передаточне число головної передачі [10] визначається із умови забезпечення заданої максимальної швидкості $V_{\max}$ (км/год.) руху автомобіля на вищій сходінці коробки перемикачів передач при встановленому значенні $n_{\max}$ (хв⁻¹):

$$u_o = \frac{0,378 \cdot n_{V_{\max}} \cdot r_k}{V_{\max}} \quad (7)$$

Коефіцієнт корисної дії трансмісії [7, 9] прийнятий за даними ТОВ «Зенал», що він змінюється за лінійною залежністю від пробігу: $\eta_{mp} = 0,92 - 0,00028 \cdot L$.

Безвідмовність – властивість автомобіля виконувати транспортну роботу в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи напрацювання. Напрацювання (наробіток) – це тривалість експлуатації автомобіля, що визначається експериментально. Досліджується, при якому пробігу виникає відмова агрегату, механізму тощо (визначається імовірність відмови q_i). Імовірність безвідмовної роботи тягача – імовірність того, що протягом заданого наробітку (кількості відпрацьованих годин) відмова автомобіля (агрегату) не виникне [11]. Представлено у вигляді $p_i = 1 - q_i$ (i – автомобіль, трансмісія, агрегат тощо).

Ремонтопридатність – властивість автомобіля бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту. Характеризується середньою тривалістю відновлення трансмісії, агрегату тощо $t_{\theta,i} = q_i \cdot T_i$ (q_i – імовірність відмови i -го елемента в об'єкті; T_i – час відновлення об'єкта при відмові в ньому i -го елементу, год.) [11].

Довговічність – це властивість автомобіля виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан за встановленої системи технічного обслуговування та ремонту. Характеризується середнім пробігом автопоїзда до КР, середнім ресурсом $L_{cp,i} = \bar{L}_i - 1,28 \cdot \sigma_i$ трансмісії, агрегату тощо [11].

На основі аналізу висновків експертів щодо впливу факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру показників якості, що зображені у вигляді вершин $q_j, \forall j = \overline{1,5}$ графа (рис. 4), прообразами яких є одиничні показники Q , що пов'язані нечіткою множиною відношень ($q_i \leftrightarrow q_j$).

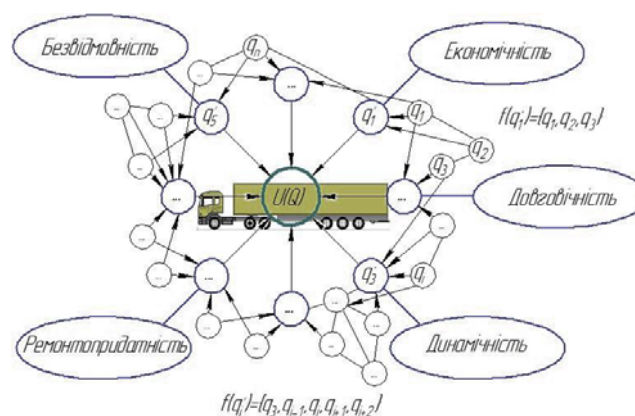


Рис. 4 – Граф-схема моделі експлуатаційних показників якості технічного стану автопоїзда

Припускаючи, що множина параметрів технічного стану автопоїзда є замкнутою, випуклою і не порожньою, показник технічного рівня $U(Q) \equiv U$.

Оскільки технічний рівень – поняття відносне, отже відповідний критерій $U(Q)$ є безрозмірним, а комплексні показники (економічність, динамічність, надійність тощо), що мають імовірнісну природу, ніколи не перевершують одиницю [2, 11].

Експлуатаційні показники автопоїзда слід розраховувати як на стадії проектування, так і при оцінках функціональних властивостей та їх характеристик у процесі експлуатації. Відмови механізмів автопоїзда (об'єкта) відповідно до своєї фізичної природи можуть бути пов'язані з руйнуванням вузлів і деталей механізмів та їх приводів, заклинювання окремих елементів та ін. причинами, які призводять до того, що він не може виконувати своїх функцій. Такі відмови прийнято називати відмовами функціонування.

У випадках, коли технічний стан автопоїзда характеризується сукупністю значень деяких технічних параметрів, то ознакою виникнення відмови є вихід значень кожного із цих параметрів за межі допуску. Такі відмови називають параметричними. Наприклад, зменшення тиску в пневматичних шинах, зазвичай, не порушує подальшу експлуатацію автомобіля, однак він стає непрацездатним з погляду вимог, установлених нормативно-технічною документацією. Дуже часто параметричні відмови передують відмовам функціонування, а також можуть їх спричиняти.

Для вивчення надійності автомобілів широко застосовується імовірнісний метод [11, 12]. Одним з найбільш застосовуваних при описі функціонування основних вузлів і систем автомобілів є математичний апарат однорідних ланцюгів Маркова. В цьому випадку проводиться побудова графа станів автомобіля з урахуванням відмови його систем [11, 13]. Ймовірності $P_0, \dots, P_n$ знаходження автомобіля в кожному з n станів визначаються із сукупності рівнянь ймовірностей знаходження його в кожному зі станів:

$$\begin{cases} P_0 = \left(1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\lambda_n}{\mu_n} \right)^{-1}; \\ P_1 = P_0 \times \frac{\lambda_1}{\mu_1}; \\ \dots \dots \dots \\ P_n = P_0 \times \frac{\lambda_n}{\mu_n}, \end{cases} \quad (8)$$

де $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ – інтенсивність потоку відмов відповідних систем;

$\mu_1, \dots, \mu_n$ – інтенсивність потоку відновлення відповідних систем.

З розглянутої структури тягача Volvo (рис. 5) виокремимо чотири функціональних системи, граф яких може перебувати в справному стані S_0 , а також у станах, викликаних відмовами його систем: S_1 – ремонт системи трансмісії; S_2 – ремонт системи ходової частини; S_3 – ремонт системи підвіски; S_4 – ремонт пневматичної шини.

Середній час між двома відмовами $\overline{T_i}$ відповідних систем тягача, а також середній час ремонту (заміни, відновлення) $\overline{T_{ei}}$ вузлів (деталей), що вийшли з ладу систем підраховується на основі даних технічної служби.

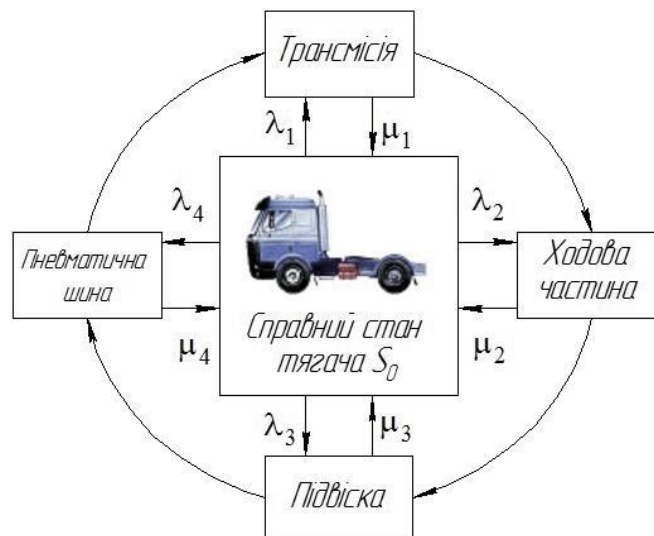


Рис. 5 – Граф стану тягача з урахуванням відмови функціонування його систем

В якості однієї зі складових інтенсивності потоку відмов прийнятий середній пробіг ($\bar{L}_i$) тягача до відмови відповідного елемента, який потім перерахований через середньодобову швидкість ($V_{cc} = 50$ км/год) при експлуатації напівпричепа в середній час між відмовами відповідних систем [13]:

$$T_i = \frac{\bar{L}_i}{V_{cc}}. \quad (9)$$

Інтенсивності потоку відмов і потоку відновлення відповідно дорівнюють:

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i}, \quad (10)$$

$$\mu_i = \frac{1}{T_{ei}}. \quad (11)$$

Автопоїзд (наприклад, сідельний тягач і стандартний напівпричіп) як технічна система складається із багатьох елементів, як правило, відновлюють, їхні відмови, зазвичай, пов'язані з ушкодженням більш простих елементів, які можуть бути відремонтовані або замінені (див. рис. 5). Поширений показник надійності – наробіток до відмови, тобто наробіток об'єкта від початку експлуатації до виникнення першої відмови.

До показників безвідмовності й довговічності відносять кількісні характеристики, опрацьовані у статистичній теорії надійності. Ця теорія описує функціонування великої кількості об'єктів, які виготовляють та експлуатують у статистично однорідних умовах.

У процесі експлуатації показники безвідмовності й довговічності трактують як характеристики імовірнісних моделей створюваних об'єктів. На стадіях експериментальної досліджень, випробувань та експлуатації ці показники визначають як статистичні оцінки відповідних імовірнісних характеристик.

Середній наробіток до відмови – математичне очікування наробітку об'єкта до першої відмови, можна визначити як функцію

$$L_f = \int_0^{\infty} Lf(l)dl = \int_0^{\infty} P(l)dl, \quad (12)$$

де L – сумарний наробіток, тис. км;

$P(l)$ – ймовірність безвідмовної роботи;

$f(l)$ – щільність розподілення напрацювання до відмови.

Безпосереднє застосування законів розподілу наробітку до відмови або законів розподілу терміну служби дозволяє вирішувати завдання визначення показників надійності лише приблизно за низкою причин [11]:

– по-перше, закон вибирається формально, за зовнішніми ознаками і часто не відображає процес формування відмови;

– по-друге, для одержання експериментальних даних, що дозволяють судити про закон розподілу, необхідний значний час і витрати.

Робота об'єкта, вихідний параметр якого має закон розподілу, що не залежить від часу, характеризується раптовими відмовами. У цьому випадку відповідно до експонентного закону надійності ймовірність безвідмовної роботи $P(L) = \exp(-\lambda L)$, де λ – інтенсивність відмов. Зазвичай в цьому випадку параметри стану вважають випадковими величинами й безвідмовність може оцінюватися згідно з не залежною від часу ймовірністю знаходження вихідного параметра в допустимих границях P_p (квазістатична постановка [11]).

Тоді при статичних границях

$$P_p = P\{R_1 < z < R_2\} = \int_{R_1}^{R_2} \varphi(z) dz \quad (13)$$

при випадковій границі

$$P_p = P\{\xi > 0\} = \int_0^{\infty} \psi(\xi) d\xi \quad (14)$$

Встановити зв'язок між характеристиками $P(L)$ і P_p при раптових відмовах можна, якщо розглядати параметр стану z як випадкову послідовність, спостережувану у фіксованих точках тимчасового інтервалу. Отримано

$$P(L) = \exp[-(1 - P_p n L)] \quad (15)$$

де n – середнє число фіксованих точок за одиницю часу.

У загальному випадку технічний стан автопоїзда та якість їх оцінювання визначається не одним, а сукупністю S вихідних параметрів стану $z_1, z_2, \dots, z_S$, які можна вважати компонентами деякого вектора Z . Простір станів можна розділити деякою граничною поверхнею на дві області: область, що відповідає експлуатаційним вимогам, і область відмов. Безвідмовність у цьому випадку визначається як імовірність того, що за пробіг L експлуатації автопоїзда параметри його стану z_i не виходять за відповідні границі R_{i1} і R_{i2}

$$P(L) = P\{Z \in \Omega / l \leq L\} = P\{R_{11} < z_1 < R_{12} < z_2 < R_{22} \dots < R_{S1} < z_S < R_{S2} / l \leq L\}$$

Перетинання вектором Z у якийсь момент часу поверхні граничних станів означає відмову.

Визначальними у характеристиці процесів, що призводять до відмови об'єкта, є швидкість їх перебігу [11, 14]. Процеси, що відбуваються з високою швидкістю (період зміни порядку долі секунди), закінчуються протягом циклу роботи машини й знову виникають при наступному циклі. Для оцінки усередненого параметра потоку відмов μ необхідно знати щільність спільного розподілу параметра стану $z(t)$ і швидкості його зміни в часі $\dot{z}(t)$. У багатьох випадках такі процеси описуються стаціонарною випадковою функцією з нормальним законом розподілу як самого параметра стану z , так і швидкості його зміни $\dot{z}$. Тоді, відповідно до формули Райса, усереднений параметр потоку відмов визначають так

$$\bar{\mu} = \frac{1}{2\pi} \frac{\sigma_{\dot{z}}}{\sigma_z} \exp\left[-\frac{(R - m_z)^2}{2\sigma_z^2}\right],$$

де σ_z і $\sigma_{\dot{z}}$ – середньоквадратичні значення відповідно z і $\dot{z}$; R – границя.

Безвідмовність як імовірність відсутності за час наробітку L першої параметричної відмови визначають так

$$P(L) = \exp\left\{-\frac{T}{2\pi} \frac{\sigma_{\dot{z}}}{\sigma_z} \exp\left[-\frac{(R - m_z)^2}{2\sigma_z^2}\right]\right\}$$

Процеси, що відбуваються з середньою швидкістю, відбуваються під час безвідмовної роботи автопоїзда вимірюються пробігом.

Дослідження надійності поділяється на три основні етапи:

- побудова на основі теоретичних або експериментальних досліджень залежності відмови основних частин автопоїзда від пробігу;
- ретельний статистичний аналіз умов експлуатації, імовірнісний опис показників надійності;

– побудова розподілу вихідного параметра.

Розподіл вихідного параметра є достатнім, щоб за формулами (13), (14) і (15) визначити оцінки надійності P_p і $R(L)$.

Процеси, що відбуваються з низькою швидкістю, мають місце у період експлуатації автопоїзда між періодичними оглядами чи ремонтами. До них належить зношування, накопичення утомних пошкоджень, корозія тощо. Такі процеси викликають зміну статистичних характеристик параметра стану в часі (пробігу), у зв'язку з чим його вже не можна розглядати як стаціонарну випадкову функцію. Процеси такого типу зазвичай призводять до поступових відмов. При цьому зношування як основний чинник може спричинити граничні стани різного роду. При досягненні величини зносу деякого граничного значення можуть відбуватися різкі, стрибкоподібні зміни в основних елементів автопоїзда. При досягненні параметром стану значень, регламентованих технічною документацією, відбувається параметрична відмова, найбільш проста модель якої базується на припущенні лінійної залежності вихідного параметра від величини зносу.

На практиці часто трапляються випадки, коли поступові відмови внаслідок зношування й раптові відмови, викликані здебільшого несприятливою комбінацією умов експлуатації, практично між собою не зв'язані. Імовірність безвідмовної роботи при спільній дії цих різних факторів визначають так

$$P(L) = P_{zn}(L) \cdot P_p(L), \quad (19)$$

де $P_{zn}(L)$ і $P_p(L)$ – ймовірності безвідмовності, зумовлені відповідно зношуванням і раптовими відмовами.

Для аналізу надійності таких складних систем як автопоїзд доцільно розділити їх на окремі елементи, під якими розуміють такі складові частини системи, які можуть бути характеризовані самостійними вихідними параметрами (параметрами стану) і для яких теоретичним шляхом або експериментальним можуть бути отримані характеристики безвідмовності.

Якщо можливо розчленувати складну систему на окремі елементи і для кожного них окремо визначити ймовірність безвідмовної роботи, то для розрахунків показників надійності системи використовують структурні моделі (схеми). Найбільш характерний випадок, коли відмова кожного з елементів виводить із ладу всю систему – це послідовне з'єднання елементів. Приклад застосування – коробки перемикачів і головної передачі як елементи механічної трансмісії у складі автопоїзда. Відмова кожного з таких елементів призводить до відмови усієї системи. Імовірність безвідмовної роботи такої системи дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи елементів

$$P(L) = P_1(L) \cdot P_2(L) \dots P_n(L) = \prod_{i=1}^n P_i(L). \quad (20)$$

Якщо вихід з ладу всіх означених елементів спричинений тільки раптовими відмовами, які підкоряються експонентному закону, тобто

$$P_1(L) = \exp(-\lambda_1 L); P_2(L) = \exp(-\lambda_2 L); \dots P_n(L) = \exp(-\lambda_n L), \quad (21)$$

то для такої системи ймовірність безвідмовної роботи визначають так

$$P(L) = \prod_{i=1}^n \exp(-\lambda_i L) = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)L] \quad (22)$$

Таким чином, ймовірність безвідмовної роботи складної системи, що складається з елементів, які піддані раптовим відмовам, також підкоряється експонентному закону з параметром $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$.

Простота розрахунків показників надійності системи при раптових відмовах елементів за рівнянням (22) на практиці іноді призводить до того, що цією формулою користуються також і у випадках, коли

причина виходу з ладу – поступові відмови. Це неприпустимо, оскільки у таких випадках є обов'язковим використання загальної формули (19).

У сучасному автомобілебудуванні поширене загальне резервування механізмів, зокрема, у всіх відповідальних вузлах агрегатів і систем автопоїзда застосовують дублюючі системи змащення, ущільнення тощо.

Якщо у структурній моделі надійності автопоїзда n_1 елементів не дубльовані, а n_2 елементів дубльовані, то ймовірність безвідмовної роботи такої системи

$$P(l) = P_d(l) \cdot P_c(l) = \prod_{i=1}^{n_1} P_i(l) \cdot \prod_{i=1}^{n_2} [1 - Q_j^2(l)] \quad (23)$$

Висновки

Запропонована модель дозволяє вирішувати практичні задачі з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда, обґрунтовувати раціональний режим періодичності ТО та норм надійності між елементами механічних систем, агрегатів, механізмів тощо.

Перспективи подальших досліджень

Метою подальших досліджень є вивчення експлуатаційних властивостей автопоїздів, що змінюються в процесі експлуатації за допомогою удосконаленою моделлю для кваліметричних оцінок технічного рівня їх стану.

Список використаних джерел

1. Заблонський К. І. Деталі машин / К. І. Заблонський. – Одеса : АстроПринт, 1999. – 403 с.
2. Гутиря С. С. Підвищення технічного рівня механізмів паралельної структури і кінематики у складі технологічних комплексів [Електронний ресурс] / С. С. Гутиря, В. П. Яглінський, Аймен Сабах // Технологічні комплекси [Науковий журнал]. – Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – №1,2 (5,6). – С. 50-56. – Режим доступу: <http://t-komplex.net.ua/ua/art5-6-006>.
3. Яглінський В.П. Кінематика обладнання на основі механізмів паралельної структури: Монографія / В.П. Яглінський, В.В. Ержуков, А.Г. Ивахненко и др. // Прогрессивное машиностроительное оборудование. Коллективная монография. – Орел : Изд. дом «Снептр», 2011. – 455 с.
4. Yaglinsky V.P. Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya, O.U. Bezuglenko // Annals of DAAAM International 2004. – Vienna, 2004. – P. 37-38.
5. Yaglinsky V.P. System criteria analysis and function optimization of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya // TEKA Kom. Mol. Energ. Roln., 6A. – Lublin, 2006. – P. 70-81.
6. Сахно В.П. Аналіз умов забезпечення працездатності автотранспортних засобів на основі удосконалення системи технічного обслуговування / В.П. Сахно, О.П. Сакно, О.В. Лусий // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка [«Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»]. – Харків : ХНТУСГ, 2015. – Вип. 158. – С. 144-149.
7. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
8. Андрианов Ю.В. Методические рекомендации по экспресс-оценке стоимости в отношении транспортных средств / Ю.В. Андрианов, В.И. Кравчинский // ОАО «НИИАТ» – Москва, 2007. – №1 – 4067/НИИАТ.
9. Сахно В.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів / Сахно В.П., Костенко А.В., Загороднов М.І. та ін. // Навчальний посібник. – Донецьк : Ноулідж (донецьке відділення), 2014. – 444 с.

10. Солтус А.П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Учебное пособие для вузов / Солтус А.П. – Кременчук : КГПУ, 2003. – 152 с.
11. Лукинский В.С. прогнозирование надежности автомобилей / Лукинский В.С., Зайцев Е.И. – Л. : Политехника, 1991. – 224 с.
12. Бажин О.В. Надійність автомобільних поїздів : монографія / О.В. Бажин, О.П. Кравченко. – Луганськ : Ноулідж, 2009. – 412 с.
13. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О.П. Кравченко // Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Х. : ХНАДУ, 2007. – 36 с.
14. Проников А.С. Параметрическая надежность машин / Проников А.С. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.

Рецензент: Миргород В.Ф., д.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса)

К ВОПРОСУ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ СОСТОЯНИЯ АВТОПОЕЗДОВ

О.П. Сакно, А.В. Лысый, В.А. Маханьков, Д.И. Муженко, А.И. Подымский, Р.Л. Пришляк

Предложена усовершенствованная модель для квалиметрических оценок технического уровня состояния автопоездов. В графической интерпретации усовершенствованная модель представляет собой многогранник, построенный в координатах, которые соответствуют определенным интегральным параметрам автопоезда (экономичность, динамичность, надежность и тому подобное). Это позволяет решать практические задачи сравнения различных вариантов уровня технического состояния автопоезда, обосновывать рациональный режим периодичности ТО и норм надежности между элементами агрегатов.

Ключевые слова: автопоезд, свойство, техническое состояние, квалиметрическая оценка, техническое обслуживание.

ON THE ISSUE OF RATING OF QUALITY METERING OF ASSESSMENTS OF THE ENGINEERING LEVEL OF OPERABLE CONDITION OF THE TRACTOR-TRAILERS

O. Sakno, O. Lysyi, V. Makhankov, D. Muzhenko, A. Podymskyi, R. Pryshliak

The improved model is proposed for rating of quality metering of assessments of the engineering level of operable condition of the tractor-trailers. The improved model is a polyhedron in graphical interpretation it is built in the coordinates that correspond to a certain integral characteristics of the tractor-trailers (efficiency, dynamism, reliability etc). This allows us to solve the practical problem of comparing different variants of level of the technical condition of the tractor-trailers, to ground rational conditions of maintenance and norms of reliability between structural elements.

Keywords: tractor-trailer, property, technical condition, rating of quality metering, maintenance.

УДК 355.02

О.М. Семененко¹, к.т.н., с.н.с.**В.Л. Іванов¹, к.т.н., доц.****Р.В. Колчін², к.т.н.****О.І. Зарицький³**¹Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна²Військова академія (м. Одеса), Україна³Центральний науково-дослідний інститут ЗС України, м. Київ, Україна

МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ГРАНИЧНИХ ОБСЯГІВ ОНОВЛЕННЯ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ОДНОГО ТИПУ

У статті авторами запропоновано методику обґрунтування граничних обсягів оновлення озброєння та військової техніки одного типу в процесі формування програм розвитку озброєння та військової техніки ЗС України.

Ключові слова: граничні обсяги, кількісна оцінка, воєнно-економічна ефективність

Актуальність проблеми та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями

Аналіз розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) провідних країн світу та їх застосування у сучасних воєнних конфліктах [1–3] свідчить про те, що сучасні вимоги до підвищення якості наявних зразків ОВТ постійно зростають. Перед керівництвом ЗС України сьогодні, в складних умовах протистояння відкритої агресії Росії, стоїть завдання щодо негайного оновлення та удосконалення наявного ОВТ ЗС України. Прийняття рішень щодо визначення доцільних кількостей удосконалених та оновлених зразків ОВТ протягом визначеного періоду часу в програмах, планах розвитку ЗС України та ОВТ ЗС України є сьогодні достатньо складним та непрозорим питанням.

В сучасних умовах розвитку ЗС України показник необхідної інтенсивності оновлення зразків ОВТ ЗС України повинен збільшуватися з кожним роком, бо зразки озброєння ЗС України перебувають у військовій експлуатації досить тривалий час (від 15 до 30 років), а вимоги до рівня бойової готовності постійно підвищуються. Все це формує потребу в заміні, вдосконаленні наявних зразків ОВТ ЗС України [1, 2], які не є конкурентоспроможними під час їх застосування проти сучасних зразків ОВТ Російської Федерації за досвідом АТО [1–3]. Але прийняття рішень щодо визначення доцільної кількості зразків ОВТ ЗС України, що будуть удосконалюватися (оновлюватися), повинно базуватися як на показниках економічних можливостей, так і на показниках цільової необхідності. Тому питання розроблення методики обґрунтування граничних обсягів оновлення озброєння та військової техніки одного типу в процесі формування програм розвитку озброєння та військової техніки ЗС України є сьогодні актуальним та своєчасним в умовах реформування ЗС України.

Аналіз останніх досліджень, публікацій та керівних документів

Аналіз останніх досліджень, публікацій та керівних документів [1–8] показує, що сьогодні, під час складання та затвердження документів оборонного планування на перспективу [1, 2, 4, 5], воєнно-економічним питанням приділяється значна увага як у процесі їх формування, так і під час оцінювання результатів їх виконання за плановий період. Керівництво держави наголошує на необхідності воєнно-економічного обґрунтування будь-яких рішень, пов'язаних із подальшим

розвитком ЗС України. Питання прийняття рішень щодо доцільності кількісних показників удосконалення (оновлення) ОВТ ЗС України є одним із головних у переліку заходів подальшого реформування та розвитку ЗС України в сучасних умовах. Для обґрунтування рішень щодо подальшого вибору доцільних шляхів розвитку ОВТ ЗС України необхідно враховувати дві суперечливі складові, які між собою тісно пов'язані. Це підвищення рівня бойової ефективності ОВТ за рахунок їх оновлення за умови виправданих обсягів витрат.

Питання формування реалістичних планів та програм розвитку ЗС України в процесах оборонного планування залишається сьогодні достатньо актуальним. Необхідність проведення оновлення парку ОВТ, модернізації та заміни застарілих зразків ОВТ не викликає сумніву, але показники граничних обсягів оновлення ОВТ ЗС України за період повинні бути обґрунтовані та виважені.

Тому **мета статті** полягає у розробленні методики обґрунтування граничних обсягів оновлення озброєння та військової техніки одного типу в процесі формування програм розвитку озброєння та військової техніки ЗС України.

Виклад основних положень матеріалу статті

Для обґрунтування показників раціональних обсягів оновлених ОВТ у програмах розвитку ОВТ спочатку треба прийняти рішення щодо доцільності його оновлення. Для прийняття рішення треба визначити критерій, за яким воно буде прийматися.

Критерій доцільності прийняття рішення щодо розроблення нового чи удосконалення наявного зразка ОВТ повинен містити у собі кількісну оцінку приросту якості зразка ОВТ за його цільовим призначенням (повинна бути оцінка як наявного зразка так і вдосконаленого), при цьому бажано, щоб характеристика якості розкривала вимоги до його кінцевого призначення, тобто враховувала зміни бойового або цільового ефекту. А також критерій повинен враховувати всі види додаткових витрат, які пов'язані з підвищенням якості зразка ОВТ, а також воєнно-економічний ефект [6, 7].

Для вирішення задачі такого роду можна використати деякі положення Методики визначення економічної ефективності використання нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій [6]. Відштовхуючись від загальних положень щодо межі застосування машин [6, 8], найбільш доцільно як критерій оцінювання воєнно-економічної ефективності оновлення ОВТ (ΔE) прийняти різницю в вартості виконання одного й того ж завдання наявним ($C_{зав.існ.}$) та оновленим (удосконаленим) ($C_{зав.онов.}$) зразком ОВТ:

$$\Delta E = C_{зав.існ.} - C_{зав.онов.}, \quad (1)$$

Якщо в результаті розрахунків отримуємо, що (ΔE) суттєво більше за нуль, то вдосконалення доцільне, оскільки вартість виконання завдання оновленим зразком ОВТ буде менша, ніж існуючим. Якщо ж (ΔE) менше нуля, то оновлення недоцільне, а якщо $\Delta E = 0$ чи є досить малою величиною, то рішення повинно прийматися із урахуванням інших обставин.

Враховуючи кількість циклів корисної роботи, необхідних для виконання поставленого завдання існуючим ($n_{і існ.}$) та оновленим ($n_{і онов.}$) зразком ОВТ, формулу (2) можна представити як:

$$\Delta E = C_{і зав.існ.} \cdot n_{і існ.} + C_{і зав.онов.} \cdot n_{і онов.}, \quad (2)$$

де: $C_{і зав.існ.}$, $C_{і зав.онов.}$ – вартість одного i -ого циклу роботи існуючого та оновленого зразка ОВТ.

Будь-який процес оновлення (удосконалення, модернізації чи розроблення) ОВТ вимагає: спеціальних НДР чи ДКР (вартістю $C_{ДКР}$); витрат на додаткове технологічне оснащення

виробництва (вартістю $C_{осн.}$); збільшення вартості виробництва вдосконаленого зразка порівняно з наявним ($C_{вир.}$) на $(C_{онов.} - C_{існ.})$. Тоді вартість виконання завдання оновленим зразком ОВТ можна визначити як:

$$C_{i \text{ зав. онов.}} = C_{i \text{ зав. існ.}} + \frac{C_{онов.} - C_{існ.}}{R} + \frac{C_{ДКР} + C_{осн.}}{N \cdot R}, \quad (3)$$

де: N – обсяг випуску оновлених зразків ОВТ; R – технічний ресурс зразка ОВТ.

Після врахування показника зменшення чи збільшення експлуатаційних витрат ($\Delta C_{експ.}$), які припадають на один цикл виконання умовного завдання, формула 1 набуде вигляду:

$$\Delta E = C_{i \text{ зав. існ.}} \cdot n_{існ.} - n_{онов.} \left(C_{i \text{ зав. існ.}} + \frac{C_{онов.} + C_{існ.}}{R} + \frac{C_{ДКР} + C_{осн.}}{N \cdot R} \pm \frac{\Delta C_{експ.}}{R} \right). \quad (4)$$

Якщо зробити перегрупування формули (4) з метою згрупування витрат та ефекту споживача удосконаленого зразка ОВТ ($\Delta E_{спожив.}$) і витрат виробника ($\Delta E_{вироб.}$) – промислових організацій, отримаємо:

$$\Delta E = \underbrace{n_{існ.} \left(C_{зав. існ.} \cdot \left(\frac{n_{існ.}}{n_{онов.}} - 1 \right) \pm \frac{\Delta C_{експ.}}{R} \right)}_{\Delta E_{спож.}} - \underbrace{n_{онов.} \left(\frac{C_{онов.} + C_{існ.}}{R} + \frac{C_{ДКР} + C_{осн.}}{N \cdot R} \right)}_{\Delta E_{вироб.}}, \quad (5)$$

тоді:

$$\Delta E = \Delta E_{спожив.} + E_{вироб.}, \quad (6)$$

де: $\Delta E_{спожив.}$ – ефект споживача; $\Delta E_{вироб.}$ – ефект виробника.

Таким чином, формула (2), яка відображає різницю вартості виконання i -го завдання існуючим та оновленим зразком ОВТ перетворена на формулу (6), із якої видно, що, якщо ефект у вартісному еквіваленті, отриманий від оновлення зразка ОВТ, дорівнює: $C_{зав. існ.} \left(n_{і зав. існ.} / n_{і зав. онов.} - 1 \right)$, з урахуванням можливих змін експлуатаційних витрат, буде вищий ніж додаткові витрати, тоді доцільно прийняти позитивне рішення щодо оновлення зразка ОВТ.

Під час проведення розрахунків показників воєнно-економічної ефективності оновлення ОВТ треба забезпечити такі умови співставлення варіантів: критерієм доцільності оновлення ОВТ повинна бути величина ефекту, яка визначається на річний обсяг виробництва в розрахунковому році, тобто річний економічний ефект [6–7]. Також, якщо поточні витрати змінюються із часом, а капітальні внески здійснюються протягом декількох років, тоді враховується фактор часу.

Для врахування першої вимоги необхідно від ефекту (ΔE), розрахованого за формулою (5), перейти до річного ефекту (ΔE_p), який визначається на обсяг оновлених зразків ОВТ у розрахунковому році, тобто:

$$\Delta E_p = \frac{\Delta E}{n_{1 \text{ онов.}}} \cdot V_p \cdot R, \quad (7)$$

де: $n_{1\text{ онов.}}$ – одиночна партія оновлених зразків ОБТ; V_p – обсяг оновлених зразків ОБТ в розрахунковому році; R – технічний ресурс зразка ОБТ.

Величина $\Delta E/n_{1\text{ онов.}}$ становить величину ефекту від одного циклу застосування зразка ОБТ. Друга частина формули (7) ($V_p \cdot R$) характеризує кількість циклів застосування, які можуть бути виконані оновленими зразками ОБТ у розрахунковому році. У загальному вигляді формула (7) є добутком ефекту від одного циклу застосування оновленого зразка ОБТ на загальну кількість циклів, які виконані в розрахунковому році, вона характеризує річний економічний ефект (ΔE_p):

$$\Delta E_p = V_p \cdot R \cdot \left[C_{i\text{ зав. існ.}} \cdot \left(\frac{n_{i\text{ існ.}}}{n_{i\text{ онов.}}} - 1 \right) \pm \frac{\Delta C_{\text{експ.}}}{R} \right] - V_p \cdot R \cdot \left(\frac{C_{i\text{ онов.}} - C_{i\text{ існ.}}}{R} + \frac{C_{\text{ДКР}} + C_{\text{осн.}}}{N \cdot R} \right) \quad (8)$$

Для продукції оборонного виробництва за розрахунковий рік доцільно приймати другий рік серійного випуску оновлених зразків ОБТ [6, 7]. Якщо врахувати фактор часу, то всі одноразові та поточні витрати на оновлення зразків ОБТ перемножуються на коефіцієнт зведення [5, 6]:

$$\alpha_t = (1 + E_{\text{н.н.}})^{\Delta t}, \quad (9)$$

де: $E_{\text{н.н.}} = 0,1$ – норматив приведення; Δt – кількість років, які відокремлюють початок розрахункового року t_p від років t , в яких здійснюються витрати чи отримується ефект, тобто $\Delta t = t_p - t - 1$.

За змінними річними витратами, наприклад, собівартістю, розраховується середньорічна її величина, яка використовується у (8):

$$\bar{C}^{(t)} = \sum_{t=1}^n C_t \cdot \alpha_t / n, \quad (10)$$

де: C_t – поточні витрати в t -ому році.

Тоді формула (8) прийме вигляд:

$$\Delta E_p = V_p \cdot R \cdot \left[C_{i\text{ зав. існ.}} \cdot \left(\frac{n_{i\text{ існ.}}}{n_{i\text{ онов.}}} - 1 \right) \pm \frac{\Delta C_{\text{експ.}}^{(t)}}{R} \right] - V_p \cdot R \cdot \left(\frac{\bar{C}_{\text{онов.}}^{(t)} - \bar{C}_{\text{існ.}}^{(t)}}{R} + \frac{C_{\text{ДКР}}^{(t)} + C_{\text{осн.}}^{(t)}}{N \cdot R} \right) \quad (11)$$

Кількість циклів корисної роботи зразка ОБТ, необхідних для виконання поставленого завдання можна розрахувати як:

$$n_i = \frac{\ln(1 - P_{\text{необ.}})}{\ln(1 - P_1 \cdot P_n \cdot P_{\text{ос.}})}, \quad (12)$$

де: $P_{\text{необ.}}$ – необхідний показник імовірності виконання i -ого завдання; P_{i1} – рівень виконання завдання за один цикл корисної роботи; $P_{\text{ос.}}$ – показник рівня підготовки особового складу, тобто ймовірність здатності виконати всі дії для виконання i -ого завдання; P_n – показник надійності роботи зразка ОБТ.

Якщо враховувати те, що наявний та оновлений зразок ОБТ будуть виконувати одне й теж саме завдання, тоді вираз для співвідношення ($n_{i\text{ існ.}}/n_{i\text{ онов.}}$) можна записати як:

$$\frac{n_{i\text{ існ.}}}{n_{i\text{ онов.}}} = \frac{\ln(1 - P_{1\text{ онов.}} \cdot P_{n\text{ онов.}} \cdot P_{\text{ос. онов.}})}{\ln(1 - P_{1\text{ існ.}} \cdot P_{n\text{ онов.}} \cdot P_{\text{ос. існ.}})} \quad (13)$$

За формулою (11) бачимо: якщо за постійного річного оновлення будь-якого виду зразків ОВТ збільшувати обсяги оновлення (N), то ефект буде зростати, тобто за $N \rightarrow \infty$ ефект буде наближуватися до постійної величини (позитивної чи негативної) (рис. 1); навпаки при зменшенні обсягів оновлення цих зразків ефект буде зменшуватися та за деякого значення досягне нуля. Така величина формули (8) як $(C_{ДКР} + C_{осн.} / N \cdot R)$ при $N \rightarrow \infty$ буде наближатися до нескінченності, тоді увесь ефект ΔE_p – до мінус нескінченності. Величина сумарного ефекту під час змін N може пройти значення нуля за досягнення якогось граничного значення обсягу ($N_{гран.}$) оновлюваних зразків ОВТ. Аналізуючи рис. 1, для пошуку граничних обсягів оновлення ОВТ одного типу за період необхідно ΔE_p прирівняти до нуля:

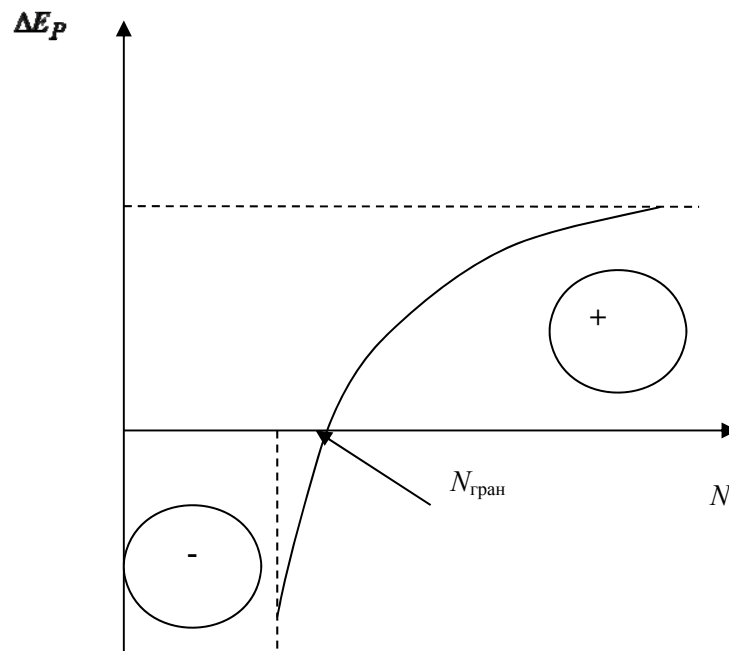


Рис. 1 – Зміни сумарного річного економічного ефекту, залежно від обсягів оновлення ОВТ ($N_{гран.}$ – граничний обсяг оновлення)

Зміст показника $N_{гран.}$ полягає в тому, що коли оновлювати ОВТ за період у кількості $N < N_{гран.}$, то сумарний ефект ΔE_p буде негативним, тоді й оновлення стає недоцільним, і тільки за $N > N_{гран.}$ удосконалення є доцільним. Формула (11) дозволяє знаходити не тільки граничний обсяг оновлення зразків ОВТ одного типу, а й інші граничні значення: максимально припустимий обсяг витрат на ДКР та оснащення, мінімально потрібний рівень підвищення якості тощо. Наприклад, коли розрахунки показують, що за деяких умов оновлення недоцільне, то можна знайти припустиму нижню границю оновлення, після якого за тих же витрат удосконалення дає позитивний ефект.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Запропонована методика обґрунтування граничних обсягів оновлення озброєння та військової техніки одного типу дозволить визначати граничні обсяги оновлення зразків озброєння та військової техніки одного типу, за яких оновлення або удосконалення має сенс, що дозволить уникати безцільового витрачання державних коштів в програмах розвитку ОВТ та підвищить ефективність формування програм розвитку ЗС України та розвитку ОВТ.

Подальшими дослідженнями передбачається удосконалення розробленої методики шляхом врахування можливих ризиків зміни навколишньої обстановки протягом періоду дії програм розвитку.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про оборонне планування» від 18 листопада 2004 року № 2198-IV.
2. Пріоритети розвитку Збройних Сил України з урахуванням участі у гібридній війні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.president.gov.ua/documents>.
3. Україна 2014-2015: Долаючи виклики (аналітичні оцінки) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.razumkov.org.ua/upload/Pidsumky_2014_2015_A4_fnl.pdf.
4. Російська збройна агресія проти України (2014-2015) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/>.
5. Вооружённые силы США: организация, строительство, применение // Зарубежное военное обозрение – М., 2009. – № 7. – С. 9–14.
6. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений, рационализаторских предложений [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economicantu.com.ua>.
7. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций / Учебник для слушателей Военного финансово-экономического факультета при Московском финансовом институте // Г.П. Жуков, С.Ф. Викулов. – М. : Воениздат, 1987. – 440 с .
8. Основы теории и методологии планирования строительства Вооружённых сил Российской федерации / под ред. А.В. Квашина. – М. : Воентехиздат, 2002. – 232 с.

Рецензент: Д.В. Лісовенко к.т.н., Військова академія (м. Одеса)

**МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ГРАНИЧНЫХ ОБЪЕМОВ ОБНОВЛЕНИЯ
ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ОДНОГО ТИПА**

О.М. Семененко, В.Л. Иванов, Р.В. Колчин, О.И. Зарицкий

В статье авторами предложена методика обоснования граничных объемов обновления вооружения и военной техники одного типа в процессе формирования программ развития вооружения и военной техники ВС Украины.

Ключевые слова: граничные объемы, количественная оценка, военно-экономическая эффективность.

**METHODOLOGY OF GROUND OF BORDER VOLUMES OF UPDATING
OF STANDARDS OF ARMAMENT AND MILITARY TECHNIQUE OF ONE TYPE**

O. Semenenko, V. Ivanov, R. Kolchin, O. Zaryckiy

In the article authors are offer methodology of ground of border volumes of updating of armament and military technique of one type in the process of forming of the programs of development of armament and military technique of the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: border volumes, quantitative estimation, military and economic efficiency.

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 Черняховського, м Київ, Україна*

ВДОСКОНАЛЕННЯ РОЗВІДУВАЛЬНОГО ЦИКЛУ БЕЗПІЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПІДСИСТЕМИ ВІЯВЛЕННЯ ПЛОЩАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Розглянуті питання сучасного стану та перспектив розвитку засобів повітряної розвідки у ЗС України. На основі аналізу бойових дій на сході України, перспективних напрямів розвитку локальних та глобальних систем обробки інформації в арміях провідних країн світу та наукового підходу запропонований один з можливих напрямків подальшого розвитку засобів повітряної розвідки ЗС України.

Ключові слова: комплекс повітряної розвідки, автоматизована система обробки інформації, безпілотний авіаційний комплекс.

Постановка проблеми

Важливою тенденцією останніх війн та збройних конфліктів є зростання ролі та можливостей систем розвідки, які стали невід'ємною частиною бойової діяльності військ. Комплексна цілеспрямована діяльність щодо збору, накопичення, аналізу і доведення розвідувальних даних, яка розпочинається, як правило, за декілька тижнів (місяців) до початку бойових дій із застосуванням всіх видів та засобів розвідки дозволяє оперативно виявляти об'єкти ураження на всю глибину території противника.

Повітряна розвідка є одним з найбільш інформативних та оперативних видів розвідки, що забезпечує бойові дії авіації та інших видів і родів військ даними про протидіючі угруповання противника і геотопографічні характеристики району бойових дій.

Досвід сучасних воєнних конфліктів свідчить про суттєве посилення ролі аерокосмічних засобів розвідки та спостереження, які в масштабі часу, близькому до реального, дозволяють найточніше визначати координати об'єктів і виконувати оглядову та детальну зйомку.

Головним напрямом всебічного забезпечення дій збройних сил є отримання технічної переваги у високоточних видах озброєнь, невід'ємним компонентом яких є аерокосмічні системи розвідки. Вони стали базовими для розвитку інформаційного середовища високоточної зброї і стимулюють оснащення збройних сил сучасними видами озброєння.

Успіх ведення бойових дій багато в чому визначатиметься своєчасністю, повнотою і достовірністю одержуваних командуванням розвідувальних даних. Руйнівна сила звичайної та високоточної зброї, а також збільшена мобільність і маневреність військ зробили розвідку ключем до успіху в бою, операції й у війні в цілому. Найбільше всьому комплексу вимог, що висувуються до розвідки в сучасних умовах, відповідає повітряна розвідка як основний засіб, що дозволяє здобувати дані про велику кількість об'єктів у відносно короткі терміни.

Найхарактернішою рисою збройної боротьби сучасності та найближчого майбутнього варто вважати провідну роль розвідки, управління військами і зброєю, передачі даних і вогневе ураження противника в масштабі часу, наближеному до реального.

Основні шляхи розвитку розвідувальних органів США визначені програмним документом Vision-2015: Globally Networked and Integrated Intelligence Enterprise. У ньому окреслено головну вимогу до розвідки – підтримка рішень у реальному масштабі часу.

Аналіз застосування частин та підрозділів Збройних Сил України у зоні АТО свідчить про те, що наявні сили та засоби повітряної розвідки не у повній мірі задовольняють потреби військ (сил) у своєчасній та достовірній інформації [7,9,14]. Не лише кількість та технічний стан наявних засобів повітряної розвідки, а і морально застарілі технології побудови не дозволяють досягти прориву в цьому пріоритетному напрямку.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

На цей час засоби повітряної розвідки розглядаються як системоутворююча складова воєнно-технічних засобів ведення збройної боротьби. Для імплементації концепції «Ведення бойових дій у єдиному інформаційному полі» (США) провідні країни світу розробляють глобальні системи. Такі як система бойового управління та зв'язку сухопутних військ «Army Tactical Command and Control System», глобальна система оперативного управління сухопутних військ «Global Command and Control System», система стратегічної повітряної розвідки наземних цілей НАТО «Alliance Ground Surveillance», об'єднана система збору та розподілу інформації, спостереження і розвідки НАТО «Joint Intelligence, Surveillance & Reconnaissance», глобальна система управління тилового забезпечення збройних сил «Global Combat Support System – Joint», автоматизована система збору, обробки та розподілу розвідувальної інформації («Distributed Common Ground System»), які містять автоматизовані підсистеми обробки та аналізу розвідувальної інформації [5, 7, 13, 14].

Вирішальну роль в таких підсистемах відіграють методи, алгоритми та обчислювальні засоби, які дозволяють в автоматизованому режимі визначати та розпізнавати цілі на знімках земної поверхні. Методи автоматизованого прийому, обробки, аналізу та розподілу розвідувальної інформації знаходять місце як під час створення глобальних систем, так і у процесі побудови підсистем засобів повітряної розвідки. Це стосується і безпілотних авіаційних комплексів (БПАК). Актуальність розробок та застосування таких комплексів для потреб Збройних Сил України важко переоцінити. Забезпечення сучасними БПАК вирішується у рамках відповідної концепції оснащення на період до 2025 року. Державним науково-дослідним інститутом авіації спільно з фахівцями ДП «Чугуївський АРЗ» розроблено проект концепції створення Єдиної системи повітряного спостереження. Здійснюються заходи щодо закупівлі, проведення дослідної експлуатації та прийняття на озброєння вітчизняних БПАК А1-С «Фурія», «Spektator M» та «PATRIOT», а також спільні рішення МО і ДК «Укроборонпром» щодо закупівлі іноземних БПАК «Fiy Eye» та «Spy Arrow» [3]. ДП «АНТОНОВ» здійснює заходи з пошуку потенційних іноземних партнерів для виробничої кооперації зі створення БПАК [3]. Державний науково-дослідний інститут авіації [3] планує створення вітчизняних безпілотних авіаційних комплексів, для чого відкриті дослідно-конструкторські роботи зі створення БПАК, шифр «Ластівка», «Горлиця» та з питань модернізації ВР-2 «Стриж».

Дослідження з удосконалення БПАК за рахунок впровадження автоматизованих підсистем виявлення наземних об'єктів ведуться обмеженою кількістю вітчизняних розробників. Більшість з них використовує розповсюджене дешеве програмне забезпечення, яке не дозволяє у повному обсязі здійснювати виявлення та розпізнавання наземних об'єктів із заданою точністю та необхідною оперативністю. Світові лідери з виробництва БПАК впроваджують у свої розробки елементи машинного зору, здатні за допомогою різноманітних датчиків отримувати й обробляти зображення, з подальшим створенням модельного зображення, виявленням та розпізнаванням наземних об'єктів за рахунок швидкодіючих спеціалізованих цифрових обчислювальних систем. Такі підсистеми можливо структурно поділити на апаратну та програмну складові (програми, алгоритми).

Багато наукових робіт [8, с. 6] було присвячено розробці алгоритмів та методів програмної складової підсистеми виявлення наземних об'єктів, однак на сьогодні рівень їх ефективності не у повному обсязі відповідає сучасним вимогам до розвідувальних систем.

Постановка задачі та її розв'язання

До остаточно невирішених питань повітряної розвідки можливо зарахувати:

великий час від початку фактичних дій противника (які можливо виявити за допомогою засобів повітряної розвідки) до отримання першої розпізнаної цілі з її координатами (фактично відсутність інформації з координатами цілі у масштабі реального часу (МРЧ));

перехоплення управління БПЛА або придушення сигналів управління, навігації та каналів передачі інформації.

Для вирішення цього пропонується відокремити елементи ведення повітряної розвідки та обробки розвідувальної інформації з послідовності одержання розвідувальної інформації (рис. 1.) та розглянути їх більш ретельно.

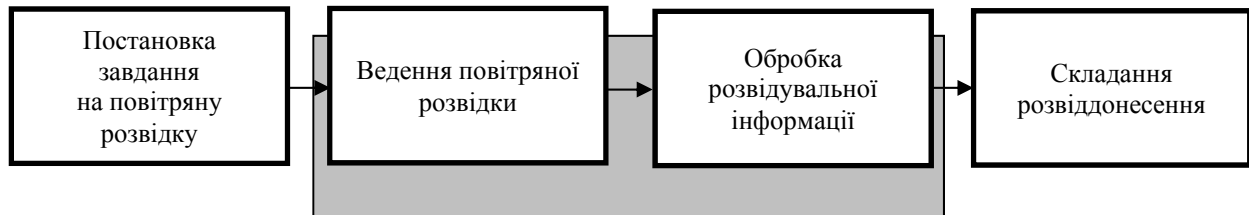


Рис. 1 – Послідовність одержання розвідувальної інформації

У процесі ведення повітряної розвідки та обробки розвідувальної інформації задіяні наземні та повітряні компоненти. До наземного компоненту БПАК варто зарахувати:

- пускову установку;
- пункт управління;
- центр обробки інформації (ЦОІ);
- групу технічного забезпечення (лабораторію);
- засоби комунікації.

До повітряного компоненту БПАК можна зарахувати:

- безпілотний літальний апарат (БПЛА);
- модуль управління БПЛА;
- оптико-електронний модуль;
- засоби комунікації БПЛА.

Алгоритм ведення повітряної розвідки та обробки інформації за допомогою БПАК включає такі процедури:

- підготовка до старту (введення даних цілі, навігації, технічне обслуговування компонентів, заправлення і т.п.);

- пуск БПЛА;
- контроль (корегування), управління польотом;
- отримання інформації оптико-електронним модулем БПЛА;
- передання інформації у режимі реального часу на ЦОІ;
- посадку БПЛА;
- зняття інформації з БПЛА;
- передання інформації на ЦОІ;
- підготовка (дешифрування, проявлення, виготовлення фотографій) інформації до обробки;
- обробку інформації.

Пов'язавши складові компоненти БПАК та алгоритми ведення повітряної розвідки, пропонуємо варіант повного розвідувального циклу отримання інформації за допомогою БПАК у часовому просторі. (Рис 2.). Розглядаючи повний розвідувальний цикл отримання інформації, можливо припустити причини виникнення основних проблем повітряної розвідки та можливості щодо їх вирішення.

Сили та засоби повітряної розвідки, які перебувають на озброєнні Збройних Сил України та використовуються у зоні АТО за своїми технічними характеристиками спроможні передавати інформацію у масштабі, близькому до реального, у телевізійному форматі але цього недостатньо для розпізнавання та класифікації більшості типів об'єктів внаслідок низької роздільної здатності камер, можливості точної прив'язки координат цілі, різнорідних шумів та перешкод, а також протидії засобів противника.

Аналіз знімків з необхідною деталізацією здійснюється лише після приземлення БПЛА та доставки інформації у ЦОІ. Час від виявлення до готовності обробленої інформації може складати від 2 до 6 годин.

Засоби протидії противника здатні заглушити сигнали управління та канали передачі інформації у визначених діапазонах. Сигнали навігації також можуть бути недоступні у разі постановки перешкод. Внаслідок цього БПЛА може стати некерованим, дезорієнтованим, а в деяких випадках – перехопленим.

Для вирішення цих завдань: скорочення часу розвідувального циклу та зменшення впливу зовнішніх факторів на ефективність виконання завдань БПЛА, пропонуємо застосовувати високотехнологічні системи з елементами машинного зору. Можливі два напрями розвитку подібних систем: впровадження або побудова їх у автоматизованому чи автономному варіантах. У першому випадку система виконує завдання комплексної підтримки прийняття рішення, у другому система не залежить від зовнішнього впливу управлінських команд та сама здатна вирішувати завдання навігації й управління. Алгоритм автономної системи навігації та управління полягає в отриманні зображення місцевості, визначенні характерних об'єктів на зображенні земної поверхні, розпізнаванні об'єктів, видачі управлінських команд системі управління БПЛА або (та) передачі кодової інформації (код об'єкта) на ЦОІ. В автоматизованій системі управлінські рішення формуються за участю оператора.

В таких системах змінюється тільки спосіб прийняття рішення, а алгоритми обробки зображень є практично ідентичними. Системи машинного зору за допомогою подібних алгоритмів знаходять своє місце у різних галузях, від конвеєрних смарт-камер зчитування кодів до високотехнологічного аналізу супутникових та медичних знімків. Тому алгоритми виявлення та розпізнавання об'єктів за знімками земної поверхні актуальні як для локальних систем обробки зображення, так і для глобальних систем обробки розвідувальної інформації.

Основне завдання обробки зображення – це формування однорідних сигналів знімка та покращення зображення для подальшого зорового сприйняття оператором. Основним етапом обробки зображення, який має великі перспективи для розвитку у зв'язку зі своєю складністю, є сегментація зображення. Вона направлена на відокремлення об'єкта від фону з максимально досяжною точністю після того, як знайдена імовірна позиція цілі на зображенні. Враховуючи, що найбільш стійким до зміни датчиків є контури областей, можливо зробити висновок, що від сегментації площини зображення на однорідні області суттєво залежить вся подальша обробка та інтерпретація сцен [11]. Авторами запропоновано модель зображення типу «сукупність областей» двох типів, які апроксимуються авторегресійними та поліноміальними статистичними уявленнями з різними параметрами. При такій постановці класифікація фрагмента зображення зводиться до оцінки параметрів авторегресійної або поліноміальної моделей і прийняття оптимального рішення на користь тієї або іншої гіпотези.

Нехай заданий фрагмент зображення, розміром $m = M \times M$ пікселів, $y_s \in R^m$, та набір гіпотез $H_1, H_2, \dots, H_r$ щодо появи фрагмента зображення r -ою параметричною моделлю. При виборі апріорних ймовірностей про появу k -ої моделлю даних $P(H_k)$, зазвичай вважають всі гіпотези рівноймовірними:

$$P(H_k) = \frac{1}{r}, k = 1, 2, \dots, r.$$

Нехай $f_k(\alpha_k)$ – сумісна щільність імовірності n_k - параметрів моделі. Вони складають вектор оцінюваних параметрів

$$\alpha_k \Omega_k \subset R^{n_k}, k = 1, 2, \dots, r$$

Будемо вважати складові вектора оцінюваних параметрів сукупністю незалежних гаусовських випадкових величин з параметрами (α_k, σ_k^2) .

Вирішальне правило для вибору моделі встановлює у відповідність кожному можливому m -мірного набору даних y_s одну з набору гіпотез $H_1, H_2, \dots, H_r$. Іншими словами, вирішальне правило розділяє спостережуваний «простір» на області $D_1, D_2, \dots, D_r$ так, що дані з області D_j відповідають моделі гіпотези H_j .

За даними y_s вибирається гіпотеза H_j , яка дає найбільшу апостеріорну ймовірність моделі $P(H_j / y_s)$ за формулою Байеса.

Висловимо функцію правдоподібності $P(y_s / H_k)$ через спільну щільність ймовірності $p_k(y_s; \alpha_k)$ і $f_k(\alpha_k)$

$$p(y_s / H_k) = \int_{\Omega} d\alpha_k p_k(y_s; \alpha_k) f_k(\alpha_k), \quad (1)$$

Вважаючи прийнятними регулярні умови, виконаємо апроксимацію спільної щільності ймовірності $p_k(y_s; \alpha_k)$ максимально правдоподібними оцінками елементів вектора α_k .

Розкладемо в ряд Тейлора логарифм спільної щільності ймовірності в околиці точки $\alpha_k = \alpha_k^*$ отримаємо:

$$p_k(y_s; \alpha_k) \cong p_k(y_s; \alpha_k^*) \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\alpha_k - \alpha_k^*)^T [mI(m, \alpha_k^*)] (\alpha_k - \alpha_k^*) \frac{1}{2} \right\}, \quad (2)$$

Де експонентний коефіцієнт визначає відхилення $p_k(y_s; \alpha_k)$ от $p_k(y_s; \alpha_k^*)$.

З гаусівської форми відомо, що $\sum(m) = [mI(m, \alpha_k^*)]^{-1}$ визначає протяжність функції в околиці точки α_k^* . У випадку, коли m елементів набору даних є незалежними і рівномірно розподіленими одиничними відліками, справедливе таке подання

$$p_k(y_s; \alpha_k) = \prod_S p_k((y_s); \alpha_k). \quad (3)$$

Тоді, $I(m, \alpha_k^*) \cong I(\alpha_k) = E \left\{ -\Delta_{\alpha_k \alpha_k}^2 \ln p_k((y_s); \alpha_k) \right\}$, де $I(\alpha_k)$ – інформаційна матриця Фішера, яка не залежить від m . Тому у виразі (3), за умови нехтування нормалізуючою константою, роль коваріаційної матриці грає величина $\sum(m) \cong \frac{1}{m^n k} [I(\alpha_k)]^{-1}$. Використовуючи співвідношення (2), запишемо формулу (3) в наступному вигляді:

$$p(y_s / H_k) = \int_{\Omega_k} d\alpha_k p_k(y_s; \alpha_k) f_k(\alpha_k) = p_k(y_s / \alpha_k^*) \int_{\Omega} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\alpha_k - \alpha_k^*)^T [mI(m, \alpha_k^*)] (\alpha_k - \alpha_k^*) \right\} f_k(\alpha_k) d\alpha_k$$

Характер $\sum(m)$ поведінки впливає на характер об'єднанням Ω_k близько точки α_k^* . Тому зі збільшенням $m - f(\alpha_k) = f(\alpha_k^*)$, маємо вираз для $p(y_s / H_k)$.

Проінтегруємо і прологарифмуємо цей вираз:

$$\ln p(y_s / H_k) \cong \ln p_k(y_s; \alpha_k^*) - \frac{n_k}{2} \ln \frac{m}{2\pi} - 0,5 \ln \det [I(m, \alpha_k^*) + \ln f(\alpha_k^*)]. \quad (4)$$

Подальші перетворення виразу (4) виконаємо за умови, що всі моделі є результатом впливу незалежного і рівномірно розподіленого гауссівського шуму з нульовим середнім і одиничною дисперсією $w_t^{0,1}$:

$$p(y_s; \alpha) = (2\pi p)^{-m/2} (\det B(\phi)) \exp \left\{ -\frac{1}{2p} \sum_t (W_t(y_s, \phi, t))^2 \right\} \quad (5)$$

де $B(\phi)$ – якобіан перетворення від y_s до w_t вектора $\alpha = [\phi, \rho]^T$. значення w_t залежить від y_s , параметрів ϕ та місця розташування t .

Остаточне узагальнене вирішальне правило має вигляд:

$$\begin{aligned} \ln p(y_s / H_k) = & 0,5[(2-m)\ln(\rho^*) - m(\ln(2\pi) + 1) - n_k \ln(m) + \ln(2)] - \\ & - 0,5 \left[\ln \det \left(\frac{1}{m\rho^*} \sum_{t=1}^m [\nabla_{\phi} W_t [\nabla_{\phi} W_t]^T] \right) + \sum_{i=1}^{n_k} \frac{(\theta_i - a_i)^2}{\sigma_k^2} \right] - \sum_{i=1}^{n_k} \ln(\sigma_i). \end{aligned} \quad (6)$$

Процес прийняття рішення зводиться до отримання за даними y_s оцінок вектора $\alpha = [\phi, \rho]^T$ і обчислення логарифма функції правдоподібності виду.

Таким чином, запропонована модель дозволила отримати зручні в обчислювальному плані процедури оцінювання параметрів показу та вирази для параметричного вирішального правила. Це зводить завдання оперативної обробки зображення до процедури перевірки гіпотез статистичної теорії прийняття рішень. Для зменшення помилки сегментації необхідно збільшувати кількість використовуваних моделей, а саме статистичних уявлень з різними параметрами, які використовуються для сегментації. Кожне таке подання має описувати один тип з виділених однорідних областей. Таким чином, кількість областей сегментації визначається, виходячи з розмірів зображення і необхідного часу обробки при допустимій якості сегментації (ймовірності помилки). Експериментальна перевірка працездатності запропонованого математичного забезпечення проводилася на синтезованих модельних і реальних знімках земної поверхні, отриманих від оптико-електронних та радіолокаційних засобів повітряної розвідки. Запропонований підхід дозволяє виокремити пов'язані області на зображеннях земної поверхні, що і є кінцевою метою обробки знімків у автоматизованій підсистемі виявлення площадних об'єктів.

Висновки

Впровадження підсистем виявлення площадних об'єктів у БПАК дозволить (Мал. 3):

від моменту запуску отримувати інформацію у масштабі часу, близькому до реального;

значно звузити канал обміну інформації у системі БПЛА, ПУ, ЦОІ;

здійснювати політ БПЛА в автономному режимі (автоматична зміна маршруту у разі виявлення цілі);

орієнтування БПЛА за об'єктами місцевості у разі встановлення перешкод на сигнали навігації.

Незважаючи на те, що питання аналізу зображень земної поверхні вивчаються давно, алгоритми виявлення та розпізнавання об'єктів є складним науковим завданням, яке на сьогодні не у повній мірі відповідає висунутим вимогам до повітряної розвідки.

Проведений вище аналіз та запропонована модель зображення типу «сукупність областей» двох типів показує, що актуальним на сьогодні є впровадження автоматизованої підсистеми виявлення площадних об'єктів у БПАК та вдосконалення або розробка алгоритмів (методів) виділення та розпізнавання об'єктів, які здатні забезпечити отримання інформації про об'єкти на знімку з високим ступенем оперативності та достовірності.

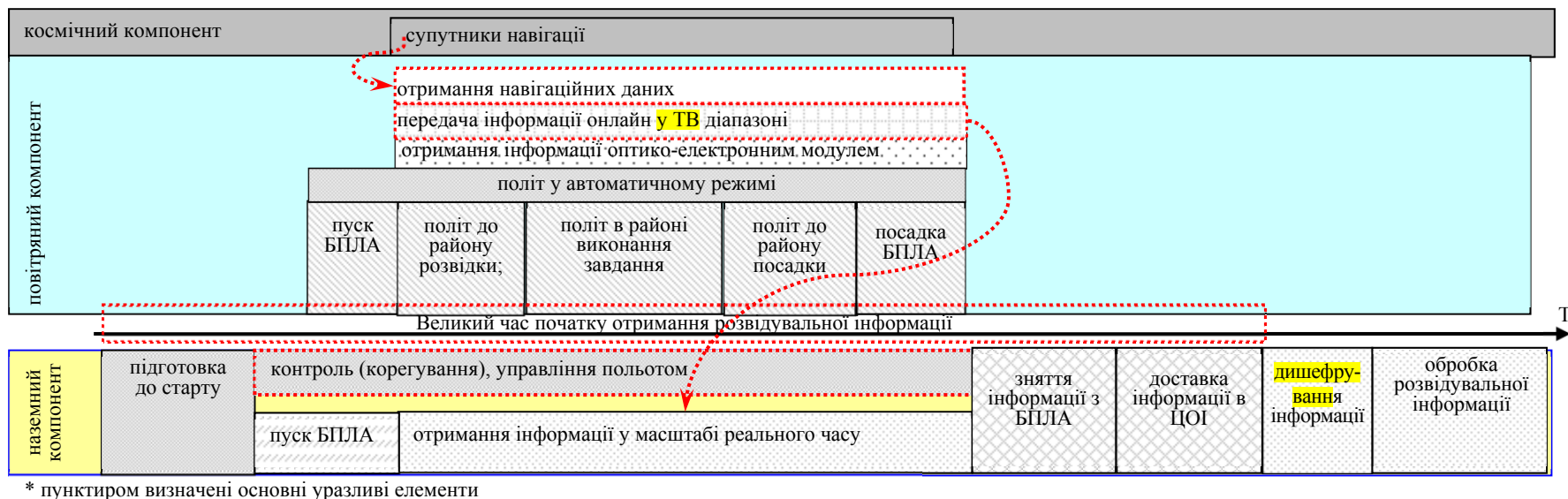


Рис. 2 – Цикл отримання інформації за допомогою БПАК та його найбільш уразливі елементи (Варіант)

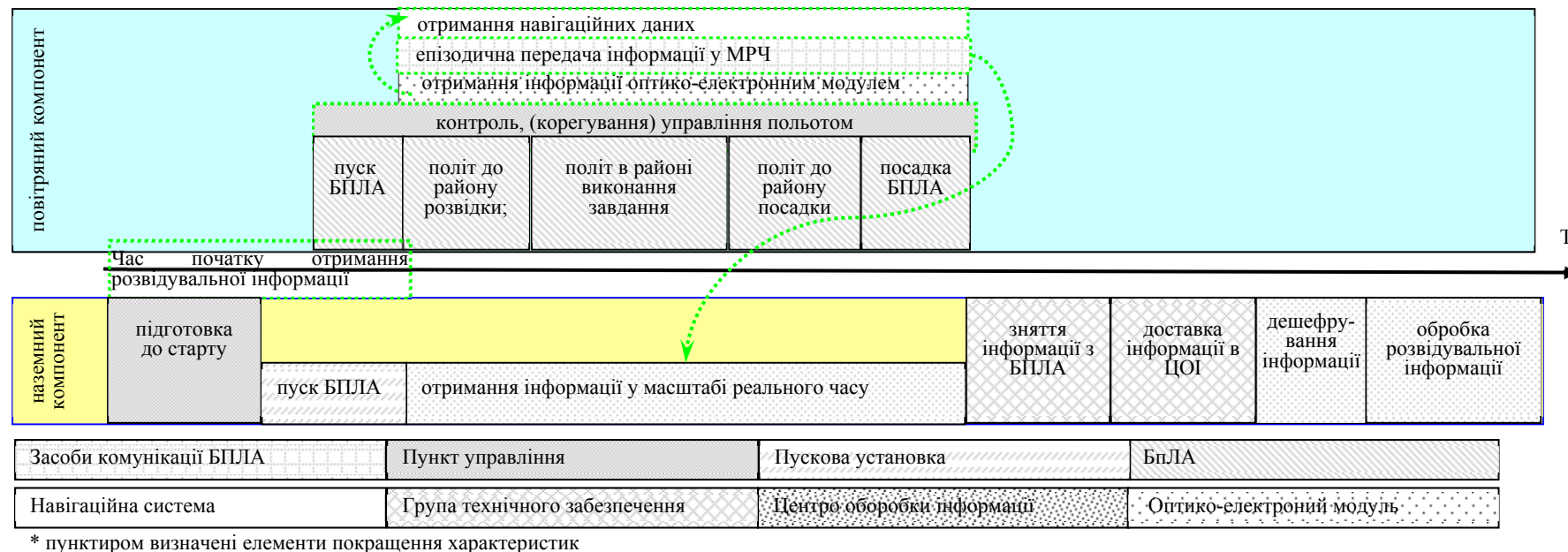


Рис. 3 – Цикл отримання інформації за допомогою БПАК при обробці інформації на БПЛА (Варіант)

Список використаних джерел

1. Артюшин М. Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності: досвід, проблемні питання і тенденції / М. Артюшин, С. Мосов. – К. : НАОУ, 2002. – 202 с.
2. Бирюков И.Ю. Комплексный метод обнаружения и распознавания наземных целей на основе анализа цифровых изображений и регистрации акустических возмущений. Новейшие технологии – для защиты воздушного пространства / И.Ю. Бирюков. – Харьков : ХУПС, 2015. – 298 с.
3. Стан впровадження у Збройних Силах України безпілотних авіаційних комплексів. Проблемні питання та шляхи їх вирішення / Збірник тез доповідей III міжнародної конференції «Перспективи розвитку озброєння. Кооперація підприємств оборонної промисловості з іноземними компаніями – головний напрямок ВТС та основа для створення нових зразків ОБТ» / С.К. Богословець. – 2015. – С. 52–53.
4. Методы интеграции датчиков изображений различной физической природы. / А. Бочкарев, В. Бойцов, Ю. Бойко, М. Орда – М. : «Зарубежная радиоэлектроника». – 1995. – № 2. – С. 54–59.
5. Гаврилов А. Автоматизированная система сбора, обработки и распределения разведывательной информации СВ США DCGS-A / А. Гаврилов // Зарубежное военное обозрение № 7. – 2010. – С. 32–40.
6. Іванов В. Авіаційне обладнання військових літальних апаратів / Частина I Киснєве обладнання та захисне спорядження військових літальних апаратів. Технічні засоби повітряної розвідки / В. Іванов, О. Ругайн, І. Чекед – К. : НАУ, 2004. – 232 с.
7. Малышевский В.А. Модернизация пилотируемого комплекса воздушной разведки Новейшие технологии – для защиты воздушного пространства / В.А. Малышевский. – ХУПС, 2015. – 290 с.
9. Медведєв М. Інформаційно-вимірна система виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях бортового оптико-електронного модуля безпілотного летального апарату на основі вейвлет-перетворення / М. Медведєв. – Казань : 2014. – 129 с.
9. Мосов С. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах / Мосов С. – К. : 2008. – 247 с.
10. Орда М.В. Сегментация кусочно-однородных изображений на основе параметрического решающего правила. / М.В. Орда, Л.А. Чехович. – К. : «Известия ВУЗ СССР. Радиоэлектроника». – 1997. – № 7. – С. 57–68.
11. Алгоритм сегментації кусково-однорідних зображень / Відбір і обробка інформації (вип.11) М.В. Орда – Л. : НАНУ, ФМІ ім. Г.В. Карпенка. 1997 – С. 91–95.
12. Пермяков О. Використання інформаційних технологій та застосування космічних систем в інтересах військ (Сил) / О. Пермяков, В. Солонніков. – К. : НУОУ ім.Івана Черняховського, 2014. – 208 с.
13. Соколов А. Состояние и перспективы развития военно-воздушных сил США / А. Соколов. – ЗВО : №5. – 2015. – С. 61-70.
14. Сканцев А. К вопросу об автоматизации системы управления вооружёнными силами США / А. Сканцев. – ЗВО : №4/201 – С.24-32.
15. Щербинин В. Построение инвариантных корреляционно-экстремальных систем навигации и наведения летательных аппаратов / В. Щербинин. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 230 с.

Рецензент: А.А. Ткаченко к.т.н., с.н.с., Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛОЩАДНЫХ ОБЪЕКТОВ

М.В. Орда, С.В. Абрамов

Рассмотрены вопросы современного состояния и перспектив развития средств воздушной разведки в ВС Украины. На основе анализа боевых действий на востоке Украины, перспективных направлений развития локальных и глобальных систем обработки информации в армиях ведущих стран мира и научного подхода предложен один из возможных направлений дальнейшего развития средств воздушной разведки ВС Украины.

Ключевые слова: комплекс воздушной разведки, автоматизированная система обработки информации, беспилотный авиационный комплекс.

IMPROVING INTELLIGENCE CYCLE UNMANNED AVIATION COMPLEX WITH AUTOMATED DETECTION SUBSYSTEM AREA FEATURES OBJECTS

M.V. Orda, S.V. Abramov

The questions of current state and prospects for development of aerial reconnaissance in the Armed Forces of Ukraine. Based on analysis of the fighting in eastern Ukraine, promising areas of local and global information processing systems in the armies of the leading countries of the world and the scientific approach proposed by one of the possible directions of further development of air intelligence Armed Forces of Ukraine.

Keywords: complex aerial reconnaissance, automated information processing systems, unmanned aircraft complex.

О.В. Кобзар**С.В. Мазовська, к.вет.н.***Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ ПИТАНЬ ВИСВІТЛЕННЯ НАДВОДНИХ ТА ПІДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДЕМАСКУЮЧИМИ ОЗНАКАМИ ЦИХ ОБ'ЄКТІВ

*В цій роботі автори розглянули здатність окремого виду морських ссавців, зокрема чорноморських дельфінів (*Tursiops truncatus ponticus*), здійснювати передачу інформації акустичним методом та можливість її корекції з метою зменшення демаскуючих ознак як самих морських біологічних об'єктів, так і створених на їхній основі біосистем та, відповідно, відпрацювання нових форм і методів їх прихованого застосування при виконанні складних завдань.*

В основу дослідження покладено можливість тимчасового повного блокування або кардинального зменшення дальності дії передачі акустичних сигналів дельфінами за допомогою свистових ультразвукових тонів у відповідному частотному діапазоні.

Ключові слова: акустика, гідроакустика, гідролокація, дельфіни, демаскуючі ознаки, звук, звукові хвилі, морські ссавці, ВМС ЗС України, обертон, сонограма, ультракороткі імпульси.

Постановка проблеми

Підготовку Військово-Морських Сил Збройних Сил України (далі – ВМС ЗС України), як і врешті-решт усіх інших військових морських флотів (сил) світу до бойового застосування, супроводжують різноманітні демаскуючі ознаки, тобто такі характерні риси діяльності органів управління, сил (військ), фізичні властивості бойової техніки та об'єктів, які дозволяють розвідці противника шляхом їх аналізу та ідентифікації розкривати розташування об'єднань і з'єднань, їх склад, рівень боєздатності та спрямованість підготовки до операції (бойових дій).

Ці ознаки можна класифікувати: за масштабом значущості у збройній боротьбі – на стратегічні, оперативні та тактичні; за тривалістю збереження – на постійні та періодичні; за ступенем динамізму їх проявів – на активні та пасивні; за джерелом виникнення вони бувають штучні та природні.

Велике число демаскуючих ознак створює, природно, сприятливі умови для отримання достовірних даних про справжні мотиви дій і наміри протиборчої сторони. До того ж, зараз можливості розвідки значно розширилися. Провідні морські держави володіють різноманітними розвідувальними системами (космічними, авіаційними, корабельними, стаціонарними береговими і підводними), оснащеними радіотехнічними, гідроакустичними, фотографічними, магнітометричними та іншими засобами в їх різному поєднанні. Вони дозволяють вирішувати завдання розвідки безперервно, в будь-який час доби і незалежно від стану погоди [1].

В свою чергу, відповідно, наявність різноманітних демаскуючих ознак як у морських біологічних об'єктів, так і у створених на їх основі бойових біосистем, які застосовуються у ВМС ЗС України, змушує знаходити нові форми та методи щодо повного тимчасового блокування або мінімізації подібних проявів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Зважаючи на те, що відомі демаскуючі ознаки надводних і підводних об'єктів вже досить поглиблено досліджені та вивчені, відповідно створені методики їх зменшення та нівелювання, в цій статті автори взяли на себе відповідальність зупинитися на окремих демаскуючих фізичних ознаках морських тварин, які становлять певний інтерес та використовуються для здійснення завдань, що виконують ВМС ЗС України.

Особливості ультразвукових сигналів, які відтворюють та застосовують морські ссавці, а саме дельфіни, їх здатність здійснювати комунікацію на порівняно великі відстані (до 5–10 км) з досить високою швидкістю передачі даних (100...200 бод) досить детально вивчені закордонними та вітчизняними науковцями. Подібні дослідження проводились в SPAWAR Systems Center Pacific (Сан-Дієго, США) в рамках виконання морської біологічної програми ВМС США та програми з використання морських ссавців (англ. – *U.S. Navy Marine Mammal Program, NMMP*) та Науково-дослідному центрі Збройних Сил України «Державний океанаріум», особливо в період за місцем його попередньої дислокації в м. Севастополі (АР Крим, Україна) [2, 3].

Постановка задачі та її розв’язання

Проводячи аналіз проблем фізичного і технічного характеру, виникає питання щодо можливості тимчасового обмеження або зменшення ультразвукових сигналів, які генерують дельфіни. У цьому контексті завдання нашого дослідження полягало в аналізі будови гідролокаційного механізму дельфіна і, на цій основі, у розробці технічного підходу до майбутнього пристрою, який буде здатний у взаємодії з іншими формами та методами знизити загальний рівень демаскуючих ознак дельфіна та біосистеми в цілому.

Виокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття

Якщо аналіз будови гідролокаційного механізму дельфіна та особливості ультразвукових сигналів, які відтворюють тварини, активно вивчалися та аналізувалися, то питання щодо створення спеціального пристрою з метою зниження рівня цих демаскуючих ознак не розглядалися з причини відсутності такої потреби. В період здійснення агресії проти нашої країни потреба в нестандартних підходах до вирішення тих чи інших завдань, які постали перед ВМС ЗС України, стала як ніколи актуальною.

Виклад основного матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Природний гідролокаційний механізм дельфінів, як і всіх китоподібних, є унікальним і надзвичайно чутливим. Дельфін володіє недосяжною для створених людиною приладів ефективністю гідроакустичної локації. За характером відбитого звуку ці тварини здатні розпізнавати не тільки відстань до об’єкта, який досліджується, але й його розмір, форму і навіть внутрішню структуру.

Наприклад, дельфін здатний проводити гідролокацію тіла, розміром з дробину, яка впала у воду на відстані 15 метрів від нього, розрізняти розміри предметів однакової форми, що відрізняються на одиниці відсотків, їх матеріал; розрізняти, подібно до можливостей томографу, деталі внутрішньої будови об’єктів, що знаходяться у воді або в шарі мулу, їх форму й інші параметри, виявляти їстівну рибу на відстані більше трьох кілометрів і відрізняти від тієї, яка не може бути використана в якості їжі. Це досягається досконалістю його природної системи: гідролокатор – мозок.

Будова гідролокатору дельфіна досить складна. Всі китоподібні, в тому числі і дельфіни, вміють не тільки добре прослуховувати відбиті від предметів звуки, вони також можуть керувати звуками, які видає гідролокатор, збільшуючи або зменшуючи їх потужність та спрямовуючи їх у чітко визначеному напрямку, у вигляді вузького, компактного, чітко спрямованого променя. В природі для того, щоб отримати такий фокусований промінь, потрібно мати увігнуте дзеркало-рефлектор або лінзу. Дельфіни застосовують обидва ці предмети, дзеркалом слугують увігнуті лобні кістки черепа тварини (повітряні мішки, де утворюється звук, розташовані якраз перед цими кістками). Ці кістки відбивають звук, спрямовуючи його вперед.

На шляху звукових хвиль розміщена акустична лінза – особлива, характерна тільки для китоподібних частина тіла, так звана «лобна подушка». Це – округле утворення, яке складається з жироподібної тканини і розташоване над верхньою щелепою дельфіна. Завдяки своїй випуклій

округлій формі лобна подушка збирає і фокусує звук, створений повітряними мішками і відбитий вперед лобними кістками (подібно до того, як скляна лінза фокусує світлові хвилі) [4, 5].

Для того, щоб видавати всю гаму звуків (від комунікаційних до локаційних), дельфіни використовують звуковідтворюючий орган, який представляє собою замкнуту систему, управління якою здійснюється за допомогою відповідних м'язових скорочень так, що повітря під тиском переміщується по дихальному тракту до звукоутворювальних повітряних мішків та повз канали, з'єднуючи ці мішки з дихальною трубкою. На рис. 1 наведено більш детальну схематичну структуру гідролокатора дельфіна.

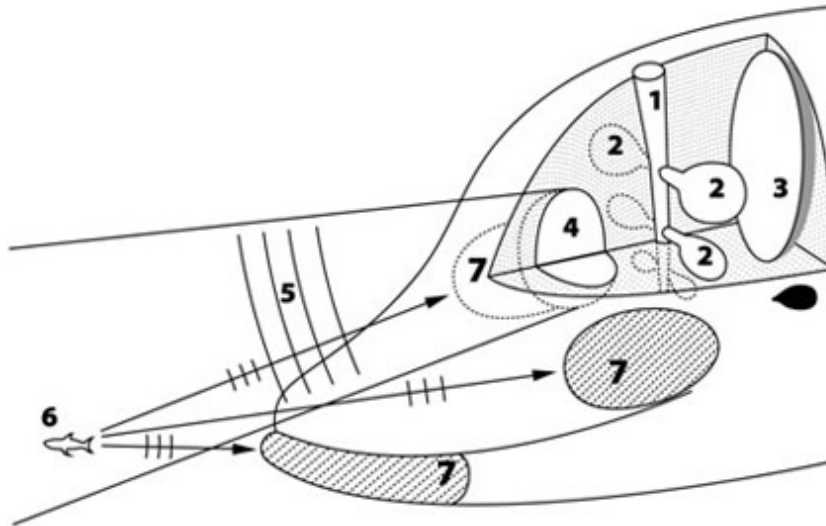


Рис. 1 – Схематична структура гідролокатора дельфіна

Гідролокатор дельфіна працює таким чином:

носовий канал (1), який йде від дихала до легень, з'єднує три пари повітряних мішків (2), що представляють собою порожнини, оточені системою радіальних м'язів, які розташовані у верхніх дихальних шляхах в ділянці голови та складають біосонар дельфіна;

мембрани, які розташовуються в місці з'єднання мішків з носовим каналом, при продуванні повітря з лівого мішка в правий або навпаки, генерують ультразвукові коливання, які фокусуються за допомогою рефлектора (3), що представляє собою параболічне поглиблення в передній частині черепа і акустичної лінзи (4), що представляє собою жирове утворення (лобна подушка), яке оточене системою м'язів, що змінюють при необхідності його форму і, відповідно, фокусну відстань. В результаті утворюється ультразвуковий промінь (5), частота і діаграма спрямованості якого можуть змінюватися.

об'єкт, який гідролокується (6), розсіює випромінювання, що падає на нього і сприймається антенною системою у вигляді трьох областей (7), розташованих на шкірі рострума і нижньої щелепи дельфіна. Ці області утворюються акустичними рецепторами шкіри зі щільністю розподілу близько 600 одиниць на 1 см^2 і представляють собою, по суті, просторову голографічну приймальну систему.

Таким чином, дельфіни здатні видавати як поодинокі короткі звуки, так і черги, які, зливаючись, утворюють характерний свист з вкрапленнями тріску або скрипу.

Свист дельфіна являє собою синхронно модульований за частотою ряд гармонік з, можливо, накладеними на нього перешкодами у вигляді послідовності поодиноких ультракоротких імпульсів (УКІ). Основна енергія сигналу зосереджена в порівняно вузьких регулярних частотно-часових смугах, що перетинають смуги перешкоди під кутами, близькими до прямих [6].

Свого часу Д. Дреєр та І. Єванс на підставі своїх спостережень, проведених ще у 1969 році, прийшли до висновку, що дельфіни можуть передавати великі обсяги інформації акустичним шляхом і передача інформації здійснюється свистовими звуковими та ультразвуковими тонами в частотному діапазоні від 4 до 100 кГц [7].

За іншими результатами досліджень, дельфін може видавати в навколишнє середовище всі типи звуків в діапазоні 10 Гц – 196 кГц (~ до 200 кГц).

Свистові сигнали, насичені змінами складних комбінацій частот реєструються не часто, але надають право стверджувати, що обертони (гармонійні компоненти) генеруються різними, асинхронно функціонуючими, джерелами звуку. При цьому як мінімум одне джерело повинно працювати на частоті основного тону, при якому можуть збуджуватися непарні гармоніки. Друге джерело повинно тоді працювати на частоті першого обертона, при якому будуть збуджуватися гармонійні компоненти сигналу. Таким чином, гармонійні частоти компоненти утворюються під час генерації основного тону не автоматично (пасивно), а навпаки, свідомо, за допомогою активного «ввімкнення/вимикання» різних частот сигналу, що може цілком використовуватися для здійснення інформаційної модуляції сигналу, тобто з метою певного кодування переданого повідомлення.

Цікавим спостереженням стало те, що фаза другої гармонійної компоненти найчастіше випробовує повільні зсуви у відношенні фази основного тону сигналу. На рис. 2 представлений відрізок однієї зі свистових реалізацій дельфіна, на якому у продовження тридцяти періодів основного тону (3,4 мс) фаза першого обертона поступово змінює своє значення у відношенні до фази основного тону, і до кінця сектора вже відстає приблизно на 90° .

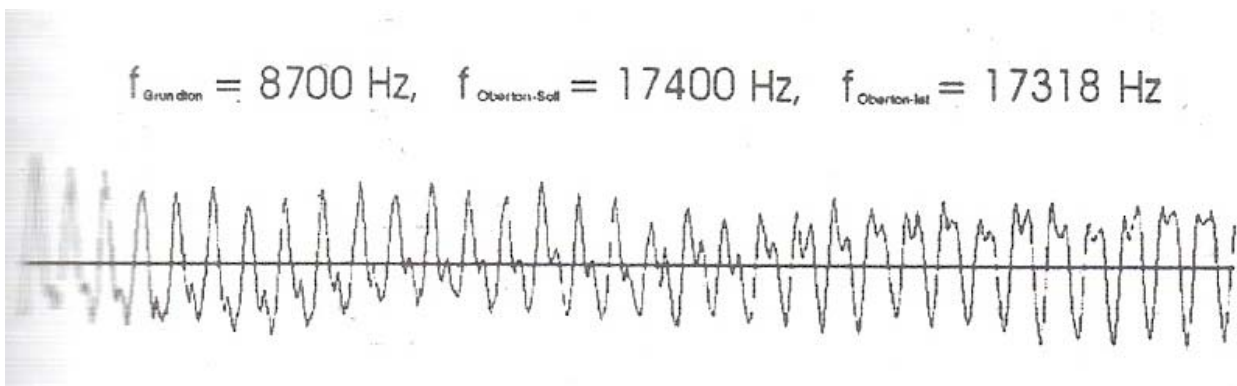


Рис. 2 – Приклад безупинного зсуву фази обертона відносно фази основного тону

Подібний зсув не може пояснюватися, наприклад, перекручуванням при поширенні сигналу в середовищі, тому що цей сигнал, як і багато інших, був записаний у безпосередній близькості до випромінюючого дельфіна (близько 1 метра), тобто в умовах, коли для утворення фазових перешкод просто не існувало ні достатнього часу, ні досить довгої ділянки передаючого середовища. Цей приклад говорить про те, що дельфіни, крім простих амплітудних модуляцій типу «ввімкнення/вимикання» частотних компонент, здатні гнучко керувати також і іншими параметрами сигналу. Водночас необхідно зазначити, що таке активне керування фазою (фазовими зрушеннями) може досягатися тільки тоді, коли в складі сонару працюють паралельно як мінімум два автономних джерела звукових коливань, чий частотні установки керуються окремо.

Також може бути поставлене питання, чи не можуть дельфіни зв'язуватися поміж собою за допомогою передачі сигналів, що мають визначені дискретні стани, наприклад, «бітові шаблони», тобто цифровим шляхом. Така несподівана паралель відкриває новий підхід до розуміння біокомунікації дельфінів. Якщо така думка правильна, то тривалість частотної моди чи такту, тобто тривалість обертона від моменту його виникнення до моменту зникнення, дала б міру для оцінки швидкості передачі інформації сигналами дельфінів.

На рис. 3 показаний фрагмент одного з сигналів, записаних на відстані трьох метрів від дельфіна, у якому обертон існує всього 0,7 мс. Однак це найкоротший такт, який знайдений при виконанні поточної роботи. Зазвичай, такт має тривалість декілька мілісекунд і більше. У цьому контексті було б цікавим досліджувати в деталях різні бітові шаблони і їхнє значення в комунікації, семантичне та інші. Однак це вимагатиме тривалої підготовки проведення спеціальних комбінованих біоакустичних

і поведінкових експериментів. З огляду на подібні особливості, викладені вище наукові експериментальні дані мають вагу і прикладну цінність для подальших розробок [7].

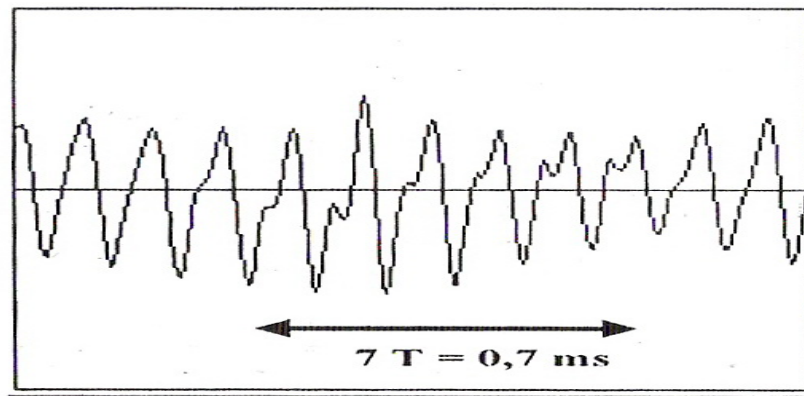


Рис. 3 – Приклад коротких тактів модуляції згенерованого дельфіном сигналу

На основі вищезазначеного, загальна схема гідроакустичної системи дельфіна складається з декількох підсистем: перша підсистема – звичайний слух, що доповнюється прийомним пристроєм – нижньою щелепою. Вона забезпечує, здебільшого, прийом комунікаційних сигналів, а також забезпечує частину функцій висвітлення підводної обстановки. Друга підсистема (кругова) – здійснює реєстрацію та аналіз усіх типів звуків.

Третя підсистема – це система гідролокації, яка працює у фронтальній зоні попереду дельфіна та використовує найбільш високочастотні сигнали. Ті ж гідроакустичні рецептори, що з великою щільністю розподілені на голові дельфіна, з меншою щільністю розташовані по поверхні всього тіла дельфіна, утворюють багатoelementну широкосмугову гідроакустичну приймальну антену з круговою діаграмою спрямованості. Ця підсистема голографічного прийому забезпечує висвітлення підводної обстановки, працюючи як в активному, так і в пасивному режимах, а також доповнює роботу першої підсистеми.

Автори цієї роботи в основу свого дослідження поклали саме особливості третьої підсистеми гідроакустичної системи дельфіна та запропонували тимчасово обмежити або зменшити рівень ультразвукових сигналів, які вони генерують з метою зниження загального рівня їх демаскуючих ознак та біосистеми в цілому. Виконання подібного завдання зменшить тільки гідроакустичну видимість дельфіна, не зашкодивши його життю та здоров'ю, які достатньо резервовані іншими підсистемами. Загальний вигляд екрануючого пристрою на дельфіні показаний на рис. 4.

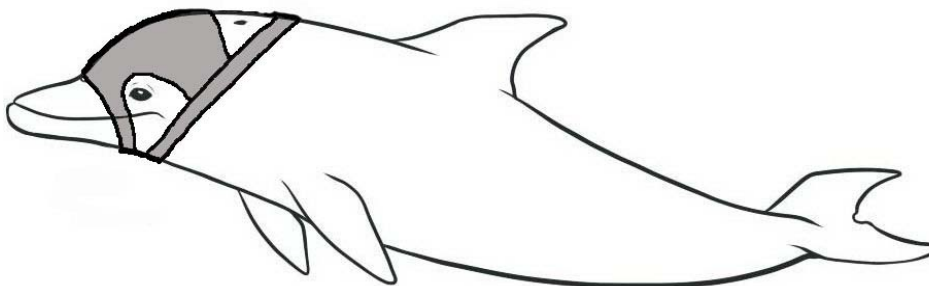


Рис. 4 – Загальний вигляд екрануючого пристрою на дельфіні

Екрануючий пристрій виготовляється багатошаровим (прим. авторами запропоновано сім шарів), для основного середнього шару якого використовується рулонний полімерний матеріал – поліетилентерефталат (PET), який додатково з обох боків оброблено спеціальною протишумовою

мастикию. Зазначений матеріал – не розчинний у воді й органічних розчинниках, стійкий до впливу кислот, солей і розчинів слабких лугів та має хімічну формулу – $(C_{10}H_8O_4)_n$.

В якості спеціальної протишумової мастики може бути застосована поліуретанова спінена маса на основі поліестеру з сітчастою пінною структурою, що характеризується складною системою з тонкими мембранами, які своєю формою забезпечують високоефективне звукопоглинання. Звукопоглинаючою тканиною може бути запропоновано замшеву текстуровану тканину з вмістом поліестеру до 100%. Загальна товщина екрану складає 8–10 мм.

Зовнішні шари екрануючого пристрою, в свою чергу, виготовляються зі звукопоглинаючої тканини та гуми, при чому зовнішній шар виготовляється за схемою: гумове покриття – тканина – гумове покриття; внутрішній шар, який безпосередньо контактує зі шкірою дельфіна – за схемою: тканина – гума – тканина. Поперечний розріз екрануючого пристрою показано на рис. 5.

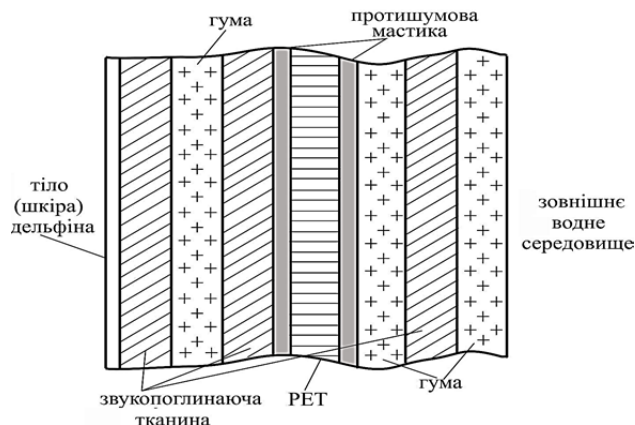


Рис. 5 – Поперечний розріз екрануючого пристрою

Додатковим напрямком досліджень щодо тимчасового обмеження або зменшення демаскуючих ознак дельфіна та біосистеми в цілому може стати зовнішнє дистанційне управління температурою поверхні їх шкіри за методикою авторів, яка викладена в науковій статті 2015 року [8].

За основу були взяті дослідження, які свого часу були проведені в Науково-дослідному центрі Збройних Сил України «Державний океанаріум» та які засвідчили, що температура зовнішніх покривів шкіри дельфіна відрізняється від температури зовнішнього середовища (води) на незначну величину, що є цілком прийнятним для вихідних даних нашого подальшого дослідження. Температурна карта поверхні тіла дельфіна показана на рис. 6.

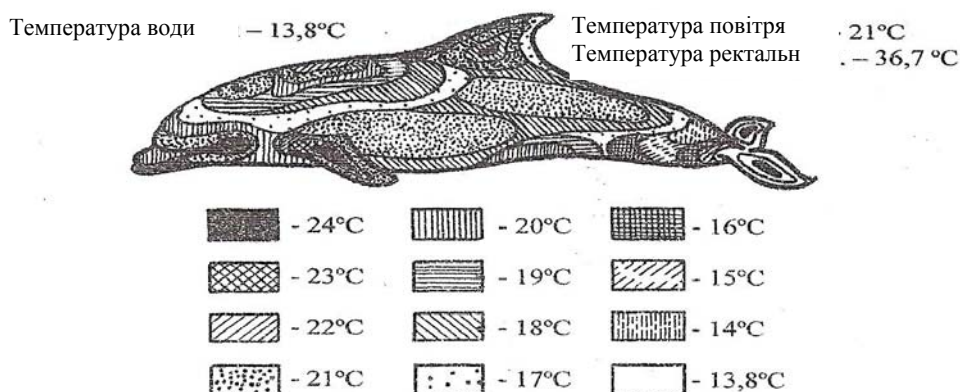


Рис. 6 – Температурна карта поверхні тіла дельфіна

Висновки

В цій статті автори зупинилися на аналізі та дослідженні окремих демаскуючих фізичних ознаках деяких об'єктів морської фауни, а саме дельфінів, які складають певний інтерес та використовуються для здійснення

завдань, що виконують ВМС ЗС України. В результаті автори прийшли до попереднього висновку, що ультразвукові сигнали, які генерують дельфіни, цілком можливо тимчасово обмежити або зменшити.

У цьому контексті основним завданням дослідження став аналіз будови гідролокаційного механізму дельфіна та розробка технічного підходу до екрануючого пристрою, який здатний у взаємодії з іншими формами, методами та технічними рішеннями знизити загальний рівень демаскуючих ознак дельфіна та біосистеми в цілому.

Практичним результатом наукової роботи стала розробка моделі екрануючого пристрою, за допомогою якого можливо тимчасово обмежити або зменшити рівень ультразвукових сигналів, які генерують дельфіни, без нанесення їм шкоди для здоров'я.

Перспективи подальших досліджень

Тимчасове примусове обмеження або зменшення сили ультразвукових сигналів, які генерують дельфіни, та зовнішнє дистанційне управління температурою поверхні їх шкіри, як додаткового методу, з метою максимального наближення її у відповідність до температури довколишньої водної поверхні в акваторії, яка визначена для виконання завдання, в поєднанні цілком можливо розглядати як окремий самостійний або додатковий напрямок досліджень [8].

При повному відпрацюванні усіх питань подібної методики, позитивних результатів апробації та впровадження обох методів, за допомогою технічних засобів запропонованої системи цілком можливо посилити власні маскувальні властивості дельфінів під час виконання ними завдань за призначенням та обмежити можливість гідроакустичних та тепловізорних охоронних систем або інших технічних засобів охорони щодо передчасного фіксування їх наближення до охоронюваних об'єктів.

Список використаних джерел

1. Аристов А.П. Демаскуючі ознаки, їх усунення і ослаблення в морських операціях. / А.П. Аристов – «Военная мысль» № 7. – 1986. – С. 22–30.
2. Морські біотехнічні системи. Збірник наукових статей. Випуск 2. – Севастополь: Міністерство оборони України, Національна академія наук України, Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум». – 2002. – 313 с.
3. Кулагин В.В., Журид Б.А. Теория морских биотехнических систем / В.В. Кулагин, Б.А. Журид – Севастополь: – НПЦ «ЭКОСИ – Гидрофизика», 2010. – 330 с.
4. В центре внимания – дельфин. – М. : Знание, 1983. – 64 с.
5. Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Биология», № 9. – 63 с.
6. Об анализе частотно-модулированных сигналов, излучаемых дельфинами, методом нечетких траекторий / Горбачев Е.А., Докунин А.Е., Домнина Т.А., Матишева С.К., Степанова Л.В. – Севастополь : Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», 2002. – С. 81 – 86.
7. Кебкел К.Г. Звукондводний зв'язок за методом комунікації дельфінів / К.Г. Кебкел, А.Г. Кебкел, А.Ж. Єрмоленко – Севастополь : Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», 2002. – С. 36 – 53.
8. Кобзар О.В. Окремі аспекти системи контролю та управління об'єктами морської фауни за допомогою електронно-обчислювальних та радіо (кодо-) прийомо-передавальних комплексів в інтересах завдань, які виконують ВМС Збройних Сил України / О.В. Кобзар, С.В. Мазовська. – Одеса : Військова академія, 2015. – С. 133–144.

Рецензент: Ю.О. Міхальов, д.б.н., проф., Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ОСВЕЩЕНИЯ НАДВОДНЫХ И ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ДЕМАСКИРУЮЩИМ ПРИЗНАКАМИ ЭТИХ ОБЪЕКТОВ

А.В. Кобзарь, С.В. Мазовская

*В данной работе авторы рассмотрели способность отдельного вида морских млекопитающих, в частности черноморских дельфинов (*Tursiops truncatus ponticus*), осуществлять передачу информации акустическим методом и возможность ее коррекции с целью уменьшения демаскирующих признаков, как самих морских биологических объектов, так и созданных на их основе, биосистем и соответственно, отработки новых форм и методов их скрытого применения при выполнении сложных задач.*

В основу исследования положена возможность временного полного блокирования или кардинального уменьшения дальности действия передачи акустических сигналов дельфинами с помощью свистов ультразвуковых тонов в соответствующем частотном диапазоне.

Ключевые слова: акустика, гидроакустика, гидролокация, дельфины, демаскирующие признаки, звук, звуковые волны, морские млекопитающие, ВМС ВС Украины, обертона, сонограмма, ультракороткие импульсы.

RESEARCH OF QUESTIONS OF ILLUMINATION OF SURFACE AND SUBMARINE OBJECTS ON UNMASKING THE SIGNS OF THESE OBJECTS

A. Kobzar, S. Mazovskaya

*In this work authors considered ability of separate type of marine mammals, in particular, black sea dolphins (*Tursiops truncatus ponticus*), to carry out an information transfer an acoustic method. Possibility of its correction with the purpose of diminishing of observables, both marine biological objects and created on their basis, biosystems and workings off new forms and methods of their hidden application at implementation of intricate problems.*

In basis of research possibility of the complete temporal blocking or cardinal diminishing of distance of action of transmission of acoustic signals dolphins fixed by ultrasonic tones in an appropriate frequency range.

Keywords: acoustics, hydroacoustics, hydrolocation, dolphins, unmasking signs, sound, sound waves, marine mammals, the Ukrainian Navy, overtone, sonogram, ultra-short impulses.

УДК 623.552

А.Ф. Барковський¹, к.т.н., проф.**О.В. Поповіченко², к.військ.н., доц.**¹Михайлівська військова артилерійська академія, м. Санкт-Петербург, Росія²Військова академія (м. Одеса), Україна

ВОГНЕВЕ ПРОТИБОРСТВО ЗАСОБІВ БЛИЖНЬОГО БОЮ

Пропонується розв'язання системи диференціальних рівнянь, що описує вогневе протиборство неоднорідних засобів ближнього бою.

Ключові слова: вогневе протиборство, ближній бій, втрати, неоднорідні засоби.

Постановка проблеми

Для обґрунтування прогнозу у військовій справі застосовують різні методи. Основними з них є: історичні аналогії, інтуїція, експертне опитування, екстраполяція, імовірнісні методи. У якості основного методу прогнозування у теорії стрільби прийнято розглядати імовірнісний метод. Основним імовірнісним методом прогнозування є математичне моделювання.

Точність прогнозу залежить від глибини пізнання розглянутого явища, знання закономірностей, якості математичної моделі, надійності вихідної інформації й інтервалу часу, до кінця якого здійснюється прогноз (час попередження). Цілком очевидно, чим більший час попередження, тим менша точність прогнозу (за інших рівних умов).

Завдання прогнозування втрат своїх військ прийнято вирішувати на основі методів математичного обґрунтування прогнозу про можливий результат бою і втрати сторін з урахуванням впливу різних факторів на хід і результат бою та розроблення на їхній основі практичних рекомендацій з порядку і способів виконання вогневих завдань угрупованням, складу його сил і засобів. Проблема полягає в необхідності одержання математичного інструмента оперативної оцінки результату ближнього бою неоднорідних угруповань протиборчих сторін.

Аналіз останніх досягнень та публікацій

Методика розв'язання завдання оцінки результату ближнього бою, яка використовується на сьогодні, дозволяє визначити співвідношення сил протиборчих угруповань, якщо вони складаються тільки з однорідних засобів, що реалізують принцип «бачу – стріляю». Розв'язання системи диференціальних рівнянь при постійних значеннях усереднених потоків уражаючих пострілів сторони К та сторони Л загальновідомо [1] і дозволяє досліджувати динаміку зміни загальної численності кожної зі сторін у ході вогневого протиборства для однорідних груп. Досліджувати зміни численності у кожній групі у разі їх неоднорідності в цьому випадку неможливо.

Постановка задачі та її розв'язання

У загальновійськовому бою по обидві протиборчі сторони застосовуються різні засоби ураження або, як прийнято говорити, бій ведуть «неоднорідні» угруповання. Система диференціальних рівнянь у цьому випадку є більш складною, а розв'язок її, хоча і є [2], але на практиці через його складність не використовується. Практичні дослідження вимагають більш доступної методики одержання достовірного результату закінчення бою неоднорідних груп засобів ближнього бою.

Виклад основного матеріалу дослідження

До засобів ближнього бою традиційно зараховують вогневі засоби типу танк, БМП, БТР, ПТКР, протитанкові гармати, гранатомети і т.п.

Основним методом прогнозування є математичне моделювання, яке припускає використання наявних або створення нових математичних моделей. Для дослідження закономірностей збройної

боротьби створюються математичні моделі бою. Математична модель бою – це наближений опис загальновійськового бою, виражений за допомогою математичної символіки.

Вогневе протиборство засобів ближнього бою, зазвичай, описують системою диференціальних рівнянь виду:

$$\left. \begin{aligned} \dot{k}_i(\tau) &= -\sum_{j=1}^m \mu_{ji} \alpha_{ji} \ell_j(\tau); \\ \dot{\ell}_j(\tau) &= -\sum_{i=1}^n \lambda_{ij} \beta_{ij} k_i(\tau), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де μ_{ji} – потік потенційно успішних пострілів вогневих засобів j -ї групи сторони L по i -ї групі вогневих засобів сторони K;

λ_{ij} – те ж, i -ї групи вогневих засобів сторони K по j -ї групі сторони L;

α_{ji} – частка вогневих засобів j -ї групи, що виділяється для ураження i -ї групи вогневих засобів сторони K;

β_{ij} – частка вогневих засобів i -ї групи, що виділяється для ураження j -ї групи вогневих засобів сторони L;

$\ell_j(\tau)$ – кількість вогневих засобів j -ї групи, що збереглися на час τ ;

$k_i(\tau)$ – кількість вогневих засобів i -ї групи, що збереглися на час τ ;

m – кількість однотипних груп сторони L;

n – кількість однотипних груп сторони K.

Розв'язання системи диференціальних рівнянь (1) можна одержати чисельними методами. Аналітичного розв'язання система (1) не має. У практичній діяльності використовують приблизне розв'язання системи (1), засноване на допущенні про однакову уразливість усіх вогневих засобів. При такому допущенні система (1) приводиться до відомих рівнянь Ланчестера виду

$$\left. \begin{aligned} \dot{k}(\tau) &= -\mu \ell(\tau) \\ \dot{\ell}(\tau) &= -\lambda k(\tau) \end{aligned} \right\}$$

де λ, μ – усереднений потік уражаючих пострілів вогневих засобів сторони K та сторони L відповідно;

$k(\tau), \ell(\tau)$ – загальна кількість збережених вогневих засобів сторони K та сторони L на час τ відповідно.

Розв'язання системи лінійних диференціальних рівнянь загальновідомо і дозволяє визначити чисельності сторін на будь-який момент часу t , у тому числі і на той момент, на який здійснюється прогноз, тобто на момент закінчення бою. Природно виникає питання: чи можливо визначити кінцевий стан системи, міняючи всі її проміжні стани? Для розв'язання цього завдання можна запропонувати наступний метод [1]. Розділимо перше рівняння системи диференціальних рівнянь (2) на друге¹

$$\frac{dk}{d\ell} = \frac{\mu \ell}{\lambda k}$$

Звідки випливає

$$\lambda k dk = \mu \ell d\ell$$

Щоб розв'язати отримане диференціальне рівняння, необхідно його проінтегрувати. Виконавши інтегрування, при $\lambda = const$ та $\mu = const$, маємо

$$k^2 \lambda - \ell^2 \mu = C$$

Для спрощення індекс τ опущений¹

Значення довільної постійної C знайдемо, виходячи з початкових умов: якщо $t=0$, то $k = K$ і $\ell = L$. Тоді, з урахуванням значення довільної постійної, запишемо

$$k^2 \lambda - \ell^2 \mu = K^2 \lambda - L^2 \mu = \text{const}. \quad (2)$$

Рівняння (3) є розв'язанням системи (2) за умови, що сторона K сильніше сторони L , до початку бою. Ця перевага, як видно з формули (3), збережеться за нею на будь-який момент часу, у тому числі і на момент закінчення бою. З формули (3) випливає, що чисельність «сильної» сторони на момент закінчення бою визначається за залежністю

$$k = K \sqrt{1 - \frac{1}{\chi^2} (1 - \rho_2^2)}, \quad (3)$$

де K – чисельність наших військ на момент початку бою (t_0);
 χ – кількісно-якісне співвідношення сил сторін до початку бою за засобами ближнього бою;
 ρ_2 – частка збережених засобів противника до кінця бою.

Кількісно-якісне співвідношення сил сторін за засобами ближнього бою визначається за формулою

$$\chi = \frac{K \sqrt{\lambda / \mu}}{L}, \quad (4)$$

де L – чисельність засобів ближнього бою противника на момент початку бою.

Знаючи початкову чисельність наших військ (K) і число збережених до кінця бою (k), очікувані втрати в ході бою можна знайти як різницю

$$\omega_1 = K - k$$

або з урахуванням формули (4)

$$\omega_1 = K \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{\chi^2} (1 - \rho_2^2)} \right), \text{ при } \chi^2 \geq (1 - \rho_2^2). \quad (5)$$

У рівнянні (6) дві невідомі величини ω_1 та ρ_2 . Отже, при практичних розрахунках необхідно задаватись деяким критичним рівнем втрат «слабкої» сторони, при досягненні яких вона відмовляється від продовження бою. Якщо такої інформації немає, то необхідно розглядати найбільш несприятливий випадок: слабка сторона веде бій до переможного кінця, тобто $\rho_2 \approx 0$. Розрахунки, виконані за формулою (6), показують, що при $\rho_2 = 0 \dots 0,3$ значення ω_1 змінюється незначно. Тому без великої погрішності можна вважати, що при втратах 70% ($\rho_2 = 0,3$) противник відмовляється від продовження бою з імовірністю, близькою до одиниці.

У випадку, коли сторона L (противник) є «сильною» стороною, достатньо у формулі (5) змінити місцями доданки. Втрати «сильної» сторони в цьому випадку складуть:

$$\omega_2 = L \left(1 - \sqrt{1 - \chi^2 (1 - \rho_1^2)} \right), \text{ при } \chi^2 (1 - \rho_1^2) < 1, \quad (6)$$

де ρ_1 – частка збережених бойових одиниць «слабкої» сторони на момент закінчення бою ($0 \leq \rho_1 < 1$).

Відносно чисельного значення ρ_1 справедливо зазначене щодо ρ_2 . Інакше кажучи, якщо K – наші війська та $\chi < 1$ (ми слабші за противника), то прогнозувати результат бою можна і без застосування математичних методів, при цьому очікувані втрати своїх військ складуть близько 70%.

У випадку, коли $\chi = 1$ і умови закінчення бою для обох сторін однакові, то успіх і поразка рівноймовірні для обох сторін, навіть у тому випадку, якщо обидві сторони будуть вести бій до повного винищення один одного.

Розв'язання системи диференціальних рівнянь (2), яка представлена формулами (7) і (8), справедливо у випадку, коли угруповання «однорідні». Однак у загальновійськовому бою по обидва боки застосовуються

різні засоби ураження або, як прийнято казати, бій ведуть «неоднорідні» угруповання. Система диференціальних рівнянь у цьому випадку є більш складною, а розв'язання її, хоча і є [2], але на практиці через його складність не використовується. З метою спрощення розрахункових формул «неоднорідні» угруповання зводять до умовно однорідних. У результаті система диференціальних рівнянь приводиться до вигляду, аналогічного формулі (2) і, отже, до розв'язання, аналогічного формулам (7) і (8). Відмінність полягає лише у фізичному змісті величин K і L , які в цьому випадку розглядаються як бойові потенціали протидіючих сторін. Порядок зведення неоднорідного угруповання до умовно однорідного з використанням бойових потенціалів розглянутий раніше у роботі [1]. Найпростіший спосіб визначення бойових потенціалів випливає з формули (7). Дійсно, ділення неможливе, якщо чисельник і знаменник мають різну розмірність. Тому множення K на коефіцієнт рівний $\sqrt{\lambda/\mu}$ можна розглядати як спосіб переходу до єдиної розмірності, тобто до бойових потенціалів.

Таким чином, на підставі наведеного вище можна стверджувати, що розв'язання системи (2) при $\lambda = \text{const}$ та $\mu = \text{const}$ загальновідомо і дозволяє досліджувати динаміку зміни загальних численностей сторін у ході вогневого протидіюства. Досліджувати зміни численностей у кожній групі в цьому випадку неможливо.

Разом з тим, система (1) має аналітичне розв'язання, яке отримано без допущення про однакову уразливість вогневих засобів:

$$\left. \begin{aligned} k(\tau) &= K \operatorname{ch} a\tau - L \frac{\mu}{a} \operatorname{sh} a\tau; \\ \ell(\tau) &= L \operatorname{ch} a\tau - K \frac{\lambda}{a} \operatorname{sh} a\tau, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

- де K, L – загальна кількість вогневих засобів сторони K та сторони L відповідно;
 λ, μ – усереднений потік уражаючих пострілів сторони K та сторони L відповідно;
 a – швидкість втрат протидіючих угруповань;
 $k(\tau)$ – поточне значення загальної чисельності вогневих засобів сторони K ;
 $\ell(\tau)$ – поточне значення загальної чисельності вогневих засобів сторони L .

Значення вхідних параметрів визначаються за формулами:

$$a = \sqrt{\lambda \cdot \mu}; \quad \lambda = \sum_{j=1}^m \lambda_j; \quad \lambda_j = g_j \sum_{i=1}^n \lambda_{ij} g_i; \quad \mu = \sum_{i=1}^n \mu_i; \quad \mu_i = g_i \sum_{j=1}^m \mu_{ji} g_j,$$

- де $g_j = L_j / L$ – частка вогневих засобів j -ої групи в угрупованні L ;
 $g_i = K_i / K$ – частка вогневих засобів i -ої групи в угрупованні K ;
 λ_j – потік уражаючих пострілів вогневих засобів сторони K по j -ій групі;
 μ_i – потік уражаючих пострілів вогневих засобів сторони L по i -ій групі.

При відомих значеннях $k(\tau)$ і $\ell(\tau)$ чисельності кожної групи визначаються за формулами:

$$\left. \begin{aligned} k_i(\tau) &= K_i - \frac{\mu_i}{\mu} [K - (K \operatorname{ch} a\tau - L \frac{\mu}{a} \operatorname{sh} a\tau)]; \\ \ell_j(\tau) &= L_j - \frac{\lambda_j}{\lambda} [L - (L \operatorname{ch} a\tau - K \frac{\lambda}{a} \operatorname{sh} a\tau)], \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Розв'язання (9) отримане при допущенні, що частка вогневих засобів, виділених для ураження противника з часом не змінюється, тобто $\alpha_{ji} = g_i = K_i / K = \text{const}$, $\beta_{ij} = g_j = L_j / L = \text{const}$.

Для оцінки впливу зробленого допущення на кінцевий результат розглянемо приклад.

Приклад 1. Сторона L має у своєму складі 4 групи вогневих засобів $m=4$. Сторона K включає також 4 групи вогневих засобів $n=4$. Кількісний склад груп і потоки потенційно успішних пострілів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Система вихідних даних

i	K_i	Значення $\lambda_{ij}, j=1,2,3,4$				j	L_j	Значення $\mu_{ji}, i=1,2,3,4$			
		1	2	3	4			1	2	3	4
1	50	0,03	0,02	0,03	0,02	1	20	0,08	0,04	0,07	0,02
2	20	0,04	0,05	0,06	0,05	2	10	0,02	0,03	0,03	0,04
3	10	0,05	0,04	0,02	0,03	3	20	0,03	0,03	0,04	0,05
4	20	0,06	0,03	0,03	0,04	4	30	0,05	0,05	0,06	0,07

Виконаємо розрахунки за запропонованими формулами і методом чисельного інтегрування при змінних значеннях $\alpha_{ji} = k_i(\tau) / K(\tau) \neq \text{const}$ і $\beta_{ij} = \ell_j(\tau) / L(\tau) \neq \text{const}$ на час $t=10$ хв. Результати розв'язання надано в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків

Спосіб визначення чисельності	Чисельності	Групи				Всього
		1	2	3	4	
Чисельне інтегрування	$k_i(t=10)$	34,2	14,6	6,6	13,6	69,0
	$\ell_j(t=10)$	11,9	6,8	12,6	20,0	51,3
Формули (8) і (9)	$k_i(t=10)$	34,2	14,6	6,6	13,5	69,2
	$\ell_j(t=10)$	11,7	6,9	12,7	20,3	51,5

Висновки

На підставі наведеного вище можна стверджувати, що розв'язання системи лінійних диференціальних рівнянь (2) при $\lambda = \text{const}$ та $\mu = \text{const}$ загальновідомо і дозволяє досліджувати динаміку зміни загальної чисельності сторін у ході вогневого протиборства. Досліджувати зміни численності у кожній групі в цьому випадку неможливо.

Аналітичне розв'язання, яке запропоновано у статті, отримано без допущення про однакову уразливість вогневих засобів. Як видно з таблиці 2, допущення про незмінне значення частки збережених засобів у ході вогневого протиборства не приводить до спотворення результатів моделювання. Різниця значень, отриманих методом чисельного інтегрування та за запропонованими формулами не перевищує 2%.

Список використаних джерел

1. Барковский А.Ф. Основы оценки эффективности и выработки рекомендаций по поражению целей огнём артиллерии [Текст] : учебное пособие (на правах учебника) / А.Ф. Барковский. – С-Пб. : Военный артиллерийский университет, 2000. – 309 с.
2. Барковский А.Ф. Аналитическая модель боя с неоднородной группировкой противника [Текст] / А.Ф. Барковский // Сборник научных статей кафедры ВАА. Пути повышения эффективности поражения объектов и группировок противника. – Л. : ВАА, 1996. – 114 с.

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

ОГНЕВОЕ ПРОТИВОБОРСТВО СРЕДСТВ БЛИЖНЕГО БОЯ

А.Ф. Барковский, А.В. Поповиченко

В статье предлагается решение системы дифференциальных уравнений, описывающей огневое противоборство неоднородных средств ближнего боя.

Ключевые слова: огневое противоборство, ближний бой, потери, неоднородные средства.

AN ARMED CONFRONTATION MEANS MELEE

A.F. Barkovsky, A.V. Popovichenko

The article proposes the solution of differential equations describing fire confrontation of heterogeneous tools melee.

Keywords: fire confrontation, firefighting melee, loss, heterogeneous tools

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

АДЕКВАТНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЗМЕНШЕННЯ РЕСУРСУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПРОТЯГОМ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Пропонується адекватна математична модель процесу зменшення ресурсу військової автомобільної техніки протягом періоду експлуатації, що визначає тренд для прогнозування доцільного терміну оновлення парку автомобілів в умовах невизначеностей випадкового характеру.

Ключові слова: *метод статистичного прогнозування, показник технічного стану, прогнозування параметрів тренду, модель, військова автомобільна техніка, ресурс, оновлення парку.*

Постановка проблеми

Об'єктивне прогнозування динаміки зміни рівня показника залишкового нормованого ресурсу зразка (за пробігом) до капітального ремонту або списання автомобільної техніки за наслідками спостереження фактичної зміни цього параметра в дискретні моменти ретроспективного інтервалу часу є важливим для забезпечення готовності до здійснення маршруту частини і підрозділів на значні відстані.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Існує велика кількість публікацій, автори яких вивчають питання пошуку адекватної моделі процесу зменшення залишкового ресурсу військової автомобільної техніки протягом її експлуатації. Проте більшість моделей є занадто складними та недостатньо адекватно віддзеркалюють протидію факторів, які суттєво впливають на характер розвитку реального процесу зміни показників технічного стану автомобільної техніки.

Постановка задачі та її розв'язання

Мета роботи полягає у побудові адекватної моделі процесу зменшення залишкового нормованого ресурсу військової автомобільної техніки протягом її експлуатації та у використанні моделі в якості опорної кривої під час експериментального виявлення закономірності зміни рівня показника цього ресурсу зразка на ретроспективному інтервалі часу його експлуатації.

Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

У відомій літературі найчастіше це завдання вирішується різними методами, а також за допомогою імітаційного моделювання. Проте відсутність перевірених реальним досвідом початкових даних про розподіл параметрів випадкових процесів, що стосуються щорічних варіантів витрати ресурсу зразків військової автомобільної техніки, а саме її залишкового нормованого ресурсу, – все це знижує цінність результатів такого моделювання. Саме тому доцільним є пошук і застосування доцільніших методів розв'язання завдання більш точного прогнозування запасу ресурсу за допомогою адекватної моделі в умовах невизначеностей випадкового типу.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Метод статистичного прогнозування динаміки зменшення (за часом експлуатації зразка) рівня залишкового остаточного ресурсу зразків військових автомобілів заснований, по-перше, на побудові

імовірнісної моделі, що є адекватною реальній ситуації, якщо діють узагальнені сприятливі чинники і чинники, які перешкоджають успішному збереженню показника залишкового ресурсу зразка до його капітального ремонту або списання.

По-друге, метод передбачає отримання експериментальних даних про фактичне значення цього показника зразка в дискретні моменти часу, наприклад, за наслідками річних звітів з експлуатації техніки в частині, тобто на ретроспективному інтервалі часу. На цьому етапі виявляється експериментальна закономірність зміни показника ресурсу зразка за обмеженою кількістю реальних даних.

По-третє, метод містить обчислення максимально правдоподібних оптимальних оцінок параметрів результуючого тренду залежності рівня показника ресурсу від часу експлуатації на перспективному інтервалі часу і обчислення дисперсії й оптимальних оцінок параметрів цього тренду за сукупністю усіх дискретних експериментальних даних також на ретроспективному інтервалі часу.

В якості математичної моделі, яка є апроксимацією вказаної сукупності експериментальних даних, доцільно обрати ймовірнісну модель розвитку процесу, що адекватно враховує процес одночасного протидіювання чинників, порівняно з відомими моделями.

Для побудови моделі необхідно врахувати, що процес зміни рівня показника ресурсу за часом відображається залежністю швидкості dB/dv зміни рівня показника $B(v)$ протягом часу v . Цей показник, по-суті, є ймовірністю перебування зразка в стані, готовому до застосування за допустимим рівнем показника запасу його ресурсу. Вказана швидкість зміни $B(v)$ безпосередньо залежить від добутку $B \cdot (1 - B)$ ймовірності B та ймовірності $(1 - B)$, тобто ймовірностей протилежних подій.

Випадкові фактори, що протилежно впливають на рівень залишкового ресурсу, діють одночасно, тому, відповідно до правила сумування одночасно існуючих випадкових явищ, ймовірності B та $(1 - B)$ їх існування перемножуються. Коефіцієнт пропорційності між швидкістю зміни dB/dv і добутком $B \cdot (1 - B)$ при цьому доцільно взяти у вигляді різниці інтенсивностей протидії чинників – факторів, що вказані вище. Розв'язання такого диференційного рівняння дає ймовірнісну модель (тренд) залежності ймовірності $B(v)$, тобто показника залишкового нормованого запасу ресурсу зразка від часу його експлуатації, рівного v років.

Статистична оцінка параметрів прогнозного тренду з урахуванням помилок заснована на дискретних початкових відліках за наслідками спостережень за роками вказаної ймовірності (частоті), з урахуванням випадкових відхилень цих відліків від обраного тренду зміни ймовірності (показника залишкового ресурсу).

Отже, метою першого етапу розв'язання задачі є експериментальне виявлення закономірності зміни рівня показника ресурсу B зразка на попередніх ділянках часу його експлуатації v . Тому знаходимо спочатку $B(v_k)$, $k = 1 \dots v_m$ по обмеженій кількості (наприклад, $m = 10$) даних про залишковий ресурс протягом реальної експлуатації зразка. Особливість побудови ймовірнісної моделі в тому, що вона враховує одночасне протидіювання чинників адекватніше, ніж відомі моделі, і це відображається добутком ймовірностей протилежних подій. Особливості моделі зводяться до наступного.

Коефіцієнтом пропорційності при цьому доцільно взяти так званий коефіцієнт $\gamma \geq 0$ протидії чинників, що має смисл різниці інтенсивностей їх протидії. В результаті отримаємо диференційне рівняння, яке адекватно в найзагальнішому вигляді відображає швидкість зменшення залишкового нормованого ресурсу (пробігу) зразка до капітального ремонту або до списання в часі v у вигляді:

$$dB(v)/dv = \gamma \cdot B(v) \cdot [1 - B(v)] \quad (1)$$

Інтегруючи (1) за умов довільних початкових умов, наприклад, у виді $B(v = v_{0,5}) = 0,5$, де $v_{0,5}$ – момент часу, при якому досягнутий рівень показника ресурсу досягає половини його максимально можливого значення, який дорівнює одиниці, отримаємо на даному етапі ймовірнісну модель (тренд) залежності ймовірності $B(v)$, тобто тренд показника ресурсу зразка від часу v , у виді (рис. 1)

$$B(v) = \{1 + \exp[\gamma(-v_{0,5})]\}^{-1} \quad (2)$$

Параметри γ й $v_{0,5}$ цієї кривої доцільно далі оцінювати для побудови результуючого тренда за даними спостережень, які відображені на рисунку 1 пунктиром.

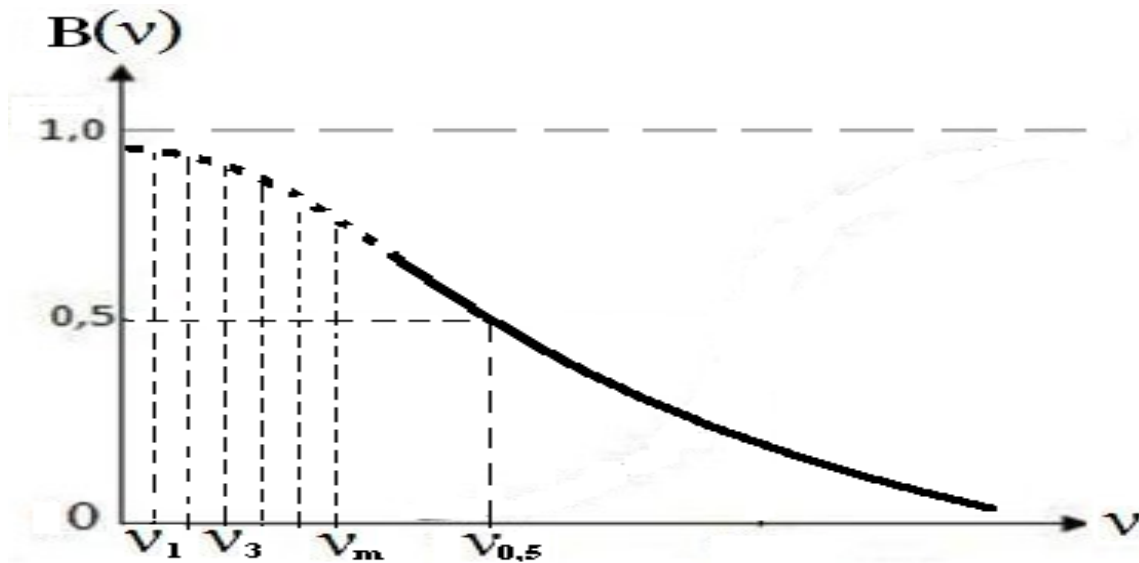


Рис. 1 – Залежність показника залишкового нормованого ресурсу зразка автомобіля за пробігом від часу v його експлуатації

Подальшим завданням прогнозування є побудова кривої розвитку процесу зменшення залишкового нормованого ресурсу на перспективному інтервалі часу, тобто на інтервалі $v \geq v_m$.

Таким чином, далі необхідно вирішити завдання отримання *оптимальних оцінок параметрів апроксимуючої функції $B(t)$* за результатами спостережень закону зменшення залишкового нормованого ресурсу на ретроспективному інтервалі часу, тобто за даними $B(t)$ на інтервалі $v = 0 \dots v_m$.

Висновки

Практика показує, що в реальних умовах експлуатації саме військових автомобілів кореляція між процесом зменшення фактичного залишкового ресурсу до рівня установленого ресурсу та фактичним процесом погіршення технічного стану СА спостерігається не завжди, особливо у випадку обслуговування зразків відповідно до їх стану. Тому доцільним є моніторинг і залишкового ресурсу, і технічного стану зразків, наприклад, за рівнем середнього напрацювання зразка на відмову.

Аналіз відомих методів прогнозування підтверджує, що за критерієм мінімальних помилок визначення параметрів прогнозного тренда і довірчих інтервалів в оточенні цього тренду процесу зменшення залишкового нормованого ресурсу військових автомобілів, доцільним є застосування методу максимальної правдоподібності, який передбачає використання всіх без винятку дисперсних відліків рівня залишкового нормованого ресурсу зразку автомобіля, який досліджується.

Оптимальні результати прогнозування параметрів прогнозного тренду і його довірчих інтервалів сприятимуть більш об'єктивному визначенню рівня залишкового нормованого ресурсу до капітального ремонту або списання, а також (після вибору мінімально допустимого, порогового рівня цього ресурсу) сприятимуть визначенню часу відправки зразка в капітальний ремонт або визначенню часу його списання.

Вибір імовірнісної адекватної моделі у виді так званої кривої деградації, на жаль, є пов'язаним з додатковими математичними складнощами застосування методу максимальної правдоподібності для оцінки параметрів нелінійної але монотонної функції (2). Тому застосування прийомів лінеаризації функції (2) дозволяє успішно вирішувати проблему.

Перспективи подальших досліджень

Подальшим завданням прогнозування є побудова кривої розвитку процесу зменшення залишкового нормованого ресурсу на перспективному інтервалі часу, тобто на інтервалі $v \geq v_m$.

Таким чином, далі необхідно вирішити завдання отримання *оптимальних оцінок параметрів апроксимуючої функції $B(t)$* за результатами спостережень закону зменшення залишкового нормованого ресурсу на ретроспективному інтервалі часу, тобто за даними $B(t)$ на інтервалі $v = 0 \dots v_m$.

Список використаних джерел

1. Марті Д. Стохастична модель для прогнозування технологічних змін: Реф. зб. «Економіка промисловості» / Д Марті. – 1980. – №1. – С. 22–27.
2. Теория прогнозирования и принятия решений / Под ред. С.А. Саркисяна. – М., 1977.
3. Дем'янчук Б.О. Аналіз динаміки зміни коефіцієнта готовності зразків військової автомобільної техніки протягом її експлуатації / Б.О. Дем'янчук, С.М. Кульчинський // Збірник тез доповідей наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів. – Київ : НТУ – 2015.

АДЕКВАТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УМЕНЬШЕНИЯ РЕСУРСА ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.В. Якимечко, Б.О. Демьянчук

Предложена адекватная математическая модель процесса уменьшения ресурса военной автомобильной техники на протяжении периода эксплуатации, которая определяет тренд для прогнозирования целесообразного срока обновления парка автомобиля в условиях неопределенностей случайного характера.

Ключевые слова: метод статистического прогнозирования, показатель технического состояния, прогнозирования параметров тренда, модель, военная автомобильная техника, ресурс, обновление парка.

OPTIMUM MODEL OF RESOURCE REDUCTION OF MILITARY AUTOMOBILE TECHNOLOGY DURING THE PERIOD OF OPERATION

A. Yakymechko, B. Demyanchuk

Here is an optimum mathematical model of resource reduction of military automobile technology during the period of operation that will be used for statistical forecasting trend and technological change.

Keywords: method of statistical forecasting, technical condition indicator, parameter forecasting of the trend, model, military automobile technology, resource, exploitation.

УДК 351.864:001.89 (043.2)

С.О. Нікул

Військова академія (м. Одеса), Україна

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЗРАЗКА ОЗБРОЄННЯ

Проведено аналіз процесів, які супроводжують розвиток зразка озброєння (ЗО) та розроблено алгоритм побудови загальної ієрархічної структури його властивостей.

Ключові слова: алгоритм, ентропійний підхід, зразок озброєння, обрис, структура властивостей.

Постановка проблеми

Досвід проведення антитерористичної операції на сході країни свідчить про необхідність модернізації наявних та створення нових зразків озброєння (ЗО). У зв'язку з цим виникає потреба прогнозування обрису ЗО на ранніх етапах розробки з урахуванням його властивостей як об'єкта розвитку.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Методологічний підхід до формування технічного обрису перспективних ЗО розглянутий в [1]. Але він не враховує порядок формування структури властивостей перспективного ЗО.

Постановка задачі та її розв'язання

Метою роботи є розробка науково-методичного апарату обґрунтування системи властивостей зразка озброєння як об'єкта розвитку.

Виокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

На ранніх етапах розробки ЗО потрібно виявляти відмінні особливості, які враховують динаміку розвитку його у всіх її суперечливих формах. Це дозволяє визначати низку глобальних чинників, які впливають на якість ЗО, що розробляється, і необхідних для початкової орієнтації та при безпосередньому прогнозуванні варіантів його обрису.

Завдання тактико-технічних вимог (ТТВ) до перспективного ЗО обумовлює розробку і застосування на практиці загальної ієрархічної структури його властивостей, яка є основною для майбутнього обрису ЗО.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Аналіз результатів робіт [4, 5] дозволяє зробити висновок, що формування структури властивостей перспективного ЗО можна виконувати в два етапи:

1. Побудова сукупності ієрархічних структур властивостей за допомогою можливих часткових ситуацій розвитку та застосування за цільовим призначенням ЗО;
2. Узагальнення сукупності ієрархічних структур властивостей і побудова загальної структури.

Виконання першого етапу пропонується здійснювати на основі ентропійного підходу, який полягає в наступному.

Функціонування як розвиток за етапами життєвого циклу конкретного ЗО відбувається в m ситуаціях C_i , $i = 1, m \dots$. Залежно від конкретної ситуації, він характеризується рядом пріоритетів $P_i = \{1, 2, \dots, n\}$ і вектором пріоритетів властивостей $V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}\}$.

Ряд пріоритетів є впорядкованою множиною властивостей і відображає суто якісне відношення домінування. Вектор пріоритету V_i являє собою n -мірний вектор, компонентами V_q якого є бінарні відношення пріоритету, що визначають ступінь переваги за важливістю двох сусідніх властивостей P_{iq} та P_{iq+1} , $q = \overline{1, n}$, з ряду пріоритету I_i , а саме: величина V_{iq} показує, у скільки разів властивість P_{iq} важливіше іншої властивості P_{iq+1} . Якщо $P_{iq} = P_{iq+1}$, то $V_{iq} = 1$.

Для зручності обчислень логічно прийняти $V_{in} = 1$. Вектор V_i встановлюється за результатом попарного порівняння властивостей P_{ij} ($i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$), попередньо впорядкованих відповідно до ряду пріоритету I_i .

Наявність векторів I_i та V_i за всіма типовими ситуаціями C_i , в якості вихідних даних, дозволяє для кожної з них визначити вектор вагових коефіцієнтів $\lambda_{iq} = \{\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{in}\}$, який являє собою n -мірний вектор, при цьому компоненти його зв'язані співвідношеннями:

$$\begin{cases} 0 \leq \lambda_{iq} \leq 1, & q = \overline{1, n}; \\ \sum_{q=1}^n \lambda_{iq} = 1. \end{cases}$$

Складові λ_{iq} вектора V_i мають сенс вагових коефіцієнтів, які визначають відносну перевагу q -ої властивості над іншими, і розраховуються за допомогою залежності

$$\lambda_{iq} = \frac{\prod_{l=1}^n V_{il}}{\sum_{q=1}^n \prod_{l=q}^n V_{il}}, \quad i = \overline{1, m}.$$

За даними розрахунків будеться матриця ваг

$$\| \Lambda \| = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \dots & \lambda_{mn} \end{pmatrix},$$

де λ_{kj} - вага j -ої властивості в k -ій типовій ситуації функціонування (розвитку) ЗО.

Для формування ієрархічної структури властивостей, яка враховує різні типові ситуації функціонування (розвитку) ЗО та ступінь їх прояву в кожному конкретному випадку, необхідно встановити узагальнені ваги λ_j^* , $j = \overline{1, n}$ усіх властивостей, що найбільш повно враховують інформацію, закладену в матрицю $\| \Lambda \|$. Для цього доцільно використати ентропійний підхід, який дозволяє знайти рівень мінливості будь-якої властивості в межах умов задачі, яка розглядається.

На підставі даних матриці $\| \Lambda \|$ розраховується ентропія j -ої властивості

$$H_j = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} \ln \lambda_{ij}, \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$$

Оскільки $0 \leq H_j \leq 1$ ($j = \overline{1, n}$), то можна визначити рівень мінливості j -ої властивості за формулою

$$d_j = 1 - H_j, \quad j = \overline{1, n}.$$

Тоді узагальнені ваги властивостей можна розраховувати за допомогою виразу

$$\alpha_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Ця залежність справедлива, якщо всі властивості однаково важливі, тобто немає експертних оцінок їх значущості. Якщо відомі експертні оцінки величин $\bar{\alpha}_j$, то доцільно розрахувати комплексну значущість

$$\alpha_j^o = \lambda_j^* = \frac{\bar{\alpha}_j \alpha_j}{\sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j \alpha_j}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Тут ваговий вектор $\bar{\alpha} = \{\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \dots, \bar{\alpha}_n\}$ можна визначити за допомогою матриці експертних оцінок кожної властивості. Для цього необхідно провести групову експертизу, в якій кожен з m експертів призначає свої значення вагових коефіцієнтів, що відповідають умовам

$$\sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_{kj} = 1, \quad \bar{\alpha}_{kj} \geq 0, \quad j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, m},$$

а в результаті буде отримана матриця експертних оцінок

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \bar{\alpha}_{11} & \bar{\alpha}_{12} & \dots & \bar{\alpha}_{1n} \\ \bar{\alpha}_{21} & \bar{\alpha}_{22} & \dots & \bar{\alpha}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{\alpha}_{m1} & \bar{\alpha}_{m2} & \dots & \bar{\alpha}_{mn} \end{bmatrix},$$

де $\bar{\alpha}_{kj}$ – експертна оцінка відносної важливості j -ої властивості, яка запропонована k -м експертом.

Для визначення оптимально-компромісних вагових коефіцієнтів $\bar{\alpha}^*$, що виражають «колективну думку», задається схема компромісу $F(A, \bar{\alpha}^*)$ і розв'язується екстремальна задача

$$F(A, \bar{\alpha}^*) = \min_{\bar{\alpha} \in D} F(A, \bar{\alpha}), \quad (1)$$

$$\text{де } D = \left\{ \bar{\alpha} \left| \sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j = 1, \bar{\alpha}_j \geq 0, j = \overline{1, n} \right. \right\}.$$

Ця схема компромісу $F(A, \bar{\alpha})$ є мірою близькості між довільним вектором $\bar{\alpha} \in D$ і елементами матриці A . В якості міри близькості $F(A, \bar{\alpha})$ використовується функція

$$F(A, \bar{\alpha}) = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n (\bar{\alpha}_{kj} - \bar{\alpha}_j)^2,$$

а оптимальним розв'язанням (1) є вектор середніх значень за елементами стовпців матриці A

$$\bar{\alpha}_j^* = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Для врахування кваліфікації експертів логічно ввести коефіцієнти компетентності експертів

$$C_k > 0, \quad k = \overline{1, m}, \quad \sum_{k=1}^m C_k = 1.$$

Тоді

$$\bar{\alpha}_j^* = \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj} C_k.$$

Отриманий вектор $\Lambda^* = \{\lambda_1^*, \lambda_2^*, \dots, \lambda_n^*\}$ використовується в якості вихідної інформації для призначення рівнів властивостей.

На рис. 1 та 2 подані схеми безпосереднього функціонування і розвитку ЗО. Використання цих схем дозволяє виокремити m ситуацій C_i як для першого випадку, так і для другого. У відповідності до цих ситуацій здійснюється формування властивостей зразка ЗО як об'єкта функціонування і як об'єкта розвитку. Видно, що схема на рис. 2 є більш динамічною, порівняно зі схемою на рис. 1. Вона враховує більшу кількість факторів і змушує оцінювати його технічні умови з переглядом системи властивостей.

При побудові такої ієрархічної структури властивостей на ранніх етапах розробки необхідно розглядати низку організаційних вимог: обов'язкове проведення аналізу процесу розвитку (еволюції) ЗО, сукупності ЖЦ окремих його представників з висновком про їх наступність; виділення видів середовища, в якому створюється і застосовується ЗО, з включенням концептуальної фази його розробки; формування груп властивостей, які характеризують процес розвитку ЗО, його створення і застосування; дотримання принципів побудови ієрархічної структури властивостей; визначення зв'язків між властивостями (незалежно від рівнів).

Другим, завершальним етапом, є аналіз сукупності отриманих можливих ієрархічних структур властивостей ЗО і побудова на основі цього загальної структури властивостей. Цей етап виконується на основі експертного методу. Алгоритм побудови загальної ієрархічної структури властивостей наведений в табл. 1.

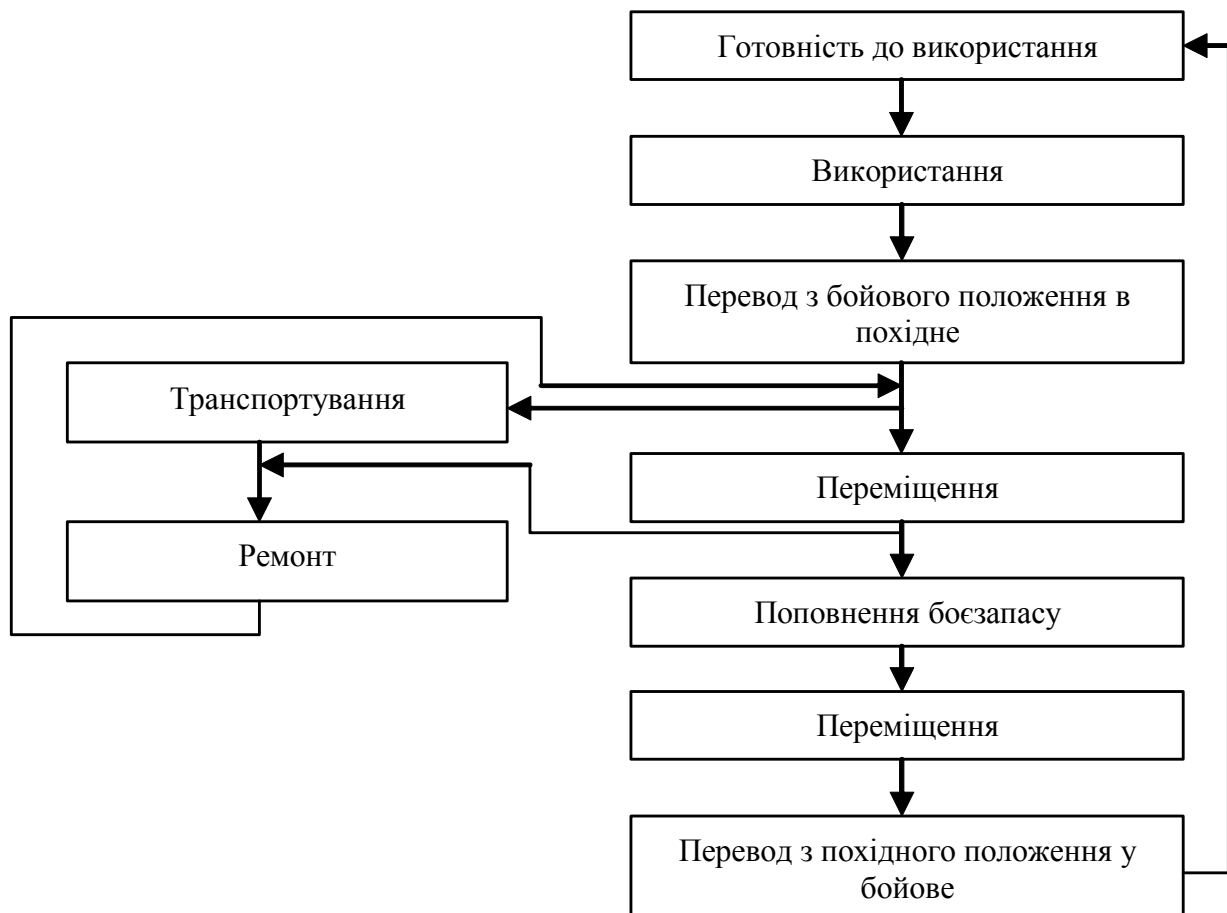
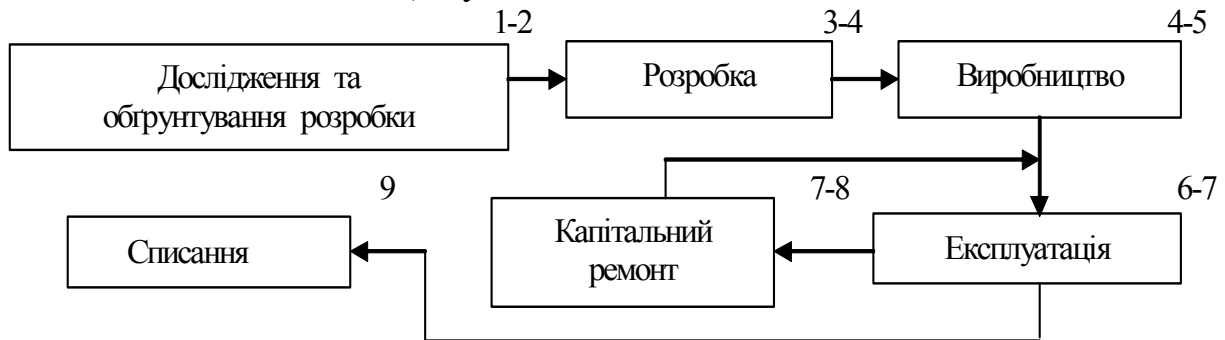
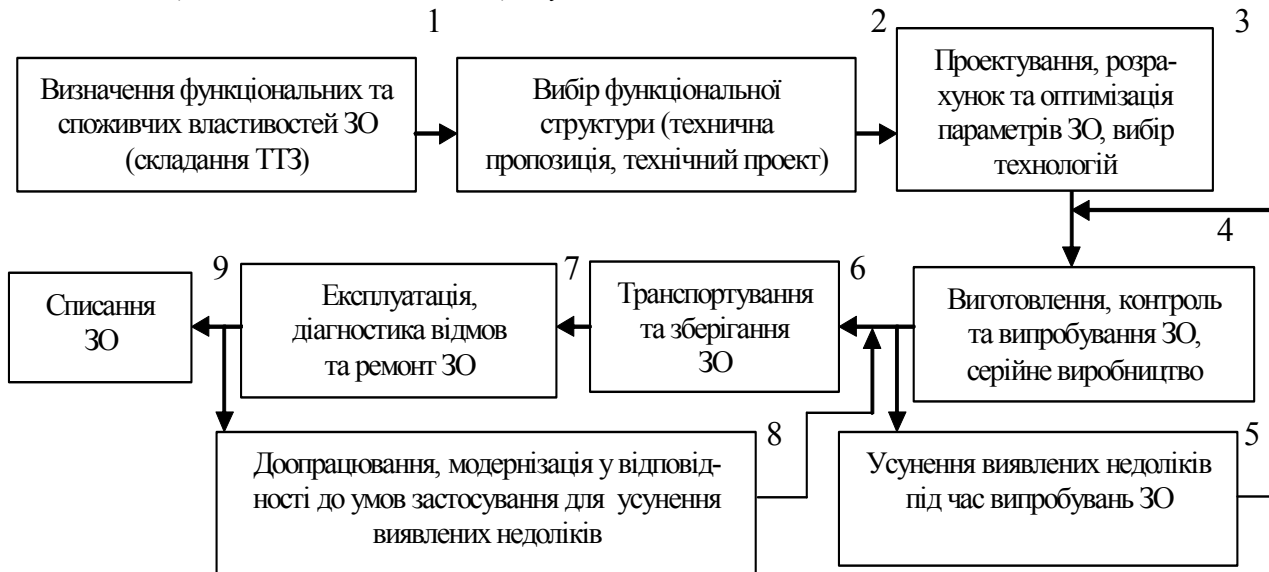


Рис. 1 – Схема функціонування зразка озброєння

Основні стадії життєвого циклу**Деталізація стадій життєвого циклу****Рис. 2 – Схема розвитку ЗО на стадіях життєвого циклу (ЖЦ)**

На основі запропонованих двох етапів формування структури властивостей перспективного ЗО на рис. 3 наведена загальна структура властивостей ЗО.

Окремо винесені його закони розвитку і форми еволюції. На основі аналізу процесів розвитку будуються еволюційні схеми, з яких випливає наступність розвитку, що визначає вид розробки (модернізаційна, конструктивна і новофізична).

Відповідно до стадій ЖЦ ЗО виокремлюються зовнішні середовища: концептуальне, розробки, виробниче, експлуатаційне та цільове. Це полегшує формування груп базових властивостей. Окремо слід зупинитися на еволюційній групі властивостей. Передумовою виникнення цієї групи властивостей є еволюційна спадкоємність, що відображається бінарною схемою розвитку – «ЗО – його наступник».

Поряд з класичними властивостями ЗО (зокрема такими як надійність, ергономічність, вогнева ефективність тощо) в цю схему включені такі важливі базові властивості як новизна і корисність, реальність і розгортваність, вписуваність і перспективність.

Вони отримані з еволюційного підходу інженерно-кібернетичної методології проектування складних технічних систем. Подальша побудова властивостей може здійснюватись при дотриманні принципів ієрархічності та результатів досліджень, отриманих в [2, 3].

Система зв'язків різних властивостей між собою встановлюється за допомогою одного з методів експертного опитування.

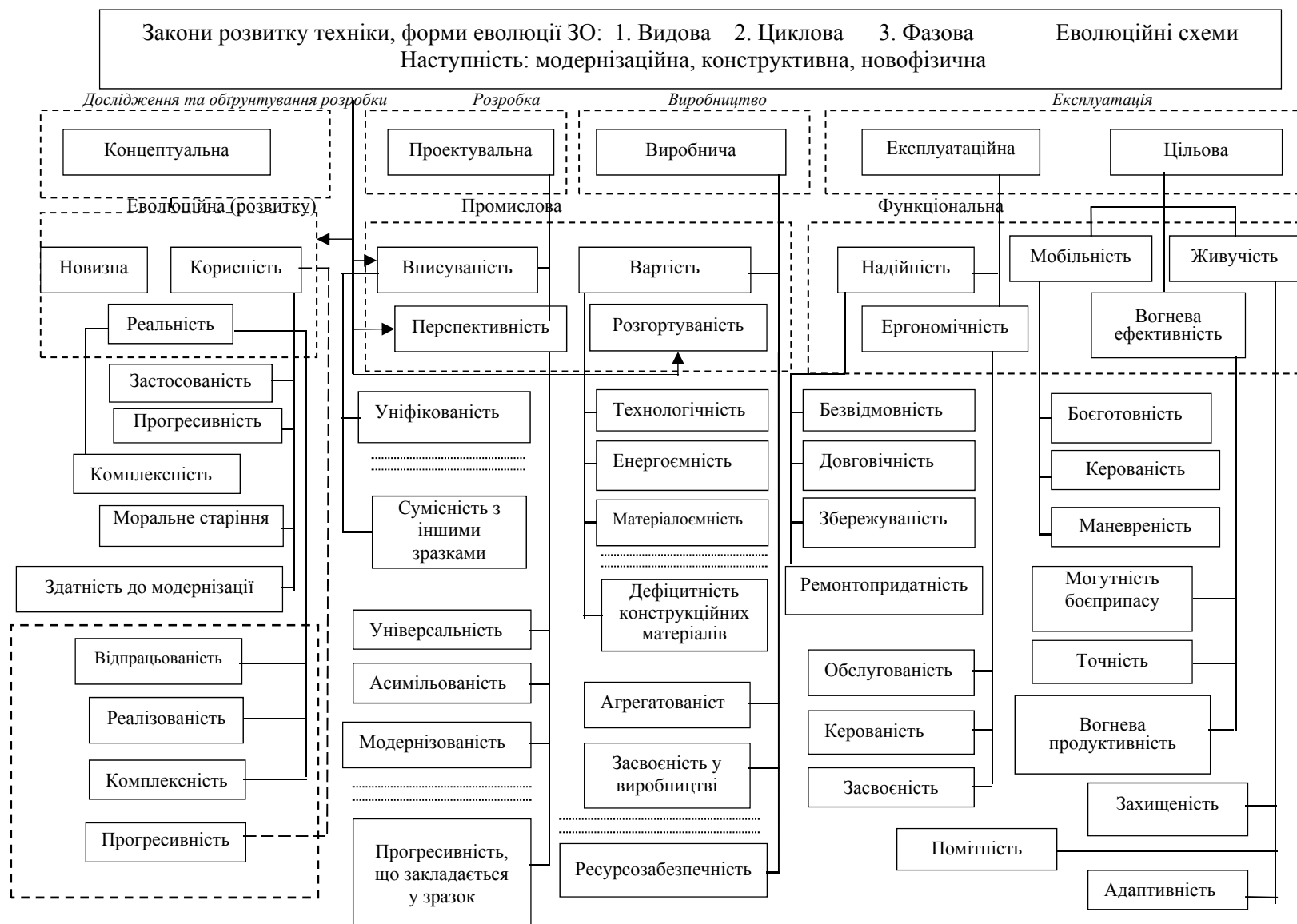
Алгоритм побудови загальної ієрархічної структури властивостей

Етапи алгоритму
1. Формування мети роботи (постановка задачі): ранжування $\{m\}$ властивостей в порядку переваги, виходячи з конструкторських проробок та побудова їх ієрархічної структури.
2. Формування експертної групи: кількість експертів (h); за результатами роботи експертів формується матриця-рядок по кожній j-й властивості $Y_j = [\tilde{\alpha}_{1j}, \tilde{\alpha}_{2j}, \dots, \tilde{\alpha}_{hj}]$; обчислюється середнє значення оцінок групи за j-ю властивістю $\bar{\alpha}_j = \left(\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} \right) / h$; визначається відхилення оцінки кожного експерта від середнього значення оцінок групи за всіма j-ми властивостями: $\Delta_{tj} = \tilde{\alpha}_{tj} - \bar{\alpha}_j$, в результаті формується матриця відхилень $\ D_j\$; знаходиться середнє відхилення оцінок кожного експерта за всіма властивостями від середнього значення оцінок групи $\bar{\Delta}_t = \left(\sum_{j=1}^m \Delta_{tj} \right) / m$ та отримується матриця-рядок $\bar{D} = [\bar{\Delta}_1, \bar{\Delta}_2, \dots, \bar{\Delta}_h]$; експерти нумеруються по мірі віддалення їхніх оцінок від середнього значення оцінок групи. В підсумку встановлюється кортеж їхніх переваг $\bar{D}^* = \langle \bar{\Delta}_1^*, \bar{\Delta}_2^*, \dots, \bar{\Delta}_h^* \rangle$; значення коефіцієнта конкордації, як правило, приймають рівним 0.5 ($\Phi=0.5$). При $\Phi < 0.5$ експертну групу переформовують шляхом виключення зі списку останніх номерів експертів, у яких спостерігається різке відхилення відповідей від середньої думки групи.
3. Формування правил роботи експертної групи: Впорядковуються властивості, починаючи з найменш важливої $x_1 < x_2 < \dots < x_m$; приписуються ранги $\tilde{\alpha}_j$ ($\tilde{\alpha}_1 = 1$; $\tilde{\alpha}_2 = 2$; ...; $\tilde{\alpha}_m = m$); визначаються вагові коефіцієнти властивостей x_j ($j = \overline{1, m}$) за формулою $\alpha_j = \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} / \left(\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} \right).$
4. Оцінка ступеня узгодженості думок експертів: результати ранжування подаються у вигляді матриці рангів; визначається відповідно сума рангів по кожній j-й властивості та середня сума рангів $Q_j = \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{jt}, \quad T = \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{jt} / m;$ обчислюється сума квадратів відхилень $S_E = \sum_{j=1}^m \delta_j^2 = \sum_{j=1}^m (Q_j - T)^2$; визначається коефіцієнт конкордації $\Phi = 12S_E / \{h^2(m^3 - m)\}$. Якщо $\Phi > 0.5$, то існує достатній ступінь узгодженості між думками експертів. Якщо $\Phi < 0.5$, то група експертів корегується шляхом виключення останнього експерта в кортежі, перераховується коефіцієнт конкордації та ін. до отримання потрібного ступеня узгодженості. Якщо експерт не може вказати порядок спадання двох або декількох властивостей, він приписує кожному з них однаковий ранг.

Форми еволюції
(розвитку) ЗО,
його наступності

Основні стадії ЖЦ
Зовнішні середовища
у відповідності до
стадій ЖЦ

Групи базових
властивостей з
позиції законів
розвитку ЗО,
його створення та
застосування



Висновки

Проведені дослідження дозволили встановити порядок одержання загальної ієрархічної структури властивостей ЗО у відповідності до стадій життєвого циклу, також отримано варіант такої структури та визначено місце його властивостей як об'єкта розвитку.

Перспективи подальших досліджень

Метою подальших досліджень є формування системи показників ЗО як об'єкта розвитку.

Список використаних джерел

1. Гриб Д. А. *Методологічний підхід до формування технічного обриса перспективних зразків озброєння та військової техніки* / Д. А. Гриб, Б. О. Демідов, М. В. Науменко // *Наука і оборона*. – 2009. – № 4. – С. 30-35.
2. Автономов В. Н. *Создание современной техники: Основы теории и практики*. / В. Н. Автономов. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
3. Мартыщенко Л. А. *Инновационная модель прогнозирования развития образцов ракетного вооружения* / Л. А. Мартыщенко, А. Е. Филлюстин и др. // *Оборонная техника*. – № 3 – 1987. – С. 23–28.
4. *Надёжность и эффективность в технике. Справочник. Т. 1 : Методология. Организация. Терминология* / Под ред. А.И. Рембезы. – М. : Машиностроение, 1986. – 224 с.
5. *Техническое творчество: теория, методология, практика. Энциклопедический словарь-справочник* / Под ред. А.И. Половинкина, В.В. Попова. – М.: НПО «Информ-система», 1995. – 408 с.

Рецензент: В.В. Маміч, к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса)

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВОЙСТВ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБРАЗЦА ВООРУЖЕНИЯ

С.А. Никул

Предложен двухэтапный подход к формированию структуры свойств перспективного образца вооружения (ОВ). Показана целесообразность учета его свойств как объекта развития при формировании тактико-технического задания. Разработан алгоритм получения общей иерархической структуры свойств ОВ в соответствии со стадиями жизненного цикла. Получен вариант такой структуры и определено место свойств ОВ как объекта развития.

Ключевые слова: алгоритм, энтропийный подход, образец вооружения, описание, структура свойств.

FORMING OF STRUCTURE OF PROPERTIES OF PERSPECTIVE STANDARD OF ARMAMENT

S.O. Nikul

It is proposed a two-staged approach to form a structure of features of perspective pattern of an armament.

It is demonstrated an expediency of taking into account as object of development with formation of a tactics and technical task. It is worked out an algorithm of getting of a common hierarchical structure of the features of a pattern of an armament in accordance with a stage of a vital cycle. It is received a variant of a such structure and it is determined the role of features of the pattern of an armament as an object of development.

Keywords: an algorithm, an entropy approach, a pattern of an armament, a duteription, a structure of features.

УДК 623.4

О.С. Петрученко*Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна*

ЩОДО ВИВЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ КУЛІ ЧИ ОСКОЛКА СНАРЯДА З ПЕРЕШКОДОЮ

Розглядаються умови взаємодії кулі чи осколків снарядів з елементом захисної конструкції з огляду на можливість її використання для зменшення кута зустрічі кулі (осколка) з об'єктом, який захищають. Встановлено зв'язок кута зустрічі кулі з перешкодою з фізико-механічними та геометричними характеристиками останньої для досягнення зменшення кута зустрічі. Проведено кількісний аналіз отриманих залежностей.

Ключові слова: захисна конструкція, куля, кут зустрічі кулі (осколка) з перешкодою.

Актуальність теми та мета роботи

У зв'язку з бойовими діями на сході України розвиток військової техніки, створення ефективних засобів захисту її та особового складу від куль і осколків стає особливо актуальним завданням. Захист від куль чи осколків та інших уражаючих факторів полягає в їхньому зупиненні або відбитті від захищуваного об'єкта за допомогою спеціальних захисних конструкцій. Базовим елементом таких конструкцій є броня [1-3]. Сучасна промисловість пропонує великий вибір броні. Однак покращення захисту тільки за рахунок підвищення якості і геометричних параметрів броні стикається з проблемою зростання ваги захисної конструкції та об'єкта, який захищається. Зараз ведуться пошуки конструктивних рішень, які б дозволили покращити рівень захисту об'єктів без підвищення ваги броні [4]. Для цього треба створити такі захисні конструкції, які б забирали чи розсіювали частину кінетичної енергії уражаючого фактора без або за обмеженого проникнення його в броню [7], чи забезпечили зміну його напрямку так, щоб він минув об'єкт, який захищають [6].

Іншою проблемою захисту особового складу від куль чи осколків є виникнення ударних хвиль при зупинці їх у захисній конструкції. Ці хвилі можуть спричиняти вторинні уражаючі дії на людей, в тому числі контузії [6]. Використання способів зміни напрямку руху куль (осколків) чи «м'якого» поглинання їх енергії зменшує роль таких вторинних факторів.

У зв'язку зі сказаним, дослідження закономірностей взаємодії куль чи осколків з перешкодами, розробка способів зменшення їх енергії, змін напрямку їхнього руху є актуальною проблемою створення нових ефективних захисних конструкцій.

Метою цього дослідження є вивчення умов відбивання чи проникнення кулі або осколка (надалі – уражаючого об'єкта) в перешкоду, залежно від геометрії перешкоди, фізико-механічних властивостей її матеріалу та кута удару.

Постановка та розв'язання задачі

Розглянемо елемент захисної конструкції (перешкоди) у вигляді двох пластин під деяким кутом одна до одної (рис. 1). Об'єкту вдаряється вражаючий об'єкт (куля, осколок) масою m , швидкість якого $\vec{V}_{10}$, а кут між площиною пластини і напрямком руху об'єкта складає α_1 . Поведінка вражаючого об'єкта після зіткнення з перешкодою буде залежати від низки факторів: величини кута α_1 , маси та швидкості об'єкта, фізико-механічних властивостей матеріалу перешкоди. Надалі останні будемо характеризувати інтегральними параметрами: силою опору $R_{\text{лоніп}}$ проникненню вражаючого об'єкта в пластину та коефіцієнтом відновлення k_1 (за Ньютоном), який дорівнює відношенню

модуля нормальної складової відносної швидкості між тілами після удару до модуля нормальної складової відносної швидкості між тілами до удару.

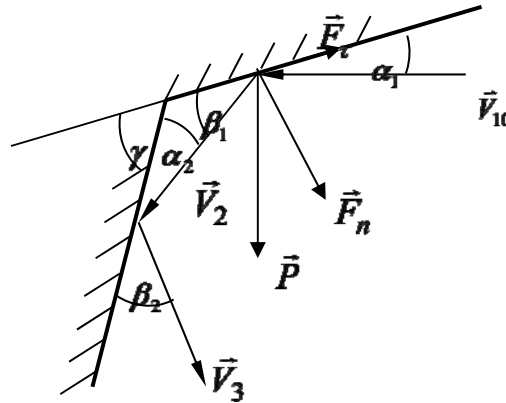


Рис. 1 – Схема удару кулі об поверхню перешкоди

Важливою характеристикою взаємодії вражаючого об'єкта з перешкодою є гранично допустимий кут $\alpha_{1\max}$ - максимальне значення кута удару, за якого ще відбувається відбивання від пластини. Для його визначення використаємо теорему про зміну кількості руху вражаючого об'єкта [5]

$$\vec{K}_k - \vec{K}_0 = \sum \vec{S}(t), \quad (1)$$

де $\vec{K}_k = m\vec{V}_2$ - кількість руху об'єкта після відбиття від перешкоди; $\vec{K}_0 = m\vec{V}_{10}$ - його кількість руху до удару об перешкоду; $\vec{V}_2$ - швидкість вражаючого об'єкта після відбиття від перешкоди; $\sum \vec{S}(t)$ - сума імпульсів всіх сил, які діють на об'єкт під час його контакту з перешкодою.

При взаємодії вражаючого об'єкта з перешкодою на нього діють: $\vec{P}$ - сила його ваги; $\vec{F}_n$ - нормальна складова реакції поверхні перешкоди, $\vec{F}_\tau$ - дотична складова реакції поверхні перешкоди. Отже імпульс цих сил дорівнює

$$\sum \vec{S}(t) = (\vec{P} + \vec{F}_n + \vec{F}_\tau) dt_1, \quad (2)$$

де dt_1 - елементарний проміжок часу, впродовж якого вражаючий об'єкт контактує з нерухомою поверхнею перешкоди.

Підставляючи записані залежності у співвідношення (1), отримаємо, що

$$m\vec{V}_2 - m\vec{V}_{10} = (\vec{P} + \vec{F}_n + \vec{F}_\tau) dt_1. \quad (3)$$

Проектуючи цю залежність на нормальний і тангенціальний напрямки поверхні перешкоди отримаємо

$$mV_2 \sin \beta_1 - (-mV_{10} \sin \alpha_1) = (F_n + P \cos \alpha_1) dt_1, \quad (4)$$

$$mV_2 \cos \beta_1 - mV_{10} \cos \alpha_1 = (-F_\tau + P \sin \alpha_1) dt_1, \quad (5)$$

де β_1 - кут, під яким вражаючий об'єкт відбивається від поверхні перешкоди.

Враховуючи, що тривалість часу dt_1 контакту кулі з поверхнею перешкоди є малою величиною, а величини сил P_1 та F_τ є значно менші від величини сили F_n , систему рівнянь (4) і (5) перепишемо у вигляді

$$mV_2 \sin \beta_1 + mV_{10} \sin \alpha_1 = F_n dt_1, \quad (6)$$

$$mV_2 \cos \beta_1 - mV_{10} \cos \alpha_1 = 0 \quad (7)$$

Для коефіцієнта відновлення тепер можемо записати формулу

$$\frac{V_2 \sin \beta_1}{V_{10} \sin \alpha_1} = k_1 \quad (8)$$

Зауважимо, що величину коефіцієнта відновлення k_1 визначають експериментальним шляхом і

$$0 \leq k_1 < 1$$

Враховуючи залежність (7) і (8), отримаємо, що

$$V_2 \cos \beta_1 = V_{10} \cos \alpha_1, \quad V_2 = \frac{V_{10} \cos \alpha_1}{\cos \beta_1}, \quad \frac{V_{10} \cos \alpha_1 \sin \beta_1}{V_{10} \sin \alpha_1 \cos \beta_1} = k_1 \quad \text{або} \quad \tan \beta_1 = k_1 \tan \alpha_1 \quad (9)$$

З рівняння (9) можна визначити величину кута β_1 , під яким вражаючий об'єкт відбивається від поверхні перешкоди. Дійсно, враховуючи, що $\cos \beta_1 = \sqrt{\frac{1}{1 + \tan^2 \beta_1}}$, із співвідношення (9) отримуємо

$$\cos \beta_1 = \sqrt{\frac{1}{1 + k_1^2 \tan^2 \alpha_1}} \quad (10)$$

З рівнянь (8) і (10) визначаємо швидкість V_2 вражаючого об'єкта після відбиття від поверхні перешкоди

$$V_2 = V_{10} \cos \alpha_1 \sqrt{1 + k_1^2 \tan^2 \alpha_1} \quad (11)$$

Величина нормальної реакції F_n поверхні перешкоди, згідно рівнянь (6) і (11), визначається виразом

$$F_n = \frac{m(1 + k_1)V_{10} \sin \alpha_1}{dt_1} \quad (12)$$

Умова відбивання вражаючого об'єкта від поверхні перешкоди буде залежати від співвідношення між величинами сил F_n нормальної реакції та опору матеріалу $R_{\text{лоніп}}$ перешкоди.

Надалі приймемо за таку умову співвідношення

$$F_n \leq R_{\text{лоніп}} \quad (13)$$

Якщо врахувати вираз (12) для величини сили нормальної реакції, то це співвідношення набуде вигляду

$$\frac{m(1 + k_1)V_{10} \sin \alpha_1}{dt_1} \leq R_{\text{лоніп}} \quad (14)$$

За умови рівності лівої та правої частин (14) отримуємо рівняння, з якого визначаємо максимальну величину кута удару $\alpha_{1\text{max}}$, при якому вражаючий об'єкт відбивається від поверхні перешкоди

$$\sin \alpha_{1\text{max}} = \frac{R_{\text{лоніп}} dt_1}{m(1 + k_1)V_{10}} \quad (15)$$

Якщо вражаючий об'єкт відбився від першої пластини, то надалі він вдаряється об другу поверхню перешкоди під кутом α_2 , який дорівнює

$$\alpha_2 = \gamma - \beta_1, \quad (16)$$

де γ – кут між поверхнями перешкод (рис. 1).

Використовуючи попередні результати можна стверджувати, якщо кут α_2 , під яким куля вдаряється о другу перешкоди, менше граничної величини

$$\alpha_2 \leq \alpha_{2\max}, \quad (17)$$

де $\alpha_{2\max}$ визначається співвідношенням

$$\sin \alpha_{2\max} = \frac{R_{2onip} dt_2}{m(1+k_2)V_2}, \quad (18)$$

то вона відіб'ється від поверхні перешкоди. Тут позначено: R_{2onip} – величина сили опору матеріалу другої перешкоди, dt_2 – тривалість часу контакту між вражаючим об'єктом і другою поверхнею перешкоди, $k_2 = V_3 \sin \beta_2 / V_2 \sin \alpha_2$ – коефіцієнт відновлення для матеріалу другої пластини. При цьому швидкість V_3 визначаємо за формулою, аналогічною формулі (11) із заміною $V_{10}, V_2, k_1, \alpha_1$ на V_2, V_3, k_2, α_2 відповідно.

Враховуючи залежність (14) та використовуючи співвідношення (15), (16) можемо обчислити величину кута γ між поверхнями перешкод з нерівності

$$\sin(\gamma - \beta_1) \leq \frac{R_{2onip} dt}{m(1+k_2)V_2}, \quad (19)$$

або

$$\sin(\gamma - \beta_1) \leq \frac{R_{2onip} dt_2}{m(1+k_2)V_{10} \cos \alpha_1 \sqrt{1 + k_1^2 \tan^2 \alpha_1}}. \quad (20)$$

Співвідношення (17) або (18) дозволяють встановити межі зміни кута між пластинами перешкоди, за яких після відбивання вражаючого об'єкта від першої пластини буде мати місце відбивання і від другої.

Кількісний аналіз розв'язку

Приведені співвідношення дозволяють провести кількісні оцінки параметрів розташування перешкоди та її елементів для забезпечення зміни напрямку кулі (осколка) за характеристиками їх, їхнього початкового руху та фізико-механічних властивостей матеріалу перешкоди. Дійсно, розглянемо приклад визначення кутів удару $\alpha_{1\max}$ і γ між поверхнями перешкоди, якщо $m = 0,0096 \text{ кг}$, $V_{10} = 800 \text{ м/с}$, $R_{1onip} = 20000 \text{ Н}$, $dt_1 = 0,0001 \text{ с}$, $k_1 = 0,5$, $R_{2onip} = 20000 \text{ Н}$, $dt_2 = 0,00015 \text{ с}$, $k_2 = 0,5$. Здійснюючи математичні обчислення за наведеними вище формулами отримаємо, що $\alpha_{1\max} = 10^\circ$, $\beta_1 = 5^\circ$, $V_2 = 790 \text{ м/с}$, $\alpha_{2\max} = 15^\circ$, $V_3 = 770 \text{ м/с}$, $\gamma = 20^\circ$. Таким чином захисний елемент буде змінювати напрям руху вражаючого об'єкта за відносно невеликих кутів удару та невеликого кута між обома пластинами перешкоди. При цьому взаємодія вражаючого об'єкта з перешкодою мало змінює його швидкість.

Як видно з формул (12)–(15), величина кута удару і його максимальне значення суттєво залежать від маси та початкової швидкості, тобто імпульсу $p = mV_{10}$ вражаючого об'єкта. Це ілюструють криві, приведені на рис. 2.

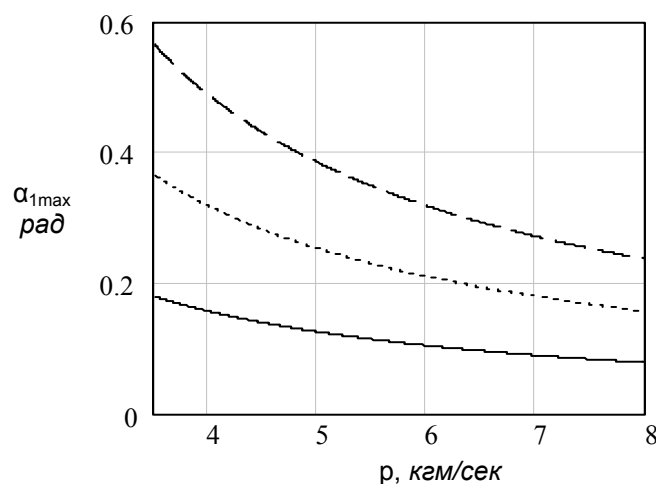


Рис. 2 – Залежність максимального кута падіння вражаючого об'єкта від його імпульсу для $\kappa_1=0,6$, $R_{10ip}=10000, 20000, 30000$ (суцільні, пунктирні, штрихові лінії відповідно)

Область зміни імпульсу вражаючого об'єкта на рисунку вибрана характерною для стрілецької зброї. Бачимо, що максимальний кут удару, за якого ще відбувається відбивання, зменшується з ростом кількості руху вражаючого об'єкта і суттєво залежить від сили опору матеріалу перешкоди. Це ілюструють криві, приведені на рис. 3

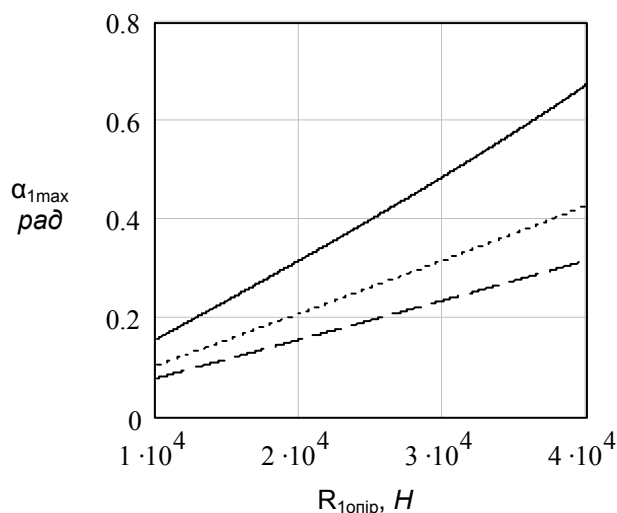


Рис. 3 – Залежність максимального кута падіння вражаючого об'єкта від сили опору R_{10ip} для $\kappa_1=0,6$, $p=4, 6, 8$ (суцільні, пунктирні, штрихові лінії відповідно)

Зауважимо, що залежність максимального кута удару вражаючого об'єкта від сили опору матеріалу є практично лінійною.

На рис. 4 приведені криві залежності максимального кута удару від коефіцієнта відновлення. Бачимо, зокрема, що інтервал зміни максимального кута, спричинений зміною коефіцієнта відновлення більший для більших значень сили опору матеріалу перешкоди.

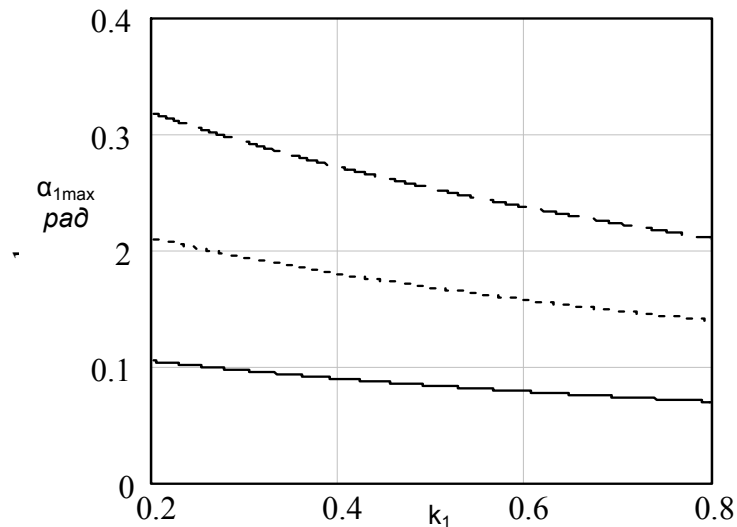


Рис. 4 – Залежність максимального кута падіння вражаючого об'єкта від коефіцієнта відновлення k_1 для імпульсу $p=8$, $R_{2onip}=10000, 20000, 30000$ (суцільні, пунктирні, штрихові лінії відповідно)

Якщо кут удару α_1 менший від α_{1max} , тобто має місце залежність $0 \leq \alpha \leq \alpha_{1max}$, тоді, відбившись від поверхні першої перешкоди, вражаючий об'єкт потрапляє на другу поверхню перешкоди зі швидкістю

$$V_2 = V_{10} \cos \alpha_1 \sqrt{1 + k_1^2 \tan^2 \alpha_1}, \quad (21)$$

та вдаряється об цю поверхню під кутом α_2 , який дорівнює $\alpha_2 = \gamma - \beta_1$, де кут β_1 визначається з рівняння (10).

Сила удару вражаючого об'єкта об другу поверхню перешкоди дорівнює

$$F_{2n} = \frac{m(1 + k_2)V_2 \sin \alpha_2}{dt_2} \quad (22)$$

Щоб вражаючий об'єкт відбився від другої поверхні перешкоди повинна виконуватись умова $F_{2n} \leq R_{2onip}$, тобто

$$\frac{m(1 + k_2)V_2 \sin \alpha_2}{dt_2} \leq R_{2onip} \quad (23)$$

У випадку падіння вражаючого об'єкта під кутом $\alpha_1 = 0^\circ$, тоді $V_2 = V_{10}$, $\beta_1 = 0^\circ$, $\gamma = \alpha_2$ і величину кута між поверхнями першої та другої перешкод можна визначити з рівняння

$$\sin \gamma = \sin \alpha_{2max} = \frac{R_{2onip} dt_2}{m(1 + k_2)V_{10}} \quad (24)$$

Якщо вважати, що $m = 0,01 \text{ кг}$, $k_2 = 0,6$, $V_{10} = 400 \text{ м/с}$ і тривалості часу контакту вражаючого об'єкта з поверхнями перешкоди дорівнюють відповідно $dt_1 = 0,0001 \text{ с}$, $dt_2 = 0,00015 \text{ с}$, то визначена зі співвідношень (10), (15), (20) залежність максимального значення величини кута γ від величини сили опору першої пластини перешкоди для різних значень її коефіцієнта відновлення за фіксованих значень імпульсу вражаючого об'єкта та сили опору і коефіцієнта відновлення другої пластини, подано на рис. 5.

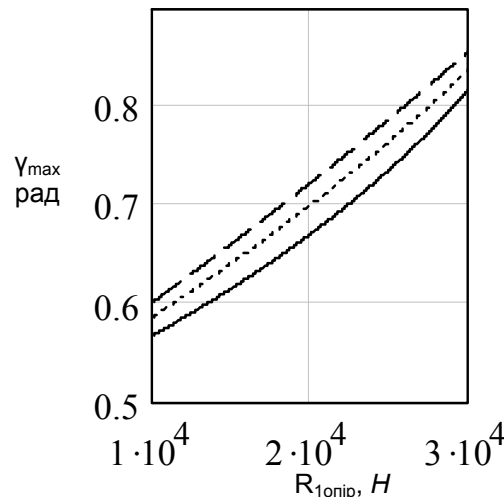


Рис. 5 – Залежність максимального значення кута між пластинами від сили опору першої пластини для $p=4$, $R_{2onip}=20000$, $k_2=0,6$, $k_1=0,4; 0,6; 0,8$ (суцільні, пунктирні, штрихові лінії відповідно)

Бачимо, що максимальна величина кута γ збільшується з ростом як сили опору першої пластини, так і збільшенням її коефіцієнта відновлення. Можна стверджувати, що чим більша сила опору перешкоди, тим ймовірність пробиття перешкоди менша і тому може бути більший кут між поверхнею перешкоди і напрямком швидкості вражаючого об'єкта. Подібним чином максимальний кут γ залежить і від сили опору другої пластини. Максимальні значення кута удару та кута між пластинами збільшуються також з ростом часу удару. Це видно, наприклад, з формул (18), (20), (24).

Висновки

Таким чином, проведені дослідження дозволило встановити умови, що пов'язують параметри руху кулі (осколка) із фізико-механічними та геометричними характеристиками захисної конструкції (чи її елемента) у вигляді з'єднаних під деяким кутом пластин, за виконання яких кулі чи осколки снарядів (вражаючі фактори) будуть відхилятися від об'єкта, який захищають. Встановлено, зокрема, що максимальний кут удару вражаючого об'єкта об перешкоду, за якого ще відбувається його відбивання, суттєво залежить від сили опору матеріалу перешкоди, часу удару, збільшуючись з їх ростом, і кількості руху вражаючого об'єкта та коефіцієнта відновлення перешкоди, спадаючи з їх збільшенням. Вибором вказаних параметрів можна, зокрема, оптимізувати геометрію та вагу захисної конструкції при збереженні її захисних властивостей.

Список використаних джерел

1. Семькин В.В. Средства индивидуальной бронезащиты: учебное пособие / В.В. Семькин. – М. : Московский университет МВД России, 2008. – 66 с.
2. Иванюк А.М. Специальные средства индивидуальной бронезащиты и активной обороны. Техника и тактика их применения: Учебно-методическое пособие / А.М. Иванюк, В.В.Зарецкий. – Калининград: Калининградский Юридический институт МВД России, 2009. – 52 с.
3. Галиновский А. Л. Анализ эффективности различных средств индивидуальной бронезащиты / А. Л. Галиновский, В. И. Колпаков, С. Г. Муляр // Наука и образование: электронное научно-техническое издание – № 3. – 2012. – С. 1-12.
4. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования [И.Ф. Кобылкин, В.А. Григорян, В.М. Маринин, Е.Н. Чистяко]. – М.: РадиоСофт, 2008.

5. Гаральд Ір. Класична механіка / Гаральд Ір; Переклад з нім. Гайда Р., Головач Ю. – Л. :В-во ЛНУ ім. І.Франка, 1999. – 464 с.
6. Андрущук Д. Вогнепальні контузійні травми / Дмитро Андрущук.
7. Петрученко О.С. Зменшення ефективної дії кулі, осколка снаряду на об'єкт захисту / О.С. Петрученко, О.І. Хитряк, Л.Д. Величко. – Військово-технічний збірник. – №12 – Львів, 2015. – С. 9–14.

Рецензент: Кондрат Василь Федорович, д.ф.-м.н., проф. кафедри інженерної механіки (ОТІВ), Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

К ИЗУЧЕНИЮ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУЛИ ИЛИ ОСКОЛКОВ СНАРЯДОВ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ

О.С. Петрученко

Рассматриваются условия взаимодействия пули или осколков снарядов с элементом защитной конструкции с учетом возможности его использования для уменьшения угла встречи пули (осколка) с объектом, который защищают. Установлена связь угла встречи пули с преградой, при котором обеспечивается отражение пули от защитной конструкции, с ее физико-механическими и геометрическими характеристиками. Проведен количественный анализ полученных зависимостей.

Ключевые слова: защитная конструкция, пуля, угол встречи пули (осколка) с преградой.

FOR THE STUDY OF THE INTERACTION BULLET OR PROJECTILE FRAGMENT WITH AN OBSTACLE

O. Petruchenko

Studied the conditions of interaction of bullets or shell's fragments with protective structure's elements to find the opportunity to reduce the angle of meeting bullet (fragment) with the object, which protect. Found the correlation between the angle of meeting bullet (fragment) with an obstacle and its physical, mechanical and geometric characteristics, to achieve the reduction of the angle of meeting. Performed the quantitative analysis of the obtained dependencies.

Keywords: protective structure, bullet, fragment, angle of meeting bullet (fragment).

УДК 62-236.58

Ю.М. Черевко, к.т.н.*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна*

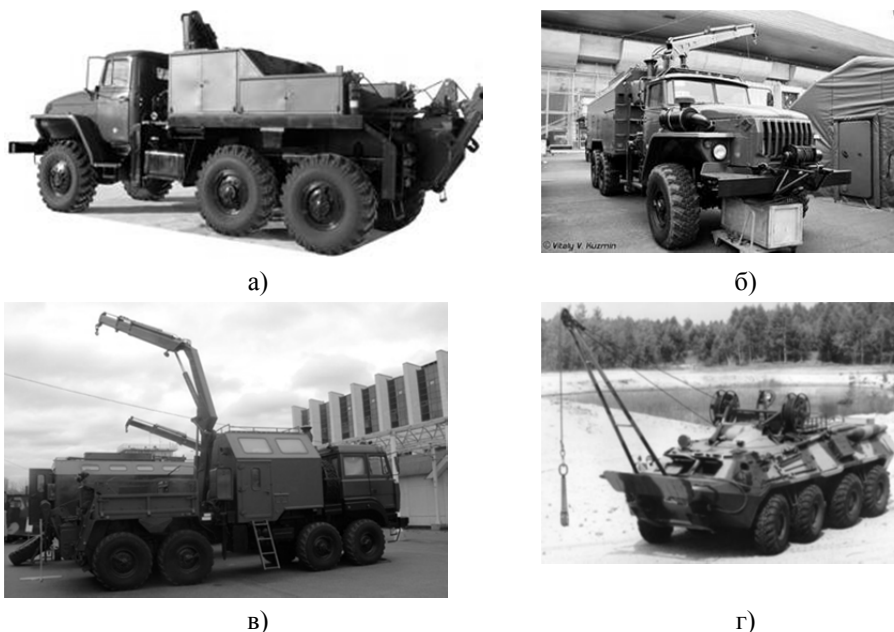
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ РЕМОНТНО-ЕВАКУАЦІЙНОЇ МАШИНИ ПРИ ЕВАКУАЦІЇ ЗАСТРЯГЛОЇ ТЕХНІКИ

Досліджуються динамічні процеси, які виникають в конструктивних елементах вантажопідйомних механізмів рухомих ремонтно-евакуаційних засобів під час відриву залиплого вантажу від опорної поверхні на прикладі крану з гідравлічним приводом. В результаті теоретичного дослідження представлена розроблена математична модель процесу евакуації застряглої техніки ремонтно-евакуаційними засобами з використанням стріли гідрокрану для найбільш складного у плані динамічних перевантажень випадку часткового занурення та щільного залипання вантажу у глинистому ґрунті.

Ключові слова: ремонтно-евакуаційна машина, стріла гідрокрану, вантажопідйомні механізми, математична модель, залипання вантажу.

Постановка проблеми

Інтенсивний розвиток засобів і способів ведення бойових дій висуває підвищені вимоги до системи технічного забезпечення військ, зокрема до комплексу рухомих засобів евакуації та відновлення озброєння і військової техніки (рис. 1).



а) МТП-А2; б) МТО-УБ1(2); в) РЭМ-КЛ; г) БРЭМ-К

Рис. 1 – Ремонтно-евакуаційні засоби

Підвищити можливості та продуктивність наявних евакуаційних засобів можна шляхом їх модернізації або створенням якісно нових зразків. Для цього необхідно враховувати особливості використання такої техніки.

Одним з аспектів використання ремонтно-евакуаційних засобів є висока ефективність при витягуванні застряглих об'єктів з використанням тяги двигуна або засобів евакуації (лебідок, поліспастів, важелів другого роду, кранового устаткування). Для цього використовуються способи напівпідйому і підйому. Вони є найбільш ефективними при витягуванні об'єктів з укриттів, завалів,

кар'єрів, а також при встановленні машин, що перекинулися у вузькі перешкоди з вертикальними стінками (протитанкові рови, кювети, яри і т. п.). При цьому спостерігається таке явище, як залипання вантажу – кран намагається відірвати машину, яка занурена в опорну поверхню. В якийсь момент часу машина ривком відривається від поверхні і при цьому в елементах конструкції крана спостерігаються великі динамічні навантаження, що можуть привести до руйнування цих елементів.

Аналіз останніх досягнень та публікацій

З [1, 2] відомо, що найбільш важким у випадку виникнення динамічних зусиль у елементах вантажопідйомних машин, є операція підйому вантажу, яка у свою чергу пов'язана з проблемами точності позиціонування вантажу [3, 4], а також навантажень у приводі підйомно-транспортної машини.

Постановка задачі та її розв'язання

Метою роботи є розроблення математичної моделі процесу відриву залиплого вантажу від опорної поверхні на прикладі роботи ремонтно-евакуаційної машини при евакуації застряглої техніки.

Виокремлення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Операція підйому вантажу пов'язана з навантаженнями у приводі підйомно-транспортної машини [5–8]. Ці динамічні зусилля додатково зростають, коли в момент початку підйому вантажів елементи вантажопідйомника мають не нульову швидкість відносно вантажу (режим підйому вантажу з підхопленням). Щоб уникнути цього режиму підйому, оператор крана в момент відриву вантажу від опори гальмує механізм підйому і лише через деякий момент часу продовжує операцію підйому. В цьому випадку момент відриву вантажу від опори можна визначити лише у випадку, коли вантаж лежить на жорсткій опорі. Випадок відриву залиплого вантажу від опорної поверхні в літературі не розглянуто.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Спрощений варіант механізму підйому стріли представлений розрахунковою схемою (рис. 2).

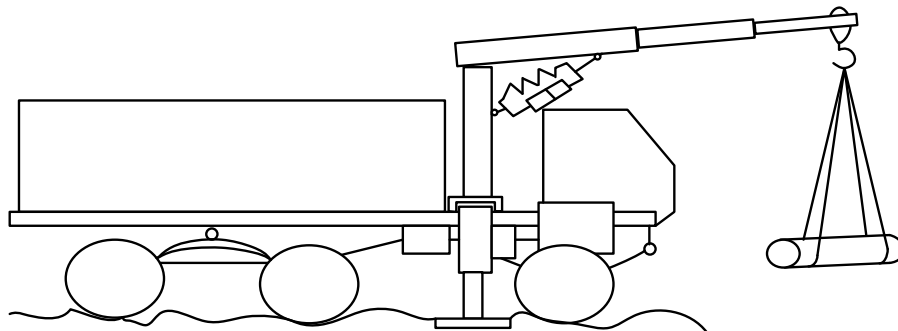


Рис. 2 – Механізм підйому стріли ремонтно-евакуаційної машини

У дослідженнях використовувалися припущення відносно властивостей елементів приводу підйому стріли гідрокрану, її металоконструкції, вантажу, опори та умов виконання операції підйому вантажу.

1. Насос:

- нерівномірність подачі робочої рідини внаслідок кінематики рідини та конструкції самого насоса не враховується;
- вплив стискання рідини у робочих порожнинах насоса не враховується.

2. Трубопроводи низького та високого тисків:

- складаються з простих ділянок невеликої загальної довжини;

- зміни швидкості робочої рідини в трубопроводах малі;
- хвильові процеси у робочих рідинах трубопроводів не враховуються, оскільки довжини трубопроводів малі;
- втрати тиску робочої рідини за довжинами трубопроводів залежать від середнього значення витрат рідини на їх кінцях;
- інерційні сили робочої рідини у трубопроводах не враховано.

3. Гідроциліндр:

- пружне ущільнення між штоком поршня та корпусом гідроциліндра не допускає втрат робочої рідини, але створює сухе тертя між ними, яке залежить від тиску у їх робочій порожнині гідроциліндру;
- між поршнем та внутрішніми стінками гідроциліндра діють сили в'язкого опору, що залежать від їх відносної швидкості;
- корпус гідроциліндра є інерційним тілом, що має радіальну пружність.

4. Стріла гідрокрану:

- жорстке на згин інерційне тіло.

5. Підвіс вантажу до стріли:

- безінерційне тіло з односторонньою пружністю на розтяг;
- має внутрішнє тертя, яке залежить від сили, що розтягує його.

6. Вантаж:

- жорстке інерційне тіло.

7. Опора:

- за рахунок залипання вантажу створює опір його підйому, який досягає свого максимального значення в момент відриву вантажу від неї.

8. Рух елементів стріли гідрокрану та вантажу:

- оскільки досліджується частина операції підйому, а саме момент підхоплення частково зануреного вантажу в опору, тому припускається, що рух стріли гідрокрану та вантажу відбувається у вертикальній площині.

Рівняння роботи і руху елементів гідрокрану та вантажу мають наступний вигляд.

1. Трубопроводи високого та низького тисків. Рівняння зміни тисків та витрат на кінцях трубопроводів високого та низького тисків однакові. Тому наведемо їх не акцентуючи увагу на тому, про який саме трубопровід піде мова.

$$\begin{cases} \frac{dp_{mp,ex}}{dt} = \frac{Q_{mp,ex} - Q_{mp,вих}}{k_{np,mp}}, \\ p_{mp,вих} = p_{mp,ex} - \lambda \cdot \frac{8 \cdot \gamma_{pid} \cdot L_{mp}}{\pi^2 \cdot g \cdot d_{mp}^5} \cdot \left| \frac{Q_{mp,ex} - Q_{mp,вих}}{2} \right| \cdot \left(\frac{Q_{mp,ex} - Q_{mp,вих}}{2} \right) \end{cases} \quad (1)$$

де $p_{mp,ex}$, $p_{mp,вих}$ – тиск робочої рідини на вході та виході з трубопроводу; $Q_{mp,ex}$, $Q_{mp,вих}$ – об'ємна

витрата робочої рідини на вході та виході з трубопроводу за одиницю часу; $k_{np,mp} = \frac{\pi \cdot d_{mp}^2 \cdot L_{mp}}{4 \cdot E_{np}}$ –

коефіцієнт пружності трубопроводу з робочою рідиною ($\text{м}^5/\text{Н}$); γ_{pid} – питома вага робочої рідини; d_{mp} –

середній діаметр трубопроводу; L_{mp} – загальна довжина трубопроводу; $E_{np} = \frac{E_{pid}}{1 + \frac{d_{mp}}{\delta_{mp}} \cdot \frac{E_{pid}}{E_{mp}}}$ –

приведений об'ємний модуль пружності трубопроводу разом з робочою рідиною ($\text{Н}/\text{м}^2$); E_{pid} , E_{mp} –

об'ємний модуль пружності робочої рідини та модуль пружності стінки трубопроводу (Н/м^2); δ_{mp} – товщина стінки трубопроводу;

$$\lambda = \begin{cases} 75 / \text{Re}, & \text{коли } \text{Re} \leq 2300; \\ 0,3164 \cdot \text{Re}^{(-0,25)}, & \text{коли } \text{Re} > 2300; \end{cases} \quad - \text{ коефіцієнт втрат тиску робочої рідини за довжиною}$$

трубопроводу (безрозмірна величина); $\text{Re} = \frac{2 \cdot |Q_{mp.вх} - Q_{mp.вих}|}{\pi \cdot d_{mp} \cdot v_{pid}}$ – число Рейнольдса; v_{pid} – коефіцієнт кінематичної в'язкості робочої рідини ($\text{м}^2/\text{с}$); g – пришвидження вільного падіння.

2. Насос. Роботу насоса в межах прийнятих припущень однозначно описує система трьох рівнянь: рівняння моментів на входному його валу та двох рівнянь об'ємних витрат робочої рідини на вході та виході з нього. Рівняння враховують об'ємні витрати, що залежать від кутової швидкості обертання входного валу та перепаду тисків на вході й виході з насоса. Вони мають вигляд:

$$\begin{cases} M_n = q_n \cdot f(q) \cdot (p_{н.вих} - p_{н.вх}) + \alpha_{н.в} \cdot \omega_n + \alpha_{н.р} \cdot |p_{н.вих} - p_{н.вх}| + \alpha; \\ Q_{н.вх} = q_n \cdot f(q) \cdot \omega_n + k_{н.втр} \cdot p_{н.вх}; \\ Q_{н.вих} = q_n \cdot f(q) \cdot \omega_n - k_{н.втр} \cdot p_{н.вих}; \end{cases} \quad (2)$$

де M_n – крутний момент на входному валу насоса; $f(q) = \frac{q(t)}{q_n}$ – функція регулювання

продуктивності насоса $-1 \leq f(q) \leq +1$; q_n – максимальний робочий об'єм насоса; $\alpha_{н.в}$, $\alpha_{н.р}$ – коефіцієнти гідромеханічних втрат, що залежать від кутової швидкості обертання входного валу насоса та перепаду тисків у вихідній та входній порожнинах насоса; α – постійна гідромеханічних втрат ($\text{Н} \cdot \text{м}$); $k_{н.втр}$ – коефіцієнт об'ємних втрат насоса [$\text{м}^2 / (\text{Н} \cdot \text{с})$].

3. Гідроциліндр. Роботу гідроциліндра в межах прийнятих припущень однозначно описує система трьох рівнянь (разом з початковими умовами): рівняння поступального руху гідроциліндра під дією сил тиску, сухого тертя пружного ущільнення штоку поршня, в'язкого тертя поршня, сил ваги гідроциліндра та стріли гідрокрану, пружних сил підвісу вантажу; двох рівнянь зміни тиску робочої рідини на вході та виході з гідроциліндра з врахуванням її пружності у порожнинах гідроциліндра. Вони мають вигляд:

$$\begin{cases} \left(\frac{I_{cmp}}{l_{0102}^2} + m_u \right) \cdot \frac{d^2 z_u}{dt^2} = P_{руш.ш} - [F_{он.в} + F_{он.р} + G_\Sigma + F_{np}]; \\ \frac{dp_{ц.вх}}{dt} = \frac{Q_{ц.вх} - F_{ц.вх} \cdot V_u}{k_{ц.пр.вх}}; \\ \frac{dp_{ц.вих}}{dt} = \frac{F_{ц.вих} \cdot V_u - Q_{ц.вих}}{k_{ц.пр.вих}}; \end{cases} \quad (3)$$

де $I_{cmp} = \sum_{j=1}^n \left\{ m_j \cdot \left[\frac{L_j^2}{3} + \left(\sum_{i=0}^{j-1} L_i \right) \cdot \left(\sum_{i=0}^j L_i \right) \right] \right\}$ – момент інерції стріли гідрокрану відносно осі нерухомого

шарніру її кріплення до опорної стійки стріли (шарнір O_1); n – кількість секцій стріли; m_j , L_j – маса та довжина j -тої секції стріли; $L_0 = 0$ – довжина опорної стійки стріли; l_{0102} – відстань від шарніра O_1 кріплення стріли до шарніра O_2 кріплення корпусу гідроциліндра до стріли; m_u – маса корпусу гідроциліндра; z_u – переміщення корпусу гідроциліндра; $P_{руш.ш} = p_{ц.вх} \cdot F_{ц.вх} - p_{ц.вих} \cdot F_{ц.вих}$ – рушійна

сила корпусу гідроциліндра, що створюється силами тиску робочої рідини; $P_{ц.вх}$, $P_{ц.вих}$ – тиски робочої рідини у порожнинах входу і виходу з гідроциліндра; $F_{ц.вх}$, $F_{ц.вих}$ – площі поперечних перерізів порожнин входу і виходу з гідроциліндра;

$$F_{ц.вх} = \frac{\pi \cdot D_{ц}^2}{4}; \quad F_{ц.вих} = \frac{\pi \cdot (D_{ц}^2 - D_{ум}^2)}{4}; \quad D_{ц}, \quad D_{ум} - \text{внутрішній діаметр гідроциліндра та}$$

зовнішній діаметр штока; $F_{он.в} = h \cdot V_{ц}$ – сила в'язкого тертя між поршнем та внутрішньою стінкою гідроциліндра; $F_{он.р} = (F_{он.р}^0 + k_{ц.вих} \cdot P_{ц.вих}) \cdot \text{sign}(V_{ц})$ – сила сухого тертя пружного ущільнення штоку поршня; $F_{он.р}^0$ – сила сухого тертя при відсутності тиску; $k_{ц.вих}$ – коефіцієнт пропорційності між тиском вихідної порожнини гідроциліндра та силою сухого опору в ущільненні; $V_{ц}$ – швидкість поступального руху гідроциліндра; h – коефіцієнт в'язкого тертя; $G_{\Sigma} = G_{ц} + G_{стр.прив}$ – сумарна сила від сил ваги корпусу гідроциліндра та секцій стріли гідрокрану; $G_{ц} = g \cdot m_{ц}$;

$$G_{стр.прив} = \frac{\sum_{j=1}^n \left[q_j \cdot L_j \cdot \left(\sum_{i=0}^{j-1} L_i + \frac{L_j}{2} \right) \right]}{l_{O1O2}} - \text{приведена до осі шарніра } O_2 \text{ сумарна вага секцій стріли}$$

гідрокрану; q_j – вага одиниці довжини j -тої секції стріли гідрокрану (погонна вага j -тої секції);

$$F_{np} = c_{н.с} \cdot (z_A - z_с) \cdot \frac{\sum_{j=1}^n L_j}{l_{O1O2}} - \text{сила пружної деформації підвісу вантажу, що приведена до осі}$$

шарніру O_2 ; z_A – переміщення осі шарнірного кріплення гака до стріли гідрокрану;

$z_с$ – переміщення вантажу; $c_{н.с}$ – коефіцієнт жорсткості пружного підвісу вантажу.

4. Вантаж. Поступальний рух вантажу в межах прийнятих припущень однозначно описує рівняння динаміки матеріальної точки (разом з початковими умовами):

$$m_с \cdot \frac{d^2 z_с}{dt^2} = F_{np}^с - G_с - F_{тер.он}; \quad (4)$$

де $m_с$ – маса вантажу; $V_с = \frac{dz_с}{dt}$ – швидкість вантажу; $F_{np}^с = c_{н.с} \cdot (z_A - z_с)$ – сила пружної деформації підвісу вантажу; $G_с = g \cdot m_с$ – вага вантажу;

$$F_{тер.он} = \begin{cases} G_с \cdot k_{он} - \text{від початку операції підйому вантажу поки } V_с = 0; \\ 0 - \text{з моменту коли } V_с \text{ вперше } \neq 0 \text{ і надалі}; \end{cases}$$

$k_{он}$ – коефіцієнт сили тертя між опорою і частково залиплим в ній вантажем; він залежить від в'язких властивостей матеріалу самої опори.

Надалі будемо вважати, що запірні клапани у гідросистемі відкриті та їх вплив на динаміку виконання операції підйому вантажу незначний. Це дозволяє стверджувати, що виконується набір рівностей:

$$\begin{cases} Q_{тр.вих}^{(1)} = Q_{н.вх}; p_{тр.вих}^{(1)} = p_{н.вх}; \\ Q_{тр.вх}^{(2)} = Q_{н.вих}; p_{тр.вх}^{(2)} = p_{н.вих}; \\ Q_{тр.вих}^{(2)} = Q_{ц.вх}; p_{тр.вих}^{(2)} = p_{ц.вх}; \\ Q_{тр.вх}^{(3)} = Q_{ц.вих}; p_{тр.вх}^{(3)} = p_{ц.вих}; \end{cases} \quad (5)$$

де:

$Q_{тр.вх}^{(j)}$, $Q_{тр.вих}^{(j)}$, $p_{тр.вх}^{(j)}$, $p_{тр.вих}^{(j)}$ – об'ємні витрати та тиски на вході та виході з j -того трубопроводу (рис. 3), $j = 1, 2, 3$.

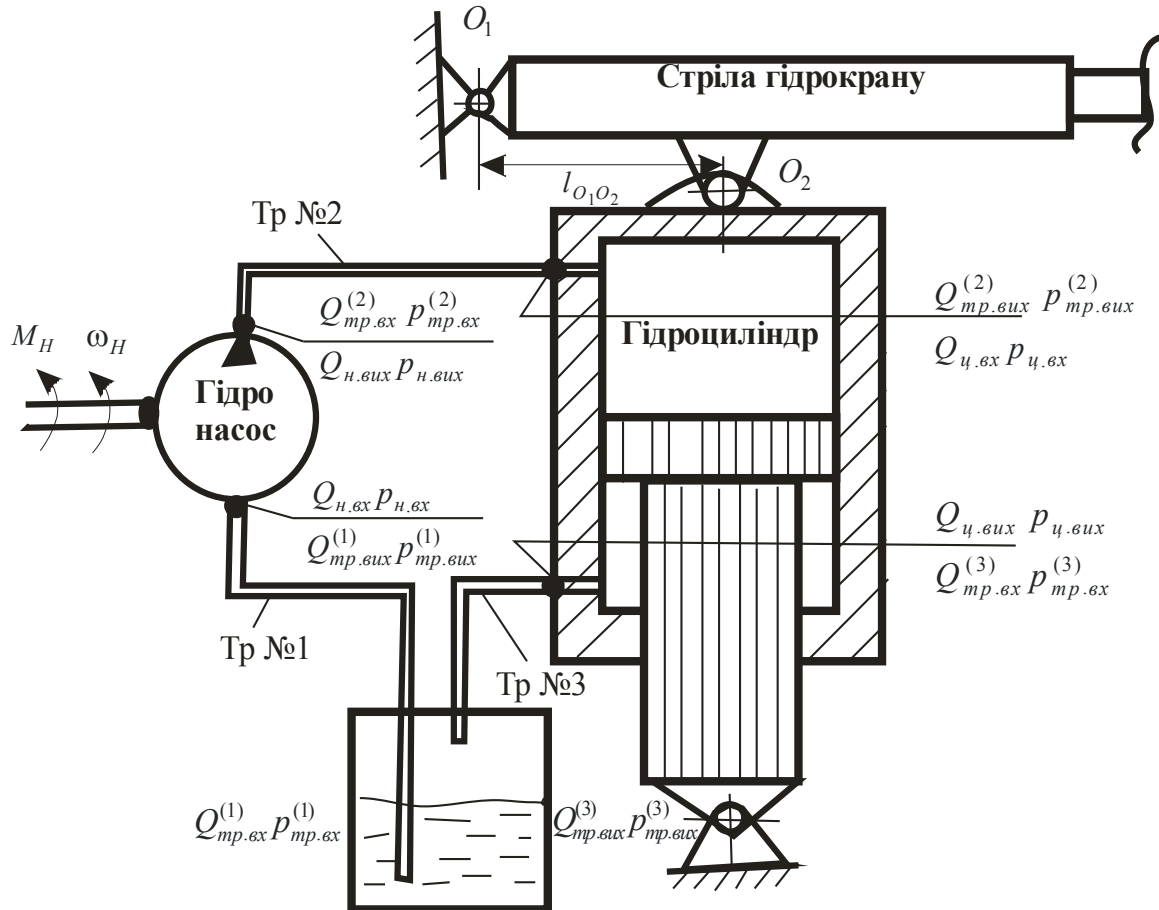


Рис. 3 – Спрощена схема гідравлічної частини механізму підйому стріли на початку виконання операції підйому вантажу

Тоді система рівнянь (1), що описує зв'язки між витратами рідини та тисками її на входах і виходах трубопроводів, набирає вигляду:

– трубопровід 1

$$\begin{cases} \frac{dp_{тр.вх}^{(1)}}{dt} = \frac{Q_{тр.вх}^{(1)} - Q_{н.вих}}{k_{пр.пр}^{(1)}}; \\ p_{н.вх} = p_{тр.вх}^{(1)} - \lambda^{(1)} \cdot \frac{8 \cdot \gamma_{рід} \cdot L_{пр}^{(1)}}{\pi^2 \cdot g \cdot [d_{пр}^{(1)}]^5} \cdot \left| \frac{Q_{тр.вх}^{(1)} - Q_{н.вих}}{2} \right| \cdot \left(\frac{Q_{тр.вх}^{(1)} - Q_{н.вих}}{2} \right). \end{cases} \quad (6)$$

– трубопровід 2

$$\begin{cases} \frac{dp_{н.вих}}{dt} = \frac{Q_{н.вих} - Q_{ц.вх}}{k_{нр.мр}^{(2)}}, \\ p_{ц.вх} = p_{н.вих} - \lambda^{(2)} \cdot \frac{8 \cdot \gamma_{pid} \cdot L_{мр}^{(2)}}{\pi^2 \cdot g \cdot [d_{мр}^{(2)}]^5} \cdot \left| \frac{Q_{н.вих} - Q_{ц.вх}}{2} \right| \cdot \left(\frac{Q_{н.вих} - Q_{ц.вх}}{2} \right). \end{cases} \quad (7)$$

– трубопровід 3

$$\begin{cases} \frac{dp_{ц.вих}}{dt} = \frac{Q_{ц.вих} - Q_{мр.вих}^{(3)}}{k_{нр.мр}^{(3)}}, \\ p_{мр.вх}^{(3)} = p_{ц.вих} - \lambda^{(3)} \cdot \frac{8 \cdot \gamma_{pid} \cdot L_{мр}^{(3)}}{\pi^2 \cdot g \cdot [d_{мр}^{(3)}]^5} \cdot \left| \frac{Q_{ц.вих} - Q_{мр.вих}^{(3)}}{2} \right| \cdot \left(\frac{Q_{ц.вих} - Q_{мр.вих}^{(3)}}{2} \right); \end{cases} \quad (8)$$

де $k_{нр.мр}^{(j)} = \frac{\pi \cdot [d_{мр}^{(j)}]^2 \cdot L_{тр}^{(j)}}{4 \cdot E_{нр}^{(j)}}$, $j = 1, 2, 3$; $d_{мр}^{(j)}$ – середній діаметр j -того трубопроводу (рис. 2.); $L_{мр}^{(j)}$ –

загальна довжина j -того трубопроводу; $\delta_{мр}^{(j)}$ – товщина стінки j -того трубопроводу;

$E_{нр}^{(j)} = \frac{E_{pid}}{1 + \frac{d_{мр}^{(j)}}{\delta_{мр}^{(j)}} \cdot \frac{E_{pid}}{E_{мр}^{(j)}}}$ – приведений об'ємний модуль пружності j -того трубопроводу разом з робочою

рідиною; $E_{мр}^{(j)}$ – модуль пружності матеріалу j -того трубопроводу;

$$\lambda = \begin{cases} 75 / \text{Re}^{(j)}, & \text{коли } \text{Re}^{(j)} \leq 2300; \\ 0,3164 \cdot [\text{Re}^{(j)}]^{(-0,25)}, & \text{коли } \text{Re}^{(j)} > 2300; \end{cases}$$

$$\text{Re}^{(1)} = \frac{2 \cdot |Q_{мр.вх}^{(1)} - Q_{н.вх}|}{\pi \cdot d_{мр}^{(1)} \cdot v_{pid}}; \text{Re}^{(2)} = \frac{2 \cdot |Q_{н.вих} - Q_{ц.вх}|}{\pi \cdot d_{мр}^{(2)} \cdot v_{pid}}; \text{Re}^{(3)} = \frac{2 \cdot |Q_{ц.вих} - Q_{мр.вих}^{(3)}|}{\pi \cdot d_{мр}^{(3)} \cdot v_{pid}}.$$

Початок операції підйому з підхопленням стрілою гідрокрану, частково залиплого в опорі вантажу, можна представити послідовністю таких процесів:

1. Початковий стан спокою. На входному валу гідронасоса відсутній крутний момент ($M_n = 0$), кутова швидкість його обертання дорівнює нулю ($\omega_n = 0$). Корпус гідроциліндра відносно власного поршня зі штоком – нерухомий, стріла гідрокрану нерухома, пружний підвіс вантажу – послаблений, а сам вантаж частково залиплий в опорі.

2. Початок руху входного валу гідронасоса та гідроциліндра до повної виборки послабленого підвісу вантажу. Вмикається гідронасос, крутний момент на його входному валу залежить від кутової швидкості його обертання ($M_n = M_n(\omega_n)$). Ця функціональна залежність повністю копіює функціональну залежність між моментом на вихідному валу приводного двигуна та швидкістю обертання цього валу. У порожнину циліндру над поршнем починає надходити робоча рідина і корпус циліндра разом зі стрілою гідрокрану починають рухатися. Процес закінчується коли за рахунок підйому крайньої секції стріли разом з гаком повністю вибирається послаблення пружного підвісу, але пружні деформації у ньому ще відсутні.

3. Продовження руху корпусу гідроциліндра до моменту, коли сила пружних деформацій підвісу вантажу стане рівною вазі вантажу та силі опору підйому з боку опори за рахунок його залипання.

4. Продовження руху корпусу гідроциліндра разом зі стрілою та поступальний рух вантажу.

Чотири процеси початку операції підйому вантажу описуються наступними наборами рівнянь.

Перший процес: системою рівнянь (6), в якій $\frac{dp_{mp,ex}^{(1)}}{dt} = 0$; системою рівнянь (2), в якій $M_n = 0$, $\omega_n = 0$; системою рівнянь (7), в якій $\frac{dp_{n,вих}}{dt} = 0$; системою рівнянь (3), в якій $\frac{d^2 z_n}{dt^2} = 0$, $F_{np}^u = 0$; системою рівнянь (8), в якій $\frac{dp_{u,вих}}{dt} = 0$.

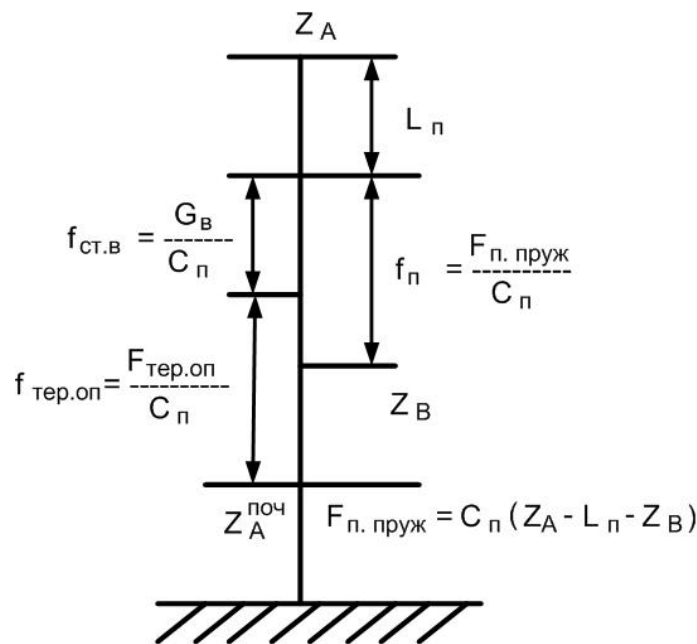
Другий процес: системами рівнянь (6); (2); (7); (3), в якій $F_{np}^u = 0$; (8).

Третій процес: системами рівнянь (6); (2); (7); (3); (8).

Четвертий процес: системами рівнянь (6); (2); (7); (3); (8) та рівнянням (4).

Початковими умовами наступних процесів початку операції підйому вантажу є кінцеві умови попередніх процесів. Тобто початковими умовами другого є кінцеві умови першого, початковими умовами третього – кінцеві умови другого, початковими умовами четвертого – кінцеві умови третього процесу.

Найбільш складним у плані динамічних перевантажень всіх елементів гідрокрану є випадок часткового занурення та щільного залипання вантажу у глинистому ґрунті, коли після відриву від нього вантаж під дією сил пружних деформацій підвісу підлітає до висоти значного послаблення підвісу і, досягнувши верхньої точки, де швидкість його дорівнює нулю, падає вниз на пружному підвісі. Розглянемо такий випадок початку операції підйому вантажу більш детально (рис. 4).



L_n – вільна довжина підвісу вантажу; G_v – вага вантажу; C_n – коефіцієнт жорсткості підвісу вантажу; $f_{ст.в}$ – статична деформація підвісу вантажу від його ваги; $f_{тер.оп}$ – деформація підвісу вантажу при подоланні тертя з боку опори; $F_{тер.оп}$ – сила пружних деформацій підвісу вантажу при подоланні тертя з боку опори; f_n – деформація підвісу вантажу у довільному його положенні; $F_{п. пруж}$ – сили пружних деформацій підвісу при перебуванні вантажу у довільному його положенні; Z_A , Z_v , $Z_v^{поч}$ – координати точки A стріли гідрокрану та вантажу у довільному і початковому положеннях.

Рис. 4 – Початок операції підйому з підхопленням стрілою гідрокрану частково залиплого в опорі з глинистого ґрунту вантажу

З урахуванням систем рівнянь (6), (2), (7), (3), (8) та рівняння (4) рух елементів гідроприводу стріли крана, елементів її металоконструкції та вантажу можна описати наступною системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dp_{mp.гх}^{(1)}}{dt} &= \frac{Q_{mp.гх}^{(1)} - Q_{н.гх}}{k_{np.mp}^{(1)}}; \\ p_{н.гх} &= p_{mp.гх}^{(1)} - \lambda^{(1)} \cdot \frac{8 \cdot \gamma_{pid} \cdot L_{mp}^{(1)}}{\pi^2 \cdot g \cdot [d_{mp}^{(2)}]^5} \cdot \left| \frac{Q_{mp.гх}^{(1)} - Q_{н.гх}}{2} \right| \cdot \left(\frac{Q_{mp.гх}^{(1)} - Q_{н.гх}}{2} \right); \\ M_n &= q_n \cdot f(q) \cdot (p_{н.вих} - p_{н.гх}) + \alpha_{н.в} \cdot \omega_n + \alpha_{н.p} \cdot |p_{н.вих} - p_{н.гх}| + \alpha; \\ Q_{н.гх} &= q_n \cdot f(q) \cdot \omega_n + k_{н.вмп} \cdot p_{н.гх}; \\ Q_{н.вих} &= q_n \cdot f(q) \cdot \omega_n - k_{н.вмп} \cdot p_{н.гх}; \\ \frac{dp_{н.вих}}{dt} &= \frac{Q_{н.вих} - Q_{ц.гх}}{k_{np.mp}^{(2)}}; \\ p_{ц.гх} &= p_{н.вих} - \lambda^{(2)} \cdot \frac{8 \cdot \gamma_{pid} \cdot L_{mp}^{(2)}}{\pi^2 \cdot g \cdot [d_{mp}^{(1)}]^5} \cdot \left| \frac{Q_{н.вих} - Q_{ц.гх}}{2} \right| \cdot \left(\frac{Q_{н.вих} - Q_{ц.гх}}{2} \right); \\ \left(\frac{I_{смп}}{l_{O1O2}^2} + m_{ц} \right) \cdot \frac{d^2 z_{ц}}{dt^2} &= [p_{ц.гх} \cdot F_{ц.гх} - p_{ц.вих} \cdot F_{ц.вих}] - [V_{ц} \cdot h_{ц} + F_{он.p} + G_{\Sigma} + F_{np}]; \\ \frac{dp_{ц.гх}}{dt} &= \frac{Q_{ц.гх} - F_{ц.гх} \cdot V_{ц}}{k_{ц.пр.гх}}; \\ \frac{dp_{ц.вих}}{dt} &= \frac{F_{ц.вих} \cdot V_{ц} - Q_{ц.вих}}{k_{ц.пр.вих}}; \\ \frac{dp_{ц.вих}}{dt} &= \frac{Q_{ц.вих} - Q_{mp.вих}^{(3)}}{k_{np.mp}^{(3)}}; \\ p_{mp.гх}^{(3)} &= p_{ц.вих} - \lambda^{(3)} \cdot \frac{8 \cdot \gamma_{pid} \cdot L_{mp}^{(3)}}{\pi^2 \cdot g \cdot [d_{mp}^{(3)}]^5} \cdot \left| \frac{Q_{ц.вих} - Q_{mp.вих}^{(3)}}{2} \right| \cdot \left(\frac{Q_{ц.вих} - Q_{mp.вих}^{(3)}}{2} \right); \\ m_{\epsilon} \cdot \frac{d^2 z_{\epsilon}}{dt^2} &= F_{np.n} - G_{\epsilon} - F_{мер.он}. \end{aligned} \right. \quad (9)$$

де

$$F_{np.ц} = \begin{cases} c_n \cdot \left[z_{ц} \cdot \frac{\sum_{j=1}^n L_j}{l_{O1O2}} - z_{\epsilon} - L_n \right], & \text{коли } z_{ц} \cdot \frac{\sum_{j=1}^n L_j}{l_{O1O2}} - z_{\epsilon} \geq L_n; \\ 0, & \text{коли } z_{ц} \cdot \frac{\sum_{j=1}^n L_j}{l_{O1O2}} - z_{\epsilon} < L_n; \end{cases}$$

$$F_{np.ц} = F_{np.n} \cdot \frac{\sum_{j=1}^n L_j}{l_{0102}}; \quad F_{тер.оп} = \begin{cases} G_6 \cdot k_{оп} - \text{від початку операції підйому вантажу поки } V_6 = 0; \\ 0 - \text{з моменту коли } V_6 \text{ вперше } \neq 0 \text{ і надалі}; \end{cases}$$

Система рівнянь (9) має 13 рівнянь та 13 невідомих функцій часу:

$$Q_{тр.вх}, Q_{н.вх}, \omega_n, P_{н.вх}, P_{н.вих}, Q_{н.вих}, Q_{ц.вх}, P_{ц.вх}, z_{ц}, P_{ц.вих}, Q_{ц.вих}, Q_{тр.вих}^{(3)}, z_6.$$

Висновки

На основі створеної математичної моделі можна дослідити вплив на процес відриву залиплого вантажу від опорної поверхні:

- крутного моменту на входному валу насоса; функції регулювання його продуктивності; максимального робочого об'єму насоса і коефіцієнтів гідромеханічних та об'ємних його втрат;
- маси та конструктивних розмірів елементів гідроциліндра; сил в'язкого тертя між поршнем і внутрішньою стінкою гідроциліндра та сухого тертя пружного ущільнення штоку поршня;
- середнього діаметру, товщини стінки та довжини j -того трубопроводу; його приведенного об'ємного модуля пружності разом з робочою рідиною;
- питомої ваги та коефіцієнта кінематичної в'язкості робочої рідини;
- моменту інерції стріли гідрокрану відносно осі шарнірного її кріплення до опорної стійки стріли; кількості та погонної ваги секцій стріли;
- жорсткості пружного підвісу вантажу; маси вантажу;
- коефіцієнта тертя між опорною поверхнею та частково залиплого в ній вантажу.

Список використаних джерел

1. Толстунов О.Г. Исследование и анализ характеристик параллельных манипуляторов с гибкими связями [Електронний ресурс] / О.Г. Толстунов, Ю.А. Валюкевич // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. Режим доступа : www.science-education.ru/104-6868 (дата звернення: 02.10.2015).
2. Алепо А.В. Статическая модель троса пространственного манипулятора с гибким подвесом объекта перемещения / А.В. Алепо, Ю.А. Валюкевич, В.П. Федосов // Материалы 7-й научно-технической конференции «Мехатроника, автоматизация, управление». – СПб. : ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», 2010. – С. 310-313.
3. Валюкевич Ю.А. Определение начального положения схвата манипулятора с гибкими связями на основе тензометрических данных [Електронний ресурс] / Ю.А. Валюкевич, А.В. Алепо, Д.М. Яковенко // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – Режим доступа : www.science-education.ru/103-6401 (дата звернення: 02.10.2015).
4. Зеленский А.А. Исследование ошибки линейной интерполяции пространственного манипулятора с гибкими нитями / А.А. Зеленский, О.Г. Толстунов, Ю.А. Валюкевич // Вестник МГТУ – М. : МГТУ, 2012. – № 2. – С. 148–153.
5. Толстунов О.Г. Пространственный манипулятор с гибким подвесом объекта перемещения / О.Г. Толстунов // Сборник трудов IV Всероссийской межвузовской конференции молодых ученых. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2009. – С. 247-253.
6. Albus J.S., Bostelman R.V., Dagalak N. Journal of Robotics System: the NIST ROBOCRANE / J.S. Albus, R.V. Bostelman, N. Dagalak // Ref. Libr., 1992. – Vol. 10. – № 5. – P.709-724.
7. Романенко Н.Г. Моделирование в среде Matlab 6.0 системы управления грузовыми стреловыми устройствами [Електронний ресурс] / Н.Г. Романенко, А.А. Шустов // Вестник АГТУ. – 2005 – №1. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-v-srede-matlab-6-0-sistemy-upravleniya-gruzovymi-strelovymi-ustroystvami> (дата звернення: 02.10.2015)

8. Луковенко В.П. Исследование крутонаклонного конвейера при равенстве скоростей лент в точках набегания на приводные барабаны. / В.П. Луковенко // Горные, строительные, дорожные машины – К: Техніка, 1982. – Вып. 23. – С.68–75.

Рецензент: Б.І. Сокіл, д.т.н., проф., Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РЕМОНТНО-ЭВАКУАЦИОННОЙ МАШИНЫ ПРИ ЭВАКУАЦИИ ЗАСТРЯВШЕЙ ТЕХНИКИ

Ю.Н. Черевко

Исследуются динамические процессы, которые возникают в конструктивных элементах грузоподъемных механизмов подвижных ремонтно-эвакуационных машин во время отрыва заклипшего груза от опорной поверхности на примере крана с гидравлическим приводом. В результате теоретического исследования представлена разработанная математическая модель процесса эвакуации застрявшей техники ремонтно-эвакуационными средствами с использованием стрелы гидрокрана для наиболее сложного в отношении динамических перегрузок случая частичного погружения и плотного заклипания груза в глинистых грунтах.

Ключові слова: ремонтно-эвакуационная машина, стрела гидрокрана, грузоподъемные механизмы, математическая модель, заклипания груза.

MODELING WORK OF REPAIR AND RECOVERY VEHICLE FOR EVACUATION MACHINES WHICH STUCKED

Yu. Cherevko

The article explores dynamic processes that occur in the structural elements of hoisting devices of mobile repair and recovery tools which drawn to job during the load bearing surface of the example crane with hydraulic drive. As a result of theoretical studies a mathematical model of the process stuck evacuation equipment repair and recovery tools using the arrows hydraulic crane the most complex against dynamic overload case of partial immersion and dense sticky load of clay.

Keywords: repair and recovery vehicle, arrow hydraulic crane, hoisting machines, mathematical model, stuck cargo.

УДК 629.3

Ю.А Чаган, к.т.н.*Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна*

ДИНАМІКА ТА СТІЙКІСТЬ РУХУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ НЕКОНСЕРВАТИВНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ

Для дослідження впливу вертикальних коливань підресореної частини колісних транспортних засобів на стійкість руху за основу використовувалось рівняння кінетостатики, а також диференціальне рівняння відносного руху підресореної частини транспортного засобу. За допомогою періодичних Атеб-функцій та використання загальних ідей методів збурень отримано зручні для оцінки критичної швидкості руху математичні залежності.

Ключові слова – колісний транспортний засіб, вертикальні коливання, стійкість руху, криволінійна ділянка руху.

Постановка проблеми

Коливання підресореної частини машини під час руху нерівностями місцевості здійснюють негативний вплив на вузли та агрегати системи підресорювання, на особовий склад, який перебуває в машині, а також на стійкість руху транспортного засобу. З останнім значно пов'язана безпека перевезень вантажів та особового складу.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

У сучасних колісних транспортних засобах (КТЗ) широко використовують різні типи системи підресорювання (СП) із нелінійною характеристикою відновлювальної сили: прогресивною, регресивною, керованою та ін. [1-5]. Вони, залежно від умов експлуатації, повинні забезпечити належну комфортабельність перевезення людей та безпеку руху. Мова йде, насамперед, про динамічну стійкість під час руху вздовж криволінійних ділянок дороги, об'їздів нерівностей, маневрування (обгонів). Остання визначається як зовнішніми, так і внутрішніми чинниками. До перших належать характеристики дорожнього покриття (сили взаємодії коліс і дорожнього покриття, нерівності дорожнього покриття та ін.), кривизна траєкторії руху. В той же час, внутрішні – визначаються силовими характеристиками СП, геометричними розмірами, розподілом маси та ін., які разом із зовнішніми впливають на відносний рух підресореної частини (ПЧ) КТЗ. Такі питання розглядались, у кращому разі, за умови лінійної чи прогресивної характеристики відновлювальної сили СП, що певною мірою обмежує використання отриманих результатів для більш широкого кола КТЗ, зокрема КТЗ із нелінійною не консервативною характеристикою відновлювальної сили СП. Саме такі питання є предметом розгляду цієї роботи, звідки і випливає її актуальність.

Постановка задачі

Розглядаються відносні вертикальні коливання ПЧ КТЗ та їх вплив на динамічну стійкість руху вздовж криволінійної ділянки шляху. За розрахункову модель вибрано систему двох тіл: підресорена та не підресорена частини (див. рис. 1).

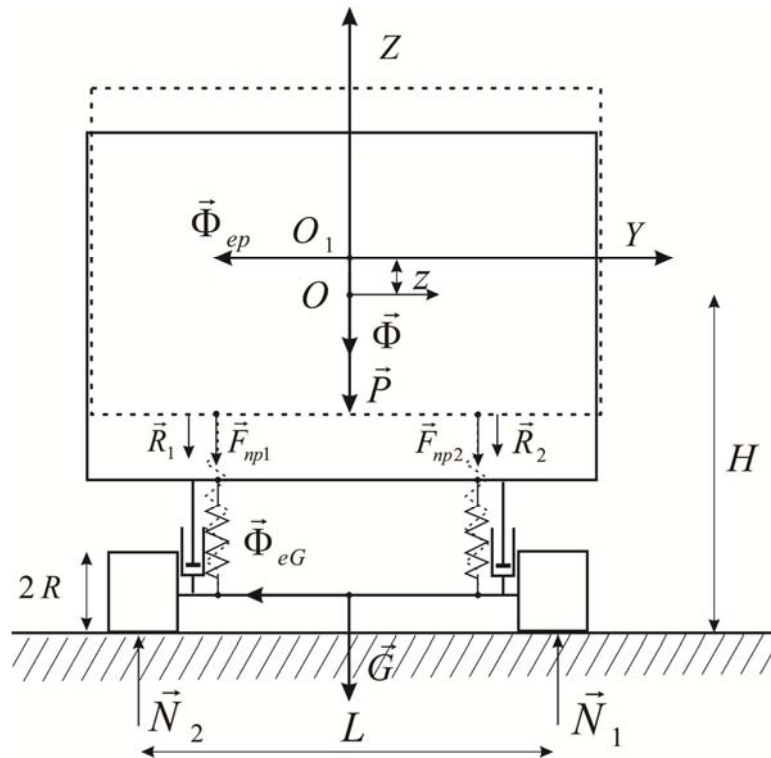


Рис. 1 Фізична модель колісного транспортного засобу та розподіл сил

Взаємодія між вказаними частинами відбувається за рахунок системи підвіски (пружних елементів та демпферних пристроїв), відновлювальна сила останньої описується неконсервативною функцією деформації та її швидкості: $F_{np.} = f(\Delta, \dot{\Delta})$, де Δ – деформація пружного елемента, $\dot{\Delta}$ – її швидкість. На вигляді функції $f(\Delta, \dot{\Delta})$ більш детально зупинимось нижче. В такому разі відносне положення ПЧ у довільний момент часу однозначно визначається деформацією пружних елементів і його можна фіксувати вибором системи відліку з початком у положенні статичної рівноваги ПЧ (див. рис. 1).

Задача полягає у визначенні критичної, з огляду на перекидання, швидкості стійкого руху КТЗ вздовж криволінійної ділянки зі сталим радіусом кривизни ρ .

Методика розв'язування

Базою для визначення критичної швидкості руху є рівняння кінетостатики [6, 7] механічної системи ПЧ – невіднесена частина, а також диференціальне рівняння відносного руху ПЧ. Щодо перших, то вони набувають вигляду

$$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{P} + \vec{G} + \vec{\Phi}_{rp} + \vec{\Phi}_{eG} + \vec{F}_{1mp.} + \vec{F}_{2mp.} = 0, \quad (1)$$

$$\vec{M}_A(\vec{N}_2) + \vec{M}_A(\vec{P}) + \vec{M}_A(\vec{G}) + \vec{M}_A(\vec{\Phi}_{rp}) + \vec{M}_A(\vec{\Phi}_{eG}) = 0,$$

де $\vec{N}_1, \vec{N}_2, P, Q, \vec{F}_{1mp.}, \vec{F}_{2mp.}$ – зовнішні сили системи (нормальні реакції дороги, вага ПЧ та невіднесеної частини, сили поперечного тертя); $\vec{\Phi}_{ep}$ та $\vec{\Phi}_{eG}$ – відповідно головні вектори сил інерції переносного руху ПЧ та невіднесеної частин (зумовлені криволінійністю дороги); $\vec{\Phi}_{rp}$ – головний вектор сил інерції ПЧ відносного руху, $\vec{M}_A(\dots)$ – моменти вказаних вище сил відносно точки контакту правого колеса та дорожнього покриття.

Перейшовши у залежностях (1) до скалярного вигляду, отримуємо:

$$\begin{aligned}
& -(N_1 + N_2) + P + G \mp \Phi_r = 0, \\
& F_{1mp} + F_{2mp} - \Phi_{eP} - \Phi_{eG} = 0, \\
& -N_2 L + (G + P) \frac{L}{2} + \Phi_{eP}(H + z) + \Phi_{eG} R \mp \Phi_r \frac{L}{2} = 0.
\end{aligned} \tag{2}$$

Із наведених вище обмежень щодо руху КТЗ випливає, що сили інерції визначаються залежностями: $\Phi_{eP} = \frac{P}{g} \frac{V^2}{\rho}$; $\Phi_{eG} = \frac{G}{g} \frac{V^2}{\rho}$; $\Phi_{rP} = \frac{P}{g} \ddot{z}$, а напрямки їх вказані на рис. 1, до того ж, $F_{1mp} = kN_1$, $F_{2mp} = kN_2$ (k – коефіцієнт тертя), $z(t)$ – біжуча координата центру ваги підресореної частини КТЗ. Рух КТЗ буде стійким, якщо $N_1 > 0$ та $N_2 > 0$ і не стійким (з огляду на перекидання), якщо $N_1 = 0$ (у роботі розглядається випадок, коли кривизна дороги спрямована в сторону правого борту КТЗ). Таким чином, для визначення критичної швидкості стійкого руху КТЗ необхідно визначити силу інерції відносного руху. Останню величину можна визначити виходячи з диференціального рівняння відносного руху ПЧ

$$\frac{P}{g} \ddot{z} + 2f(z + \Delta_{cm}, \dot{z}) + R(\dot{z}) = -P, \tag{3}$$

де Δ_{cm} – статична деформація демпферних пристроїв, $R(\dot{z})$ функція, яка описує силу опору демпферних пристроїв і нижче вважатимемо, що її максимальне значення є малим у порівнянні з максимальним значенням відновлювальної сили.

Примітки:

1. Пружними властивостями коліс у роботі нехтується.
2. Розглядаються власні коливання ПЧ, їх причиною може бути миттєве збурення відносного рівноважного стану ПЧ. Більш складний випадок збурення руху за рахунок нерівностей дороги може бути предметом окремих досліджень.

Для широкого спектру систем підресорювання відновлювальну силу $f\left(z, \frac{dz}{dt}\right)$ можна описати узагальненою залежністю

$$f\left(z, \frac{dz}{dt}\right) = \left(\alpha_1 + \alpha_2 \left(\frac{dz}{dt}\right)^{\nu_1}\right) (z + \Delta_{cm})^{\nu_2+1}, \tag{4}$$

де $\alpha_1, \alpha_2, \nu_1, \nu_2$ – сталі, які відповідають певним умовам, на котрих зупинимось нижче. Зокрема, випадок $\alpha_2 = 0, -1 < \nu_2 < 0$ відповідає регресивному закону зміни відновлювальної сили, $\alpha_2 = 0, \nu_2 > 0$ – прогресивному, $\alpha_2 = 0, \nu_2 = 0$ – лінійному, $\alpha_1 \neq 0, \alpha_2 \neq 0, \nu_2 \neq 0$ – так званому керованому. Саме цей найбільш загальний випадок характеристики СП розглядається у роботі. В такому разі диференціальне рівняння коливань ПЧ набуває вигляду

$$m\ddot{z} + 2\left(\alpha_1 + \alpha_2 \left(\frac{dz}{dt}\right)^{\nu_1}\right) (z - \Delta_{cm})^{\nu_2+1} = P - \alpha_3 \left(\frac{dz}{dt}\right)^s, \tag{5}$$

де α_3 – стала.

Для того, щоб рівняння (5) описувало коливальний процес ПЧ, необхідно щоб функція $f\left(z, \frac{dz}{dt}\right)$ була непарною за аргументом z та парною за $\frac{dz}{dt}$, а $R\left(\frac{dz}{dt}\right)$ – непарною. Як було наголошено вище,

будемо розглядати випадок так званої малої сили опору, тобто випадок, коли $\max \left| P - \alpha_3 \left(\frac{dz}{dt} \right)^s \right| \ll \max \left| f \left(z, \frac{dz}{dt} \right) \right|$. Це дозволяє стверджувати, що параметри, які описують нелінійні

сили, повинні приймати значення $\nu_1 = \frac{2(r_1 - q_1)}{2q_1 + 1}, \nu_2 + 1 = \frac{2q_2 + 1}{2q_2 + 1}, s = \frac{2q_1 + 1}{2q_2 + 1}, r_i, q_i = 0, 1, 2, \dots, i = 1, 2$.

В такому разі заміною змінних $z^* = z - \Delta_{cm}$ рівняння (3) трансформується до вигляду

$$m\ddot{z}^* + 2\alpha_2 \left(\frac{dz^*}{dt} \right)^{\nu_1} (z^*)^{\nu_2+1} = P - 2\alpha_1 (z^*)^{\nu_2+1} - \alpha_3 \left(\frac{dz^*}{dt} \right)^s. \quad (6)$$

За наведених вище умов, та $\nu_1 < 1$ динамічний процес ПЧ з достатнім ступенем точності можна описати за допомогою періодичних Атеб-функцій [8] у вигляді

$$\bar{z}^*(t) = a \begin{cases} sa \left(\frac{1}{1-\nu_1}, \nu_2 + 1, \omega(a)t + \theta \right), \\ ca \left(\nu_2 + 1, \frac{1}{1-\nu_1}, \omega(a)t + \theta \right). \end{cases} \quad (7)$$

де a, θ – амплітуда та початкова фаза коливань ПЧ, а частота $\omega(a)$ – визначається співвідношенням

$$\omega(a) = \frac{\nu_2 + 2}{2} \left(\frac{2\alpha_2}{m} \frac{2-\nu_1}{(1-\nu_1)(\nu_2+2)} \right)^{\frac{1}{2-\nu_1}} a^{\frac{\nu_1+\nu_2}{2-\nu_1}} \quad (8)$$

Що стосується закону зміни в часі параметрів a, θ , то вони є повільно змінними функціями часу і для їх визначення можна використати загальні ідеї методів збурень [9].

Обмежуючись у рівняннях (2) максимальним значенням сили інерції, отримуємо

$$\begin{aligned} -(N_1 + N_2) + P + G \mp 2\alpha_2 \left(\frac{2\alpha_2}{m} \frac{2-\nu_1}{(1-\nu_1)(2+\nu_2)} \right)^{\frac{\nu_1}{2-\nu_1}} a^{1+\frac{2(\nu_1+\nu_2)}{2-\nu_1}} &= 0, \\ F_{mp} + F_{2mp} - \frac{PV^2}{g\rho} - \frac{GV^2}{g\rho} &= 0, \\ -N_2L + (G+P)\frac{L}{2} + \frac{PV^2}{g\rho}(H \pm a) + \frac{GV^2}{g\rho}R \mp 2\alpha_2 \left(\frac{2\alpha_2}{m} \frac{2-\nu_1}{(1-\nu_1)(2+\nu_2)} \right)^{\frac{\nu_1}{2-\nu_1}} a^{1+\frac{2(\nu_1+\nu_2)}{2-\nu_1}} \frac{L}{2} &= 0, \end{aligned} \quad (9)$$

У граничному випадку стійкості руху ($N_1 = 0$), із першого рівняння залежностей (9) маємо

$$N_2 = P + G \mp 2\alpha_2 \left(\frac{2\alpha_2}{m} \frac{2-\nu_1}{(1-\nu_1)(2+\nu_2)} \right)^{\frac{\nu_1}{2-\nu_1}} a^{1+\frac{2(\nu_1+\nu_2)}{2-\nu_1}}, \quad (10)$$

а із третього – критичне значення швидкості стійкого руху

$$V = \sqrt{\frac{\rho g}{P(H \pm a) + GR} \frac{L}{2} \left(P + G \mp 2\alpha_2 \left(\frac{2\alpha_2}{m} \frac{2-\nu_1}{(1-\nu_1)(2+\nu_2)} \right)^{\frac{\nu_1}{2-\nu_1}} a^{1+\frac{2(\nu_1+\nu_2)}{2-\nu_1}} \right)}$$

На рис. 2 представлено залежності критичної швидкості руху від амплітуди коливань ПЧ за різних значень параметрів, які описують нелінійну відновлювальну силу системи підресорювання.

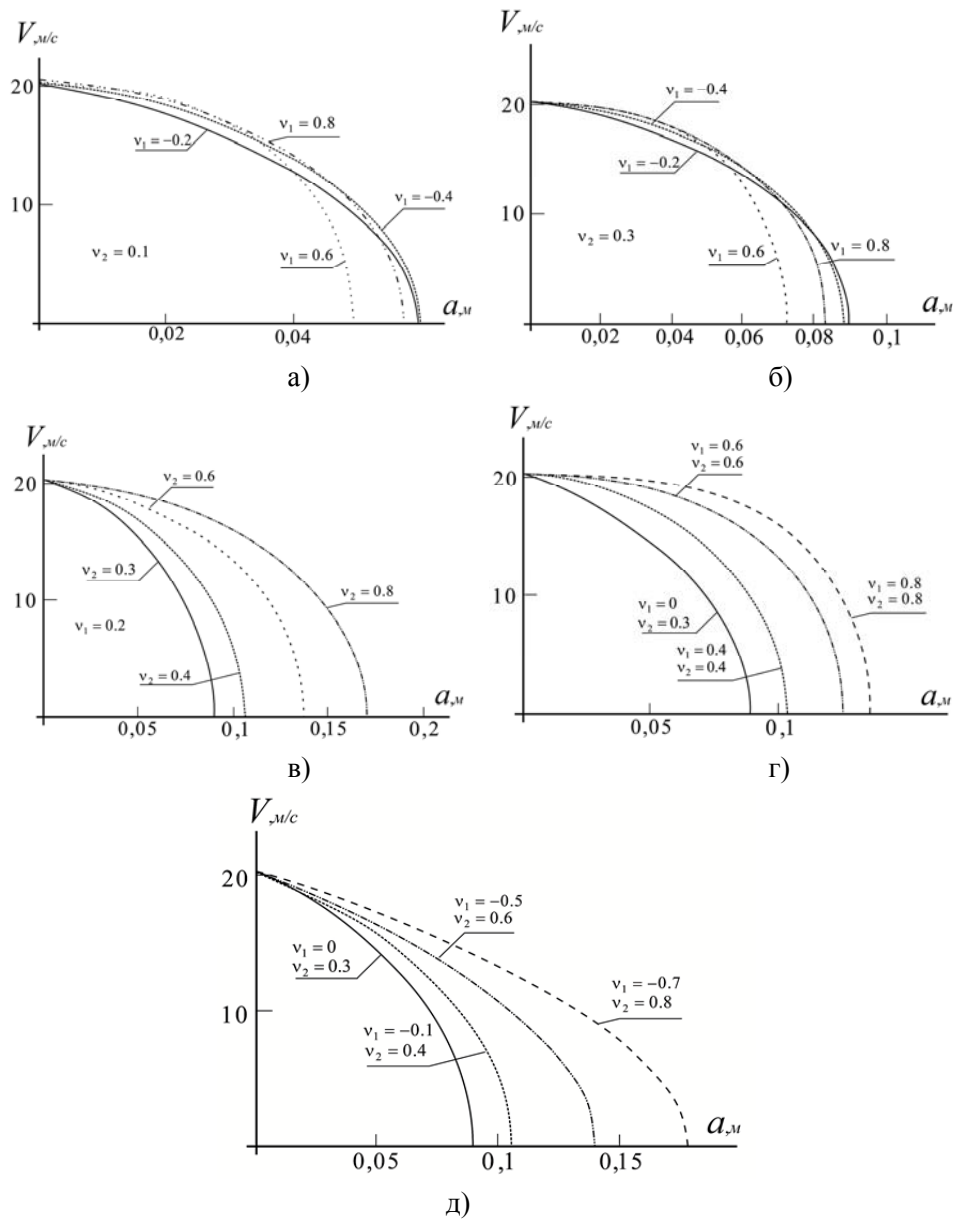


Рис. 2 – Залежності критичної швидкості стійкого руху від амплітуди коливань

Висновки

Отримані результати та представлені графічні залежності показують:

- коливання ПЧ значно зменшують критичне значення швидкості стійкого руху;
- для більших значень амплітуди вертикальних коливань критичне значення швидкості стійкого руху є меншим;
- для підвісок із прогресивним законом зміни відновлювальної сили критичне значення швидкості стійкого руху є більшим, ніж для підвісок із лінійним законом її зміни;
- для більших значень параметрів, які описують неконсервативну відновлювальну силу, критичне значення швидкості стійкого руху є більшим.

Список використаних джерел

1. Артющенко А.Д. Дослідження впливу характеристик підвіски автомобіля малого класу на плавність ходу та її модернізація / А.Д. Артющенко, О.Г. Суярков // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 32 (1004). – С. 21-27.
2. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля / Р.В. Ротенберг – М. : Машиностроение, 1972. – 392 с.
3. Раймпель Й. Шаси автомобиля: Элементы подвески / Й. Раймпель [пер.с нем. Карнухина А.Л. под ред. Г.Г. Гридасова]. – Машиностроение. – 1988. – 288 с.
4. Кузьо І.В. Вплив параметрів підвіски на нелінійні коливання транспортних засобів / І.В. Кузьо, Б.І. Сокіл, В.М. Палюх // Вісник НУ «ЛП» «Динаміка, міцність та проектування машин і приладів». – 2007. – № 588 – С. 49-52.
5. Александров Е.Е. Быстроходные гусеничные и армейские колесные машины: Краткая история развития / Е.Е. Александров, В.В. Епифанов. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2001. – 376 с.
6. Александров Е.Е. Математическое моделирование процессов возмущенного движения агрегатов и систем бронетанковой техники: учеб. пособие: в 2 т. – Т.1 / Е.Е. Александров, Д.О. Волонцевич, В.В. Дуценко и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 356 с.
7. Митропольский Ю.А. Метод усреднения в нелинейной механике / Ю.А. Митропольский. – К.: Наукова думка, 1971. – 440 с.
8. Сенік П. М. Обернення неповної Beta-функції / Сенік П. М. // Укр. мат. журн. – 1969. – 21, № 3. – С. 325–333.
9. Коул Дж. Методы возмущений в прикладной математике / Джулиан Коул; [пер. с англ. А.И. Державиной и В.Н. Диесперова, под ред. О.С. Рыжова]. – М. : Мир, 1972. – 276 с.

Рецензент: Сокіл Богдан Іванович, д.т.н., проф., Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

ДИНАМИКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С НЕКОНСЕРВАТИВНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ СИСТЕМЫ ПОДРЕССОРИВАНИЯ

Чаган Ю.А.

Для исследования влияния вертикальных колебаний поддресоренной части колесных транспортных средств на устойчивость движения за основу использовались уравнения кинестатики, а также дифференциальные уравнения относительного движения поддресоренной части транспортного средства. При помощи периодических Атеб-функций и использовании общих идей методов возмущений получено удобные для оценки критической скорости движения математические зависимости.

Ключевые слова: колесное транспортное средство, вертикальные колебания, устойчивость движения, криволинейный участок движения.

DYNAMICS AND STABILITY OF MOVEMENT OF WHEELED VEHICLES WITH A CONSERVATIVE CHARACTERISTIC OF SUSPENSION SYSTEM

Chahan Y.A.

For explores of the impact of vertical oscillations of the sprung wheeled vehicles used as a basis of kinetic-statics equation and differential equation of relative motion sprung part of the vehicle. With Ateb-functions and methods of using the same ideas received disturbances convenient for mathematical dependence.

Keywords: wheeled vehicle, vertical vibrations resistance movement, curved movement area.

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК В СУЧАСНИХ УМОВАХ

УДК 355.6, 355.415

В.Т. Беліков, к.т.н., доц.

С.С. Ковалішин

Військова академія (м. Одеса), Україна

ЯКІСНО-ЧИСЕЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ТЯГЛОВИХ РУШІЙ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ ВАНТАЖНИХ ПЛАТФОРМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розглянуто конструктивну побудову вантажних дистанційно керованих платформ робототехнічних комплексів (РТК) для підрозділів матеріально-технічного забезпечення військових частин за принципом модульності, його вплив на номенклатуру і багатофункціональність цього виду військової техніки й озброєння за обмеженої кількості складових елементів зі збереженням експлуатаційної надійності.

Ключові слова: транспортні системи, тилове забезпечення, керовані платформи, колісні рушії, блоки-модулі, тяговий модуль

Постановка проблеми

Анексія Росією Криму і досвід проведення антитерористичної операції (АТО) Збройними Силами України показали, що ініціація або нав'язана ззовні участь у бойових діях та війнах так званого гібридного типу переконливо свідчить про необхідність внесення суттєвих змін до системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил) Збройних Сил України.

Постановка задачі та її розв'язання

Мета роботи полягає у визначенні основних підходів до конструктивної побудови вантажних дистанційно керованих платформ РТК для підрозділів матеріально-технічного забезпечення військових частин за принципом модульності за обмеженої кількості складових елементів.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Виходячи з практики ведення бойових дій Збройними Силами України в указаних вище умовах, як завдання першочергового плану необхідно вирішувати, щонайменше, дві принципові проблеми, що визначають загальний рівень готовності наших військ до відбиття можливого нападу незаконних збройних формувань (НЗФ), а саме:

доцільно провести у батальйонах (батальйонних тактичних групах) перетворення організаційної структури взводів технічного і тилового забезпечення у напрямку розукрупнення їх вантажних транспортних засобів, які використовуються як для доставки вантажів підрозділам, що знаходяться у безпосередньому зіткненні з противником, так і для евакуації поранених, пошкодженої бойової техніки й озброєння у тил;

організувати розробку й інтенсивне впровадження у війська різних видів навантажувально-розвантажувальної техніки, у тому числі й такої, що є складовими елементами агрегатів транспортних засобів.

Очевидно, що тільки вирішення поставлених вище актуальних проблем матеріально-технічного забезпечення військ (сил) Збройних Сил України на рівні, який повною мірою відповідає останнім досягненням в цій галузі військової техніки передових країн світу, здатне забезпечити якісне

і своєчасне завантаження, доставку вантажів в повному обсязі і швидке їх розвантаження в місці призначення. Аналогічні вимоги висуваються і до транспортних пристроїв, що використовуються для евакуації поранених військовослужбовців і повернення в тил несправного озброєння і техніки.

Таким чином, роботизовані комплекси, що плануються до розробки, виготовлення, практичного бойового і спеціального застосування у військах, повинні максимально відповідати основним конструктивним і експлуатаційним вимогам, які в узагальненому вигляді сформульовані вище.

Перш ніж перейти безпосередньо до опису основних технічних конструктивних і експлуатаційних особливостей, яким, на наш погляд, повинні відповідати дистанційно керовані робототехнічні комплекси, необхідно зупинитися на змісті одного з найбільш характерних технічних термінів, який широко використовується останнім часом для характеристики нових зразків військової техніки й озброєння, що розробляється. Це поняття про платформу, яка слугує основою формування лінійки (групи), наприклад, бойових гусеничних машин, військової та цивільної автомобільної техніки, різних зразків артилерійської та стрілецької зброї та ін.

Як буде показано далі, в конструктивних розробках дистанційно керованих РТК, виконаних в ході цього наукового дослідження, термін «платформа» використовується як визначення основного конструктиву роботизованої транспортної техніки для підрозділів матеріально-технічного забезпечення військових частин. Дистанційно керовані РТК конструктивно оформлені як об'єкти модульного проектування, в яких функціональний блок-модуль кожного подальшого рівня складності є просторовою композицією, зібраною з функціональних блоків-модулів нижчих рівнів складності.

На сьогодні високоякісну і своєчасну доставку вантажів з використанням дистанційно керованої роботизованої транспортної техніки для підрозділів матеріально-технічного забезпечення військових частин здатні забезпечити повнопривідні тягові рушії з електромеханічним прямим (безпосереднім) приводом, що мають потужну перевантажувальну здатність, мінімальну кількість рухомих деталей і виключно широкий діапазон плавного регулювання швидкості. Такі тягові рушії здатні розвинути швидкість вантажної платформи до 50 км/год, мають високу живучість, завдяки чому пересування платформи може забезпечити лише одне справне опорне колесо рушія. При цьому, розпочинаючи вже з найбільш малогабаритних платформ, тягові рушії забезпечуються сумарно як мінімум шістьма широкими опорними колесами незалежно від конструктивного типу вказаних рушіїв.



Рис. 1 – Приклад виконання опорного приводного колеса з вбудованим тяговим електродвигуном

Висока збереженість військових вантажів і спорядження, що перевозяться, досягнута у вантажних дистанційно керованих РТК завдяки суттєвому зменшенню вертикального габариту (висоти), порівняно з великовантажним автомобільним транспортом, що перебуває на цей час на озброєнні взводів

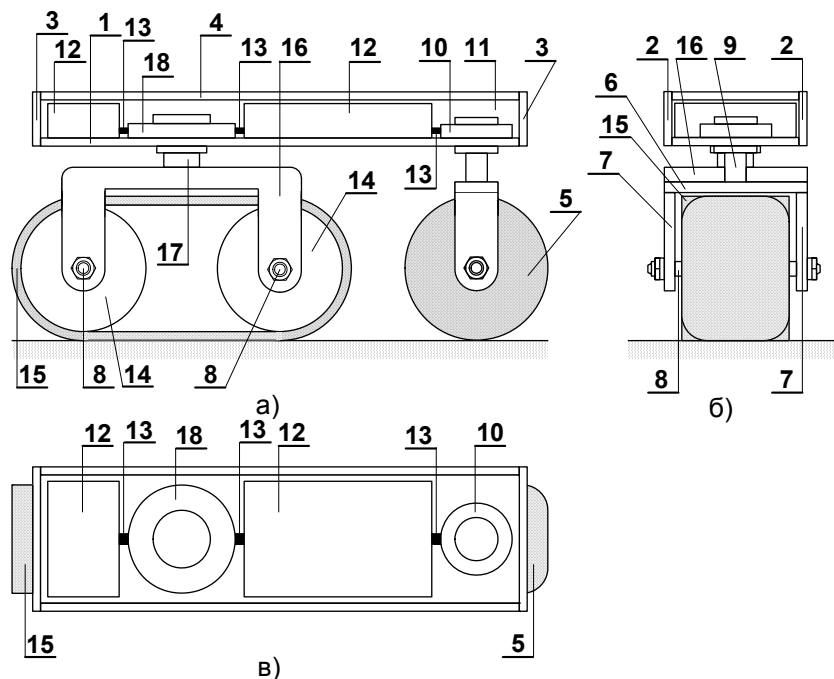
технічного і тилового забезпечення. У повнопривідних тягових рушіях вказаних вище РТК, тягові електродвигуни розміщені безпосередньо в обідді приводних коліс, як це показано на рис. 1.

Принциповим нововведенням в запропонованих нами транспортних системах вантажних дистанційно керованих РТК військового призначення є компонування тягових рушіїв вантажних платформ вказаної роботизованої техніки повністю автономними тяговими функціональними блоками-модулями.

Як зазначено вище, на сьогодні у збройних силах промислово розвинених країн найширше застосовуються колісні тягові рушії вантажних дистанційно керованих платформ РТК, забезпечені не менше, ніж трьома опорними колесами по кожному борту. На відміну від них, тягові рушії подібних платформ РТК, розроблених останніми роками для збройних сил РФ, мають гусеничну ходову частину, хоча значна кількість російських наземних бойових роботів минулих років виконана з колісними рушіями. Проте дотепер в жодній з відомих конструкцій зарубіжної військової робототехніки не використана прогресивна ідея модульної побудови з використанням повністю автономних електромеханічних тягових функціональних блоків-модулів.

Розроблений і запатентований науковими співробітниками Військової академії (м. Одеса) принцип автономності тягових функціональних блоків-модулів дозволяє на етапі підготовки до бойового застосування вантажних дистанційно керованих платформ РТК оптимально підібрати та встановити на них один з трьох можливих різновидів тягового рушія, залежно від конкретних фізико-географічних і погодних умов, – колісний, гусеничний, або комбінований – колісно-гусеничний.

На рис. 2 і 3 у трьох проекціях представлені автономні тягові функціональні блоки-модулі дистанційно керованих вантажних платформ РТК – колісний і колісно-гусеничний, відповідно.



а) вигляд збоку; б) вигляд спереду; в) вигляд зверху

Рис. 3 – Автономний електромеханічний тяговий модуль комбінованого колісно-гусеничного типу

Автономний електромеханічний тяговий модуль колісного типу, показаний на рис. 2, складається з основного коробчастого конструктиву, зібраного на основі 1 шляхом жорсткого кріплення на ній суцільних бічних захисних пластин 2, суцільних передніх і задніх захисних пластин 3, і верхньої пластини 4, встановленої на пластинах 2 і 3. Для підвищення наочності опису зображеної

конструкції тягового модуля, вигляд на рис. 2, а) представлений за відсутності однієї бічної пластини 3 з боку спостерігача. Відповідно, вигляди модулю б) і в) так само показані за відсутності деталей 2 і 4 з боку спостерігача. Опорні колеса 5 автономного електромеханічного тягового модуля закріплені в сергах, що складаються з горизонтальної планки 6 і двох вертикальних стінок 7, в яких виконані отвори для кріплення кінців нерухомих валів 8. Обіддя опорних коліс 5 встановлені на валах 8 на підшипниках кочення, які на рис. 2 не показані.

Оскільки конструкція тягового електричного двигуна представлена вище в аксонометричній проекції на рис. 1, немає необхідності деталізувати приводні вузли (вбудовані електричні двигуни оберненого типу) на рис. 2 і 3.

Серги опорних коліс 5 закріплені на поворотних валах 9, для обертання яких застосовані електричні двигуни повороту 10, встановлені в порожнині 11 коробчастого корпусу автономного електромеханічного тягового модуля.

Для енергопостачання всіх приводних електричних двигунів (вбудованих тягових електричних двигунів оберненого типу), що зображені на рис. 1, і електричних двигунів повороту 10 серг опорних коліс 5 використані електрохімічні джерела електричного живлення 12, які зібрані в одних корпусах з відповідними перетворювачами. Для підведення живлення використовуються провідникові вузли 13.

До тягових електродвигунів опорних коліс живлення підведене через серги опорних коліс 5 кабелями, прокладеними через поворотні вали 9, деталі 6 і 7 серг і нерухомі вали 8. Для спрощення конструктивного аналізу ці подробиці на рис. 2 опущені.

На рис. 3 також наведено три проекції, що ілюструють конструктивні особливості електромеханічного автономного тягового функціонального блоку-модуля, призначеного для комбінованих варіантів колісно-гусеничних дистанційно керованих вантажних платформ РТК.

Як видно, тут безпосередньо з ґрунтом стикається опорне колесо 5, забезпечене гнучкою шиною. Два інших опорних колеса 14 приводять до руху гнучку металеву або композитну гусеничну стрічку 15, для чого вони забезпечені зубчастим приводним обіддям, що входить у зчеплення з гусеничною стрічкою 15. У кожне з опорних коліс 14, що приводять в рух гусеничну стрічку 15, так само, як і в переднє опорне колесо 5, вбудований приводний тяговий електричний двигун оберненого типу, статор якого закріплений на нерухомому валу 8, а ротор з високоенергетичними постійними магнітами, що створюють основне магнітне поле тягового двигуна, запресований в обід опорного колеса.

Кінці валів 8 опорних коліс 14 закріплені у вертикальних стійках П-подібної серги 16 вузла гусеничного приводу, у центрі горизонтальної пластини якої жорстко закріплено нижній кінець поворотного валу 17. Останній з'єднаний безпосередньо або через механічний передатний вузол з валом приводного електричного двигуна повороту 18.

Джерела електричного живлення у вигляді електрохімічних перетворювачів (акумуляторів, суперконденсаторів або паливних елементів) з'єднані з електричними перетворювачами. На рис. 3, аналогічно рис. 2, вони показані у вигляді елементів 12. Тут, як і раніше, для підведення електричного живлення також застосовані провідникові вузли 13.

Особливості модульної побудови вантажних дистанційно керованих РТК військового призначення полягають в тому, що їх вантажні платформи виконані у вигляді окремих спеціалізованих функціональних блоків-модулів такого ж рівня складності, як і автономні електромеханічні тягові функціональні блоки-модулі, наведені вище на рис. 2 і 3.

Електричний двигун, який вбудований в кожне колесо, забезпечує його саме тією енергією і обертальним моментом, які потрібні приведеному об'єкту в конкретний момент. Застосування такої технології повністю виключає з кінематики рушія коробку передач, карданні вали і диференціали, що значно знижує масу транспортного засобу і підвищує ефективність передачі енергії. Діаметри приводних коліс, шини яких заповнені спіненою гумою, знижені до 300-350 мм за величини відношення

$B_{OK}/D_{OK} = 1,2...1,5$ (де B_{OK} – ширина шини опорного колеса; D_{OK} – зовнішній діаметр опорного колеса). Акумуляторна батарея високої питомої місткості для РТК власної маси 500 кг і вантажопідйомністю 1000 кг виконана у вигляді паралелепіпеда, габаритами 750×750×80 мм і масою 200 кг.

Проведені розрахунки показали, що в цьому випадку величина накопиченої в акумуляторній батареї електроенергії складе 28 кВт·год, що гарантує подолання повністю завантаженою платформою, загальною масою 1500 кг, відстані у 18 км за 20-ти градусного підйому зі швидкістю 10 м/с протягом півгодини.

Висновки

До основи конструктивної побудови вантажних дистанційно керованих платформ РТК для підрозділів матеріально-технічного забезпечення військових частин має бути покладений принцип модульності, що гарантує різке зростання номенклатури і багатофункціональності цього виду озброєння та військової техніки за обмеженої кількості складових елементів та повного збереження його якості й експлуатаційної надійності.

Список використаних джерел

1. Беликов В.Т. Автономный электромеханический гусеничный модуль для судостроения и судоремонта Судостроение / В.Т. Беликов, О.Ф. Дяченко // Збірник наукових праць ОІСВ – Одеса. – 2004. – №1-2. – С. 40–41.

2. Пат. 99214 України Бойова модульна наземна робототехнічна машина постійного моніторингу і охорони (захисту) стратегічних об'єктів та кордонів держави / Беликов В.Т. та ін. від 25.07.2012.

Рецензент: В.В. Римша, д.т.н., проф., ТОВ «Електротехніка-Нові технології».

КАЧЕСТВЕННО-ЧИСЛЕННЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ТЯГЛОВЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫХ ГРУЗОВЫХ ПЛАТФОРМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.Т. Беликов, С.С. Ковалишин

Рассмотрено конструктивное построение грузовых дистанционно управляемых платформ РТК для подразделений материально-технического обеспечения воинских частей по принципу модульности, его влияние на номенклатуру и многофункциональность этого вида военной техники и вооружения при ограниченном количестве составных элементов с сохранением эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: транспортные системы, тыловое обеспечение, управляемые платформы, колесные движители, блоки-модули, тяговый модуль.

QUALITATIVE-NUMERICAL APPROACH TO CHOICE TAXED ENGINES REMOTE OPERATED CARGO PLATFORMS OF ARMY

V. Belikov, S. Kovalishin

It is considered constructive building cargo remote operated platforms for subdivisions of the material and technical ensuring the troops on principle of modularity, his influence upon nomenclature and multifunction of this type of the military technics and arms under limited amount component element with conservation of the serviceability.

Keywords: transport systems, material and technical ensuring, operated platforms, wheel engines, blocks-modules, tractive module.

УДК 623.1

О.П. Григор'єв, к.т.н., с.н.с.**В.К. Набок, к.військ.н., с.н.с.****О.І. Кравчук, к.т.н., с.н.с.***Військова академія (м. Одеса), Україна*

РОБОТИЗАЦІЯ ЯК ШЛЯХ ПОСИЛЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ОРГАНІВ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН

Викладені підходи до посилення живучості органів матеріально-технічного забезпечення військових частин шляхом застосування одного з різновидів робототехнічних комплексів (систем) – робоплатформ. Наведені приклади таких робоплатформ, які застосовуються в арміях розвинутих країн світу. Сформульовані вимоги, основні тактико-технічні характеристики, запропоновані можливі підвиди робототехнічних платформ.

Ключові слова: *живучість, матеріально-технічне забезпечення, комплекс, робот, робоплатформа, застосування, ефективність.*

Постановка проблеми

Органи матеріально-технічного забезпечення військових частин Сухопутних військ ЗС України в перспективі свого розвитку за рівнем автоматизації і роботизації не повинні поступатися подібним військовим організаціям армій розвинутих країн світу, а темпи розвитку таких організаційних структур повинні відповідати темпам розвитку тактики дій, озброєння, військової техніки частин і підрозділів.

Наявність матеріальних запасів на складах, базах і арсеналах, їх своєчасна доставка за відповідною номенклатурою і в необхідній кількості безпосередньо на бойові позиції військ, блокпости та інші бойові об'єкти в цілому відображають ефективність функціонування органів матеріально-технічного забезпечення військової частини і, перш за все, їх надійність і живучість в процесі використання за призначенням [1]. Тобто збереження матеріальних запасів, їх своєчасна доставка в умовах бойового впливу противника, а також підвищених ризиків терористичних актів (дій) є ключовими напрямками підвищення якості матеріально-технічного забезпечення військових частин і підрозділів, що взагалі визначає актуальність визначеної проблеми.

В складних умовах бойових дій і можливих терористичних акцій (загроз) доставка вантажу традиційним транспортом безпосередньо до передових бойових позицій військових підрозділів не завжди можлива і не надійна, тому що в таких умовах традиційні засоби доставки легко виявити на маршрутах пересування і знищити, внаслідок чого знищуються вантаж, техніка і люди. Таким чином, для збереження як вантажу, так і життя військовослужбовців, на маршрутах доставки потенційно можуть застосовуватись спеціальні робототехнічні системи (комплекси).

Аналіз останніх досягнень і публікацій

В попередніх дослідженнях була обґрунтована автоматизована система посилення охорони воєнних об'єктів від можливого прихованого застосування противником так званих «роботів-диверсантів». Питання впровадження робототехнічних комплексів в систему органів матеріально-технічного забезпечення Сухопутних військ Збройних Сил України були поставлені як один з першочергових напрямків розвитку такої системи [3].

Постановка завдання

Живучість і надійність тилового та технічного забезпечення військ (сил) залежить не тільки від наявності на складах та базах матеріальних запасів, а і від можливостей їх своєчасної доставки безпосередньо на бойові позиції військових підрозділів. В цій статті розглядаються питання

посилення живучості органів матеріально-технічного забезпечення військових частин і підрозділів шляхом впровадження певних зразків робототехнічних комплексів для доставки вантажів (боєприпасів, майна тощо) бойовим підрозділам на ділянках маршруту, де існує загроза як знищення вантажу противником, так і загибелі особового складу конвою.

Виклад основного матеріалу дослідження

До основних властивостей, які притаманні мобільним робототехнічним комплексам військового призначення, варто зарахувати [2]:

- можливість функціонувати на певні відстані від пункту управління самостійно або дистанційно за допомогою оператора, що сприяє збереженню життя людини;
- прихованість застосування (малі габарити, живлення від акумуляторів, камуфляж, завадозахищеність каналів управління і зв'язку), що суттєво зменшує імовірність вогневого ураження;
- висока прохідність і адаптація руху до місцевості (незалежні колісні або гусеничні рушії, здатні долати штучні перешкоди);
- наявність автономної навігаційної системи;
- наявність штучного інтелекту (антропоморфізм);
- модульність і уніфікація з виконання різних завдань.

Отже, бойові робототехнічні комплекси (системи) – це принципово новий і перспективний вид зброї, якому, на відміну від інших, притаманна здатність автономного функціонування та здатність до виконання широкого кола тактичних завдань [3]. Серед них в окрему групу виділяються так звані робототехнічні платформи (РТП) або робоплатформи, основне призначення яких – перевезення і доставка вантажів.

Закордонні фахівці, окремі фірми і лабораторії розвинутих країн світу вже давно ведуть розробку і практичне впровадження робототехнічних транспортних засобів різного призначення. Прикладом подібних розробок є такі зразки робоплатформ:

MULE (США) – багатоцільова броньована машина для виконання логістичних функцій, корисне навантаження ~ 1,0 т;

SMSS (США) – призначена для перевезення вантажу, боєприпасів і майна; корисний вантаж – 0,45 т;

AMSTAN (Ізраїль) – платформа для перевезення вантажу; корисний вантаж – 0,8 т.

Подібні закордонні транспортні робототехнічні засоби у своїй більшості є багатофункціональними і разом з виконанням функції перевезення вантажу додатково виконують функції ведення розвідки, постановки перешкод, ретранслятора, мають можливості робити проходи і підіймати вантажі, знешкоджувати укріплення тощо.

Для Сухопутних військ Збройних Сил України необхідно обґрунтовано визначити на перспективу всю необхідну номенклатуру робототехнічних комплексів (систем) за результатами всебічного аналізу, досвіду застосування форм і способів бойових дій у військових конфліктах сучасності (зокрема в антитерористичній операції), урахування тенденцій розвитку озброєння і військової техніки противника, своїх збройних сил, а також з урахуванням форм та способів ведення бойових дій у перспективі. Але сьогодні, коли активно здійснюється реформування Збройних Сил України і переоснащення їх новим озброєнням, коли гостро стоїть питання про нестачу особового складу і збереження його життя, треба негайно приступити до створювання зразків безекіпажної бойової робототехніки і впровадження її у війська на реально існуючому в Україні науково-промисловому потенціалі.

На наш погляд, вже сьогодні можливо розпочати цю роботу зі створення бойових робототехнічних платформ, перш за все, для доставки вантажу, майна, боєприпасів безпосередньо на бойові позиції, платформ для транспортування майна, необхідного для забезпечення військових

підрозділів. Конкретно номенклатура і ТТХ зразків визначається такими вимогами: призначення і перелік основних завдань; умови застосування; ступінь автономності виконання завдань; роль і місце оператора; радіус дії або відстань відносно пункту управління; термін функціонування без дозаправки або дозарядки акумуляторів; геокліматичні умови (рельєф місцевості, кліматичні умови, пора року); характеристика можливих перешкод; тонаж вантажу і його габаритні параметри; номенклатура спеціального обладнання платформи; способи навігації, топогеодезичної прив'язки та зв'язку; наявність броньованого захисту; швидкість руху.

Орієнтовно зазначені вище вітчизняні робототехнічні платформи (РТП) повинні мати такі призначення і характеристики:

РТП-1. Основне призначення – доставляння майна, боєприпасів, паливно-мастильних матеріалів безпосередньо на бойові позиції. Корисний вантаж – $1\div 1,15$ т, відстань автономної дії не менше 10 км. Шлях руху – бездоріжжя. Подолання перешкод висотою до 1,2 м, шириною до 2 м, радіус розвороту – нульовий. Керування – програмно за маршрутом. Зв'язок по радіоканалу. Навігація і топогеодезична прив'язка автономна. Обов'язкова наявність вантажно-розвантажувального обладнання. Можлива додаткова функція ретранслятора. Бажано мати броньовий захист від куль і осколків.

РТП-2. Основне призначення – платформа супроводження невеликого підрозділу на марші з прямуюванням на певній відстані за підрозділом. Управління оператором можливо голосом шляхом подання чітких, коротких команд типу «ближче», «далі», «прямо» тощо. Корисний вантаж – 300-400 кг. Термін функціонування без дозаправки – 3 доби, запас ходу – 50-100 км.

РТП-3. Основне призначення – супроводження вантажу аеромобільних груп після їх десантування. Полегшений варіант РТП-2, корисний вантаж – 150-200 кг. Термін функціонування без дозаправки – 2 доби. Запас ходу – 50 км.

Висновки. Проведений аналіз свідчить про те, що науково-технічний і промисловий потенціал України на сьогодні готовий для того, щоб приступити до розробки, виготовлення й оснащення військ принаймні спочатку робототехнічними платформами. Такі робоплатформи в подальшому мають стати основою для створення зразків роботизованої техніки, необхідної для виконання різних тактичних завдань і збереження життя людей. Для організації та координації роботи в цьому напрямку необхідна спеціальна Державна програма зі створення перспективної воєнної робототехніки (наприклад, до 2020 року). Програма повинна визначити: потреби військ в робототехнічному озброєнні (номенклатура і кількість зразків); обсяги фінансування НДДКР, серійного постачання, створення випробувальної бази, засобів експлуатації, підготовки кадрів, і кооперацію організацій промисловості.

Перспективи подальших досліджень.

Метою подальших досліджень є: розвиток методологічних основ обґрунтування тактико-технічних вимог та характеристик, розробка основ застосування різних за призначенням видів робототехнічних комплексів вітчизняного виробництва з урахуванням специфіки організації протидії в основних видах бойових дій, при охороні об'єктів або окремих ділянок кордону; розробка методик оцінки бойового застосування типових зразків робототехнічного озброєння.

Список використаних джерел

1. Григор'єв О.П. Шляхи побудови системи протидії наземним бойовим роботам / О.П. Григор'єв, В.К. Набок // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – 2014. – Вип. №1(1). С. 47–53.
2. Григор'єв О. П. Модель обґрунтування оперативно-тактичних вимог і тактико-технічних характеристик до наземних бойових робототехнічних комплексів / О.П. Григор'єв, О.І. Кравчук, В.К. Набок // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – 2014. – Вип. №2(2). С. 128–134.

3. Григор'єв О. П. *Методологічні основи побудови системи протидії бойовим робототехнічним комплексам противника* / О. П. Григор'єв, В. К. Набок, С. С. Ковалішин // *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*. – 2015. – Вип. №1(3). С. 19–26.

4. Григор'єв О. П. *Створення робототехнічних комплексів для Збройних Сил України – перспективний напрямок розвитку* / О. П. Григор'єв, В. К. Набок // *Спільні дії військових формувань держави: проблеми та перспективи. Матеріали Всеукраїнської наук.-прак. конф., Одеса, 10-11 вересня 2015 р.* – С. 123–124.

Рецензент: В.М. Оленєв, к.військ.н., проф., Військова академія (м. Одеса).

РОБОТИЗАЦИЯ КАК ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ ОРГАНОВ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОИНСКИХ ЧАСТЕЙ

А.П. Григорьев, В.К. Набок, О.И. Кравчук

Изложены подходы к повышению живучести органов материально - технического обеспечения воинских частей путем применения одного из видов робототехнических комплексов (систем) – робоплатформ. Приведены примеры таких робоплатформ, применяемых в армиях развитых стран мира. Сформулированы требования, тактико-технические характеристики, предложены возможные подвиды робототехнических платформ.

Ключевые слова: *живучесть, материально-техническое обеспечение, комплекс, робот, робоплатформа, применение, эффективность.*

ROBOTIZATION AS WAY OF INCREASING THE VITALITY OF LOGISTICAL SUPPORT ORGANS AT MILITARY PARTS

A. Grigorev, V. Nabok, O. Kravchuk

The ways of increasing the vitality of materially - technical providing organs at military parts by application of kinds of robotechnical complexes (systems) – roboplatfrom. The examples of such roboplatfrom applied in armies of developed countries of the world are resulted. Requirements, tactical and technical descriptions are formulated. The possible subspecieses of robotechnical platforms are offered.

Keywords: *vitality, logistical support, complex, robot, roboplatfrom application, efficiency.*

ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

УДК 519.711

О.М. Семененко¹, к.т.н., с.н.с.**А.Є. Єфіменко², к.військ.н., доц.****Ю.Б. Добровольський³, к.т.н., доц.****Б.А. Назаренко³**¹Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна²Військова академія (м. Одеса), Україна³Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ БОЄЗДАТНОСТІ ВІЙСЬКОВОГО ФОРМУВАННЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЙОГО ФІНАНСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У статті визначені основні положення (аспекти) формування економіко-математичної моделі оцінювання рівня боєздатності бойового військового формування за показниками його фінансового забезпечення.

Ключові слова: економіко-математична модель, рівень боєздатності бойового військового формування

Актуальність проблеми та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями

Сьогодні Збройні Сили (ЗС) України забезпечують виконання завдань щодо стримування збройної агресії проти України, прикриття важливих об'єктів держави, угруповань своїх військ від ударів засобів повітряного нападу та ураження військ і об'єктів противника [1–3]. Продовження протистояння держави проти агресії Росії, анексія Автономної Республіки (АР) Крим, терористична діяльність диверсійних груп та радикально налаштованих сепаратистських угруповань на сході країни змушують постійно здійснювати пошук нових пріоритетів подальшого розвитку ЗС України [1–3]. Необхідність постійної реалізації заходів щодо відновлення та нарощування боєздатності частин і підрозділів ЗС України в складних економічних умовах розвитку держави вимагає від керівництва ЗС України підвищення ефективності виконання заходів розвитку ЗС України та ефективності витрачання державних коштів на них. Збільшення практично в 2-3 рази обсягів фінансування ЗС України вимагає відповідного підвищення рівня боєготовності та боєздатності військових формувань відносно минулих періодів, бо країна перебуває в стадії протистояння зовнішньому агресору. В сучасних умовах розвитку ЗС України поставлені перед ЗС України цілі та завдання щодо їх можливого застосування передбачають наявність боєздатних та боєготових військових формувань, які входять до їх складу [1–4]. Зміни фінансування потреб ЗС України вимагають від керівництва ЗС України та держави в цілому пошуку шляхів прив'язування рівня фінансування військових формувань до рівня їх боєздатності.

Аналіз останніх досліджень, публікацій

Аналіз останніх досліджень, публікацій та низки документів, які присвячені цьому питанню, свідчить про те, що це питання в ЗС України активно досліджується, але чіткого методичного підходу щодо вирішення завдання оцінювання боєздатності військового формування (ВФ) за вартісними

показниками його фінансування сьогодні немає [1–8]. Тому визначення основних положень побудови економіко-математичної моделі, яка дозволяла б описати процес оцінювання рівня боєздатності військового формування за показниками фінансового забезпечення його потреб є досить доцільним та актуальним питанням.

Тому **мета статті** полягає в визначенні основних положень формування економіко-математичної моделі оцінювання рівня боєздатності бойового військового формування за показниками його фінансового забезпечення.

Виклад основних положень матеріалу статті

Здатність бойових військових формувань виконувати поставлені завдання під час ведення бойових дій оцінюється показниками ефективності бойового застосування військ (сил) (втрати противника, власні втрати, витрати матеріальних засобів, час виконання завдань тощо). Бойова ефективність характеризує ступінь реалізації бойових можливостей військ (сил). В свою чергу бойові можливості – це сукупність кількісно-якісних показників, які характеризують можливості підрозділів, частин, з'єднань, об'єднань щодо виконання визначених бойових завдань за встановлений час в конкретній обстановці. Бойові можливості формувань різних видів ЗС виражаються різними показниками. На ці кількісно-якісні показники впливає низка факторів: кількість особового складу (ОС); наявність та стан озброєння і військової техніки (ОВТ); рівень бойової підготовки ОС; рівень морально-психологічного стану ОС; рівень навченості командного складу в управлінні військами; організаційна структура військ; ступень їх матеріально-технічного забезпечення (МТЗ); характер протидії противника; умови місцевості; метеорологічна обстановка тощо.

Перелічені фактори являють собою сукупність матеріальних та духовних факторів, які визначають стан ВФ, а також здатність виконувати завдання, що поставлені перед ними. За енциклопедичним визначенням, таку сукупність матеріальних та духовних факторів умовно називають «Потенціалом бойовим» (далі – бойовий потенціал (БП)).

Головним завданням статті є визначення за умов мирного часу залежностей, за якими можна послідовно оцінити зміну рівня боєздатності будь-якого ВФ від зміни обсягів його фінансування.

Як ми вже визначили, рівень боєздатності оцінюється кількісно-якісними показниками бойових можливостей. Але, зазначимо, що зміни щодо обсягів фінансування ВФ взагалі будуть впливати не прямо на показники бойових можливостей, а через вартісні показники, які впливають на той чи інший фактор, від яких залежать показники бойових можливостей і які є складовими Потенціалу бойового. Тобто в процесі формування економіко-математичної моделі оцінювання рівня боєздатності бойового військового формування за показниками його фінансового забезпечення, в загальному вигляді, можна навести співвідношення впливу вартісних показників щодо забезпечення окремого військового формування на величину відповідного бойового потенціалу.

Головними структурними елементами бойового потенціалу будь-яких військових формувань, а також головними показниками щодо його визначення є:

$$БП_{ВФ} = F(D_{ОВТ\ ВФ}; K_{майстер. ОС\ ВФ}; K_{МПС\ ОС\ ВФ}), \quad (1)$$

де: $D_{ОВТ\ ВФ}$ – оснащеність ВФ озброєнням і військовою технікою (ОВТ); $K_{майстер. ОС\ ВФ}$ – рівень бойової майстерності особового складу (ОС) ВФ; $K_{МПС\ ОС\ ВФ}$ – рівень морально-психологічного стану ОС ВФ.

Показник оснащеності ВФ озброєнням та військовою технікою ($D_{ОВТ\ ВФ}$) для бойових формувань можна визначити через бойовий потенціал усього озброєння ВФ, а для спеціальних формувань показник оснащеності військового формування ОВТ характеризується ступенем реалізації їх спеціальних можливостей.

Розрахунковий (наявний) бойовий потенціал ВФ визначається як сума бойових потенціалів усієї кількості основного озброєння в цьому формуванні, виражена в умовних одиницях:

$$БП_{ВФ} = \sum_{i=1}^N БП_{i*ni}, \quad (2)$$

де: $БП_i$ – бойовий потенціал зразка i -го типу озброєння (у.о.); N – кількість типів озброєння; n_i – кількість одиниць озброєння i -го типу у військовому формуванні.

Реальний бойовий потенціал ВФ (характеризує фактор наявності та стану ОВТ – один із основних факторів, що прямо впливає на показники бойових можливостей формувань) визначається як:

$$БП_{реал. ОВТ ВФ} = \sum_{i=1}^M БП_i * K_{i ТГ ОВТ}, \quad (3)$$

де: $i=1 \dots M$ – кількість військових формувань, що складають бойовий потенціал ВФ; $БП_i$ – бойовий потенціал усього озброєння i -ого ВФ; $K_{i ТГ ОВТ}$ – коефіцієнт технічної готовності ОВТ i -ого військового формування, визначається як:

$$K_{i ТГ ОВТ} = N_{i спр} / N_{i заг}, \quad (4)$$

де: $N_{i спр.}$ – кількість справного (боездатного) ОВТ i -ого формування; $N_{i заг}$ – штатна загальна кількість ОВТ.

$K_{i ТГ ОВТ}$ безпосередньо залежить від обсягів фінансування, тому що кількість справних зразків ОВТ в i -ому ВФ є функцією від рівня фінансування та якості проведення робіт щодо обслуговування і відновлення ОВТ, від рівня закупівлі та модернізації ОВТ i -ого ВФ, від рівня матеріально-технічного забезпечення потреб щодо проведення робіт тощо. Тобто можна сказати, що коефіцієнт технічної готовності безпосередньо залежить від показника рівня реального фінансування усіх запланованих заходів ($K_{i фін. ОВТ}$), які пов'язані з ОВТ військового формування:

$$K_{i фін. ОВТ} = C_{i ОВТ реальне} / C_{i ОВТ потреба}, \quad (5)$$

$C_{i ОВТ реальне}$ – вартісний показник реального обсягу фінансування усіх запланованих заходів, пов'язаних з ОВТ i -ого ВФ; $C_{i ОВТ потреба}$ – вартісний показник необхідної потреби в коштах для забезпечення коефіцієнта технічної готовності ОВТ i -ого ВФ на рівні 1 (чи 100%), він є функцією від сумарних вартісних показників щодо $C_{\Sigma обл. і р.}$ – обслуговування і ремонту ОВТ; $C_{\Sigma від. і мод.}$ – відновлення і модернізації ОВТ, $C_{\Sigma зак.}$ – закупівлі ОВТ; $C_{МТЗ}$ – матеріально-технічного забезпечення заходів на ОВТ.

Оскільки рівень фінансування через визначені вартісні показники безпосередньо впливає на $K_{i ТГ ОВТ}$ будь-якого ВФ, то він буде впливати й на саме значення реального бойового потенціалу ($БП_{реал. i}$) i -ого ВФ. До того ж бойовий потенціал ВФ може змінитися внаслідок отримання нових зразків ОВТ чи надбання ними нових якостей внаслідок модернізації окремих зразків. Аналізуючи сказане та формулу (3), можна зробити висновок, що бойовий потенціал ОВТ окремого ВФ є функцією від сумарного показника рівня реального фінансування усіх запланованих заходів, пов'язаних з ОВТ цього ВФ $K_{\Sigma фін. ОВТ ЗСУ}$:

$$БП_{реал. ОВТ ВФ} = F(K_{\Sigma фін. ОВТ ВФ}), \quad (6)$$

де

$$K_{\Sigma фін. ОВТ ВФ} = (\sum_{i=1}^M K_{i фін. ОВТ}) / M. \quad (7)$$

На нашу думку, неможливо наводити пряме співвідношення реального бойового потенціалу ВФ та вартісних показників його забезпечення, бо не реальний бойовий потенціал буде визначати необхідну ступінь його фінансового забезпечення.

Треба прив'язуватись до іншої величини, яка має назву потрібної реалізації бойового потенціалу військового формування чи ЗС взагалі (реалізований бойовий потенціал), що надає можливість врахувати витрати на забезпечення відповідних рівнів підготовки та морально-психологічного стану (МПС) ОС цих військових формувань. Реалізований бойовий потенціал можна визначити із наступних залежностей:

$$\left\{ \begin{array}{l} БП_{реаліз. ВФ} = БП_{реал. ОВТ ВФ} * K_{підг. ОС ВФ}, \\ БП_{реаліз. ВФ} = БП_{реал. ОВТ ВФ} * K_{МПС ОС ВФ} \end{array} \right. \quad (8)$$

$$БП_{реаліз. ВФ} = БП_{реал. ОВТ ВФ} * K_{МПС ОС ВФ} \quad (9)$$

де $K_{підг. ОС ВФ}$ – коефіцієнт підготовки ОС до виконання поставлених завдань; $K_{МПС ОС ВФ}$ – коефіцієнт морально-психологічного стану ОС військового формування.

Під час визначення потрібної реалізації бойового потенціалу будь-якого ВФ потрібно також враховувати вимоги щодо рівня бойової готовності цього ВФ, який впливає на потрібні рівні коефіцієнтів формули (8) та (9) (наприклад, для військового формування у складі Сил негайного реагування повинна бути стовідсоткова реалізація реального бойового потенціалу за кожним із коефіцієнтів ($K_{i ТГ ОВТ}$, $K_{підг. ОС ВФ}$, $K_{МПС ОС ВФ}$), для Сил швидкого реагування – $K_{i ТГ ОВТ} = 100\%$, $K_{підг. ОС ВФ} = 95\%$, $K_{МПС ОС ВФ} = 95\%$ тощо).

Коефіцієнт підготовки ОС військового формування ($K_{підг. ОС ВФ}$) залежить від рівня якості процесу навчання ($P_{навч.}$) і показника рівня фінансового та матеріально-технічного забезпечення цього процесу $C_{ФМТЗ підг.}$:

$$K_{навч. ОС ВФ} = F(P_{навч.}; C_{ФМТЗ підг.}). \quad (10)$$

Показник якості залежить від адекватності системи підготовки та навчання сучасним умовам розвитку та застосування ЗС, професіонального рівня начальників та командирів і тощо (при розрахунках у більшості випадків приймають, що він дорівнює 1). Показник рівня фінансового та матеріально-технічного забезпечення процесу підготовки визначається так:

$$C_{ФМТЗ підг.} = C_{ФМТЗ підг. реальне} / C_{ФМТЗ підг. потреба}, \quad (11)$$

де $C_{ФМТЗ підг. реальне}$ – вартісний показник реального обсягу фінансування запланованих заходів щодо підготовки та навчання ОС ВФ; $C_{ФМТЗ підг. потреба}$ – вартісний показник потрібного рівня фінансування заходів підготовки та навчання ОС ВФ для запланованого рівня реалізації бойового потенціалу ВФ за умов повної технічної готовності його ОВТ.

Коефіцієнт морально-психологічного стану ОС ($K_{МПС ОС ВФ}$) також не є винятком і, як і попередні коефіцієнти, прямо залежить від рівня фінансування задоволення потреб ОС ВФ. До потреб належать: забезпечення житлом військовослужбовців та членів їх сімей, рівень грошового забезпечення, проведення культурно-виховних заходів, соціальна захищеність тощо. Тобто співвідношення реального забезпечення усіх цих складових від потреби визначає цей коефіцієнт.

Аналізуючи формули (8) та (9) можна сказати, що потрібний реалізований потенціал будь-якого ВФ залежить від завдань, які на нього покладаються, а вже вартісні показники повинні забезпечувати реалізацію цього визначеного потенціалу. Завдання, які ставляться перед відповідними військовими формуваннями, визначають також і пріоритетність фінансування в умовах недофінансування чи аритмічного фінансування.

Наведене дає нам змогу зробити висновок, що головними вартісними показниками економіко-математичної моделі оцінювання рівня боєздатності бойового військового формування за показниками його фінансового забезпечення, які характеризують основні кількісно-якісні показники бойових можливостей окремих військових формувань, є такі відносні показники (тобто $C_{реальне} / C_{потреби}$):

відносний вартісний показник забезпечення коефіцієнта технічної готовності ОВТ окремого ВФ ($K_{ТГ ОВТ ВФ}$). Порівняння сумарних показників видатків реальних та потреби за цими показниками відносно цього ВФ дає можливість робити висновки щодо можливого відсоткового зниження коефіцієнта технічної готовності ОВТ ВФ відносно запланованої його величини за сформованою потребою фінансування на рік чи взагалі визначати його відсоткову величину від показника потреби;

відносний вартісний показник, який характеризує коефіцієнт рівня підготовки ОС ($K_{підг. ОС ВФ}$) щодо можливої реалізації наявного бойового потенціалу чи спеціальних можливостей окремих військових формувань. Порівняння сумарних показників реальних видатків з планом дасть можливість визначити відсоток зниження коефіцієнту рівня підготовки ОС ВФ відносно запланованого, а порівняння з потребою надасть можливість визначити відсоток від необхідної потреби;

відносний вартісний показник, який характеризує коефіцієнт морально-психологічного стану ОС ЗС України ($K_{\text{МПС ОС ВФ}}$), що також впливає на реалізацію бойового потенціалу чи спеціальних можливостей підрозділів ЗС України. Порівняння реального обсягу витрат з потрібними показниками дасть можливість визначити відсоток від потреби, а порівняння з планом – визначити відсоток зниження коефіцієнта морально-психологічного стану ОС ВФ від плану;

усі три попередні показники залежать від показника матеріально-технічного забезпечення заходів щодо підвищення рівня технічної готовності ОВТ ВФ, підготовки ОС та забезпечення МПС ОС. Тобто можна сказати, що під час оцінювання можливого реалізованого показника бойового потенціалу чи спеціальних можливостей військових формувань ЗС України треба враховувати відносний показник матеріально-технічного забезпечення усіх заходів, що плануються. Тоді визначення реалізованого бойового потенціалу військового формування можна здійснювати так:

$$\left\{ \begin{array}{l} БП_{\text{реаліз. ВФ}} = БП_{\text{реал. ОВТ ВФ}} * K_{\text{нідг. ОС ВФ}}, \\ БП_{\text{реаліз. ВФ}} = БП_{\text{реал. ОВТ ВФ}} * K_{\text{МПС ОС ВФ}}, \\ БП_{\text{реаліз. ВФ}} = БП_{\text{реал. ОВТ ВФ}} * K_{\text{МТЗ ОС ВФ}} \end{array} \right. \quad (12)$$

Аналізуючи вираз (12), можна сказати, що в економіко-математичній моделі оцінювання рівня боєздатності бойового військового формування за показниками його фінансового забезпечення реалізований бойовий потенціал військового формування є функцією від визначених коефіцієнтів, які в свою чергу залежать від рівня фінансування заходів в їх межах:

$$БП_{\text{реаліз. ВФ}} = F(K_{\text{ТГ ОВТ ВФ}}; K_{\text{нідг. ОС ВФ}}; K_{\text{МПС ОС ВФ}}; K_{\text{МТЗ ВФ}}) = F(K \sum \text{фін. ВФ}), \quad (13)$$

Найменше значення будь-якого із коефіцієнтів буде визначати можливу реалізацію наявного бойового потенціалу, тобто повна відсутність фінансування за будь-яким напрямком зведе показник реалізованого бойового потенціалу до 0 ($БП_{\text{реаліз. ВФ}} = 0$).

Наведені чотири групи вартісних показників, які в собі акумулюють вартісні показники витрат бюджету (кошторису) МО України стосовно відповідного ВФ в межах бюджетних програм бюджету МО України, дадуть можливість здійснити попередню оцінку щодо реалізації бойового потенціалу ВФ за відповідним рівнем фінансування за цими показниками.

Відповідно до формул (8,9), видно, що реалізацію бойового потенціалу будь-якого ВФ треба оцінювати за рівнем фінансування потреби на рік, оскільки звичайно потреба повинна відображати підтримання розрахункового бойового потенціалу на рівні 100% чи реалізацію бойового потенціалу будь-якого військового формування на рівні 100% з урахуванням вимог щодо рівня бойової готовності цього ВФ.

Запропонований підхід щодо визначення взаємозв'язку між рівнем боєздатності ВФ та рівнем його фінансування дозволить також проводити відповідні розрахунки і для ЗС України взагалі, тільки використовуються вартісні показники не витягів з кошторису МО України для відповідних частин, а вартісні показники бюджетних програм бюджету МО України.

Також треба зазначити, що величина можливого реалізованого бойового потенціалу бойових формувань чи величина можливого рівня реалізації спеціальних можливостей інших формувань залежить від правильного розподілу коштів за вартісними показниками, які складають чотири групи видатків. Цей розподіл особливо актуальний в умовах недофінансування чи неритмічного фінансування ЗС України. Бойовий потенціал ЗС України взагалі ($БП_{\text{ЗСУ}}$) безпосередньо залежить від рівня реального фінансування усіх запланованих заходів та забезпечується розвинутою економікою держави та високого рівня керівництва ЗС України.

Висновки. В статті розкриті основні положення побудови економіко-математичної моделі оцінювання рівня боєздатності бойового військового формування за показниками його фінансового забезпечення. Подальшим напрямком досліджень є практична та програмна побудова запропонованої моделі, а також проведення розрахунків з її практичним застосуванням для військових формувань ЗС України.

Список використаних джерел

1. *Пріоритети розвитку Збройних Сил України з урахуванням участі у гібридній війні* [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. Крикун Т. І. Державні видатки: фінансовий контроль та аудит / Т. І. Крикун // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. – 2011. – № 2 (943). – С. 119–126.
5. Бюджетний кодекс України: Закон Верховної ради від 8 липня 2010 №2456 // Урядовий кур'єр. – 2010. – №151.
6. Основы теории и методологии планирования строительства Вооружённых Сил Российской Федерации. // Под редакцией Квашнина А.В. – М. : Воентехиниздат, 2002 – 232 с.
7. Денєжкін М.М. Склад Збройних Сил та планування оборонних ресурсів держави [Текст] / М.М. Денєжкін, В.П. Дідіченко, В.Г. Пономаренко // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України №2 (15). – К.: 1999. – С. 5-13.
8. Семененко О.М. До питання порівняння категорій бюджету Міністерства оборони України та показників у системі оборонного планування [Текст] / О.М. Семененко, М.М. Денєжкін, М.О. Слюсаренко // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України №1(31). – К.: ЦНДІ ЗС України, 2005. – С. 33-46.

Рецензент: В.О. Моторний, к. держ.упр., Військова академія (м.Одеса)

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ БОЕСПОСОБНОСТИ ВОЕННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЕГО ФИНАНСОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

О.М. Семененко, А.Е. Ефименко, Ю.Б. Добровольский, Б.А. Назаренко

В статье определены основные положения (аспекты) формирования экономико-математической модели оценивания уровня боеспособности боевого военного формирования по показателям его финансового обеспечения.

Ключевые слова: экономико-математической модель, уровня боеспособности боевого военного формирования.

BASIC ASPECTS OF FORMING OF ECONOMIC MATHEMATICAL MODEL OF EVALUATION OF LEVEL OF BATTLE-WORTHINESS OF MILITARY FORMING ON INDEXES OF IT FINANCIAL PROVIDING

O. Semenenko, A. Efimenko, Y. Dobrovolskiy, B. Nazarenko

In the articles certain substantive provisions (aspects) offorming of economic mathematical model of evaluation of level of battle-worthiness of the battle military forming are on the indexes of it financial providing.

Keywords: economic mathematical model, level of battle-worthiness of the battle military forming.

УДК 519.711

О.М. Семененко¹, к.т.н., с.н.с.**О.Г. Водчиць², к.т.н., доц.****О.Ю. Коркін³****О.С. Паюк²**¹Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна²Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна³Військова академія (м. Одеса), Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБҐРУНТУВАННЯ РІШЕННЯ ЩОДО РОЗВІДКИ РЕЗУЛЬТАТІВ РАДІОЕЛЕКТРОННО-ВОГНЕВОГО УДАРУ ПО ОБ'ЄКТАМ ПРОТИВНИКА

В статті пропонується математична модель обґрунтування рішень щодо доцільності або недоцільності проведення розвідки результатів нанесення радіоелектронно-вогневого удару по об'єктах противника на основі використання ігрової математичної моделі.

Ключові слова: радіоелектронно-вогневий удар, ігрова математична модель, ударні літаки, розвідка

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями

Радіоелектронно-вогневий удар (РЕВУ), є сьогодні перспективною формою застосування зброї. Під поняттям РЕВУ розуміється нанесення по противнику комбінованих електромагнітно-імпульсних (ЕМІ) та вогневих ударів з метою виведення з ладу радіоелектронних засобів (РЕЗ) противника систем протиповітряної оборони (ППО), радіоелектронної розвідки (РЕР) та радіоелектронної боротьби (РЕБ) [1, 2, 4]. Такі удари характеризуються потужними короткочасними діями за окремим напрямком або по одному об'єкту шляхом застосування потужних електромагнітних імпульсів електромагнітно-імпульсної зброї (ЕМІЗ) та одночасними вогневими ударами, які призводять як до тимчасового виведення з ладу елементів системи управління військами та зброєю так і до їх функціонального ураження. В сучасних умовах розвитку засобів ЕМІЗ нанесення таких ударів можливо одним і тим же боєприпасом, який містить у собі як бойову частину, так і джерела потужного ЕМІ випромінювання [4, 5].

Характерними рисами зброї, яка використовується при РЕВУ, є [1, 2]: швидкість досягання цілей; універсальність (ЕМІЗ діє на різні радіоелектронні прилади, комп'ютери та інші елементи); низька вартість ЕМІЗ надає доступність мати конструкторську документацію та здатність виробляти цю зброю різним країнам; дія ЕМІЗ може призводити як до тимчасового виведення з ладу елементів системи управління противника, так і до її повного функціонального ураження.

В більшості випадків радіоелектронно-вогневі удари (РЕВУ) здійснюються безпосередньо перед початком бойових дій, але не виключається можливість їх нанесення і під час їх ведення. РЕВУ направлені на ураження вузлів управління, зв'язку, елементів систем ППО, РЕР та РЕБ [2, 4]. Досвід воєнних конфліктів останніх десятиріч свідчить про те, що на передній план у початковій фазі ведення бойових дій виходить авіація, яка наносить повітряні удари високоточною зброєю, що має у своєму складі радіоелектронне обладнання, тому РЕВУ повинні стати основою протиповітряних операцій на майбутнє. Ці удари повинні наноситися по аеродромах з метою виведення з ладу систем комунікації, контролю за повітряною обстановкою, радіонавігації та бортової електроніки.

На сьогодні вартість бортової електроніки сучасного літака дуже велика, кількість запасного бортового радіоелектронного обладнання на аеродромах обмежена, тому РЕВУ роблять літаки непридатними до експлуатації протягом значного часу. Також РЕВУ унеможливають роботу ЗРК, РЛС, які працюють в активному режимі, а також роботу апаратури надводних кораблів. Вони є ефективною альтернативою, порівняно з масованими ударами антикорабельними ракетами [5, 6].

Особливістю застосування РЕВУ сьогодні є складність точно спрогнозувати його ефективність. РЛС або засоби зв'язку можуть випромінювати сигнали навіть коли їхні приймачі виведені з ладу. З іншого боку, противник може виключати передавачі при загрозі РЕВУ. Відсутність випромінювання ще не означає, що РЕВУ проведено ефективно, тобто зараз неможливо отримати інформацію про ступінь ефективності його нанесення. При проведенні неефективних РЕВУ ударні літаки, які після РЕВУ виконують завдання з вогневого знищення цілей противника, можуть понести значні втрати, що призведе до невиконання поставлених завдань [2, 4, 6]. Тому після проведення РЕВУ необхідно прийняти та обґрунтувати рішення щодо доцільності або недоцільності проведення розвідки результатів нанесення радіоелектронного-вогневого удару по об'єктам противника з метою подальшого застосування бойових літаків для виконання завдань щодо подальшого ураження об'єктів противника. Новизна РЕВУ та недостатність інформації щодо ефективності їх впливу на радіоелектронні системи противника формують необхідність розроблення математичної моделі, яка дозволяла б обґрунтовувати рішення щодо доцільності або недоцільності розвідки результатів РЕВУ щодо об'єктів противника на початку операції. Це і зумовлює актуальність теми, яка розглядається в цій статті.

Аналіз останніх досліджень

Аналіз останніх досліджень, публікацій та стану питання показує, що сьогодні прийняття рішення на проведення розвідки результатів застосування РЕВУ здійснюється відповідальною особою, яка відповідає за ведення бойових дій, за принципом тривіального вибору рішення особою на інтуїтивній основі [1, 2].

Мета статті

Головною метою статті є розроблення математичної моделі обґрунтування рішень щодо доцільності або недоцільності проведення розвідки результатів застосування радіоелектронного-вогневого удару по об'єктах противника.

Як приклад розглянемо ситуацію, коли перед особою, що приймає рішення, постає завдання обрати: застосувати бойові літаки після проведення розвідки РЕВУ чи не проводити розвідку РЕВУ, а відразу дозволити застосування бойових літаків в наступній фазі операції.

Математичну модель цієї задачі прийняття рішення можна представити у вигляді ігрової моделі, де у якості другого гравця виступає радіоелектронна обстановка («гра з природою») [3], а оцінна матриця a_{ij} має розмір (2×2) :

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} \Pi_1 & \Pi_2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \end{matrix} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \end{matrix}, \quad (1)$$

де: x_1 – рішення на застосування літаків без проведення розвідки РЕВУ; x_2 – рішення на застосування бойових літаків після проведення розвідки РЕВУ; Π_1 – стан радіоелектронної обстановки (РЕО), який відповідає ефективно проведеному першому РЕВУ; Π_2 – стан РЕО, який відповідає неефективному першому РЕВУ.

При стані РЕО Π_2 , рішення на застосування ударних літаків для виконання бойових завдань щодо знищення стратегічних об'єктів противника може призвести до їх значних втрат. При стані Π_1 , рішення на проведення розвідки РЕВУ – недоцільне, бо при цьому витрачаються значні ресурси та знижується ефективність операції, яка буде проводитися з втратою часу. На основі такого лише якісного аналізу можна математично записати, що елементи оцінної матриці відповідають таким умовам: $a_{11} \succ a_{22}; a_{11} \succ a_{12}; a_{11} \succ a_{21}; a_{12} \prec a_{22}; a_{21} \prec a_{22}; a_{21} \succ a_{12}$.

За таких співвідношень елементів a_{ij} домінуючого рішення гри не має. Тому, коли особі, яка приймає рішення, відомі ймовірності $q_1 = P(\Pi_1); q_2 = P(\Pi_2)$, станів РЕО, то рішення можна приймати на основі критерію Байєса [2]:

$$x_{opt}^B = \left\{ x_k \in X \cap \bar{a}_k = \max_{j=1} \sum a_{ij} \right\}, \quad (2)$$

де X – множина існуючих рішень; $\bar{a}_k$ – середній результат (математичне очікування) k -рішень.

Коли розвідка достовірно визначає стан середовища, її доцільно проводити при виконанні умови:

$$\min_i \sum_{j=1} r_{ij} \cdot q_j \succ K, \quad (3)$$

де

$$r_{ij} = \max_i a_{ij} - a_{ij}. \quad (4)$$

де r_{ij} – величина ризику прийняття невірної i -ого рішення при стані РЕО Π_j ; K – вартість розвідки.

Для випадку, коли розвідка визначає стан середовища недостовірно, а лише призводить до одного із L несумісних результатів $B_i, i = \overline{1, L}$ (наприклад, B_1 – безпілотні розвідувальні літаки збиті; B_2 – безпілотні розвідувальні літаки були тільки опромінені РЛС ЗРК та інші), тоді кожний із результатів дає лише ймовірності дані відносно стану РЕО Π_j . Коли відомі умовні ймовірності $P(B_i / \Pi_j), i = \overline{1, L}; j = \overline{1, 2}$, тоді можна показати, що доцільність розвідки визначається нерівністю:

$$\sum_i \max_{an. ik} \bar{a}_{an. ik} \cdot P(B_k) - \max_i \sum_{j=1} a_{ij} \cdot q_j \succ K, \quad (5)$$

де ймовірності результатів визначаються за формулами повної ймовірності:

$$P(B_k) = \sum_{j=1} P(B_k / \Pi_j), k = \overline{1, L}, \quad (6)$$

а апостеріорні середні результати за формулою:

$$\bar{a}_{an. ik} = \sum_{j=1} a_{ij} \cdot P(\Pi_j / B_k), k = \overline{1, L}. \quad (7)$$

Наведемо ілюстративний приклад використання запропонованого методичного підходу щодо прийняття рішення на розвідку результатів РЕВУ. Нехай розвідка може призвести до двох результатів: B_1 – безпілотні розвідувальні літаки, збиті під час проведення розвідки після РЕВУ; B_2 – безпілотні розвідувальні літаки, які не збиті та виявили випромінювання РЛС ЗРК. Вихідні дані наступні, платіжна матриця має вигляд:

$$|a_{ij}| = \begin{matrix} & \begin{matrix} \Pi_1 & \Pi_2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 10 & 1 \\ 2 & 5 \end{pmatrix} \end{matrix},$$

та відомі апіорні ймовірності виникнення станів РЕО Π_{ij} після проведення РЕВУ по противнику: $q_1 = P(\Pi_1) = 0,8$; $q_2 = P(\Pi_2) = 0,2$; $K = 0,5$. Умовні ймовірності $P(B_i/\Pi_j)$ наведені в наступній таблиці:

B_i/Π_j	Π_1	Π_2
B_1	0,1	0,7
B_2	0,9	0,3

Потрібно визначити необхідність проведення розвідки після РЕВУ.

Рішення. Відповідно до виразу (4) визначаємо матрицю ризиків:

$$|r_{ij}| = \begin{vmatrix} 0 & 4 \\ 8 & 0 \end{vmatrix}.$$

При достовірних результатах розвідки, її доцільність визначається умовою (3). Для нашого прикладу отримуємо:

$$\min_i \left(\sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot q_j \right) = \min_i \left(\begin{matrix} 0 \cdot 0,8 + 4 \cdot 0,2 = 0,8 \\ 8 \cdot 0,8 + 0 \cdot 0,2 = 6,4 \end{matrix} \right) = 0,8 > 0,5.$$

З отриманих результатів розрахунків прикладу, який розглядається достовірну розвідку проводити доцільно.

Для випадку, коли розвідка визначає стан середовища недостовірно, доцільність її проведення визначається умовою (5).

Математичні очікування рішень:

$$\overline{a_1} = \sum a_{1j} \cdot q_j = 10 \cdot 0,8 + 1 \cdot 0,2 = 8,2;$$

$$\overline{a_2} = \sum a_{2j} \cdot q_j = 2 \cdot 0,8 + 5 \cdot 0,2 = 2,6.$$

$\max_i \overline{a_i} = 8,2$, відповідно до критерію Байєса, означає, що потрібно приймати рішення x_1 .

Ймовірності результатів розвідки відповідно (6) дорівнюють:

$$P(B_1) = \sum_j P(B_1/\Pi_j) \cdot P(\Pi_j) = 0,1 \cdot 0,8 + 0,7 \cdot 0,2 = 0,22;$$

$$P(B_2) = \sum_j P(B_2/\Pi_j) \cdot P(\Pi_j) = 0,9 \cdot 0,8 + 0,3 \cdot 0,2 = 0,78.$$

За формулою перевірки гіпотез визначаємо апостеріорні ймовірності стану РЕО:

$$P(\Pi_1/B_1) = \frac{P(B_1/\Pi_1) \cdot P(\Pi_1)}{\sum_j P(B_1/\Pi_j) \cdot P(\Pi_j)} = \frac{0,1 \cdot 0,8}{0,22} = \frac{8}{22};$$

$$P(\Pi_2/B_1) = \frac{P(B_1/\Pi_2) \cdot P(\Pi_2)}{\sum_j P(B_1/\Pi_j) \cdot P(\Pi_j)} = \frac{0,7 \cdot 0,2}{0,22} = \frac{14}{22};$$

$$P(\Pi_1/B_2) = \frac{0,9 \cdot 0,8}{0,78} = \frac{72}{78}; \quad P(\Pi_2/B_2) = \frac{0,3 \cdot 0,2}{0,78} = \frac{6}{78}.$$

Середні апостеріорні результати для кожного рішення x_i та результату B_1 дорівнюють:

$$\bar{a}_{an11} = \sum_j a_{1j} \cdot P(\Pi_j/B_1) = 10 \cdot \frac{8}{22} + 1 \cdot \frac{14}{22} = \frac{94}{22};$$

$$\bar{a}_{an21} = \sum_j a_{2j} \cdot P(\Pi_j/B_1) = 8 \cdot \frac{8}{22} + 5 \cdot \frac{14}{22} = \frac{134}{22}.$$

Таким чином, якщо б результатом проведення розвідки був би результат B_1 , то оптимальним рішенням було б x_2 , при якому середній апостеріорний результат максимальний і дорівнює $\frac{134}{22}$.

Середні апостеріорні результати для кожного рішення x_i та результату розвідки B_2 дорівнюють:

$$\bar{a}_{an12} = \sum_j a_{1j} \cdot P(\Pi_j/B_2) = 10 \cdot \frac{72}{78} + 1 \cdot \frac{6}{78} = \frac{726}{78};$$

$$\bar{a}_{an22} = \sum_j a_{2j} \cdot P(\Pi_j/B_2) = 2 \cdot \frac{72}{78} + 5 \cdot \frac{6}{78} = \frac{172}{78}.$$

Таким чином, якщо б результатом розвідки був би результат B_2 , то оптимальним рішенням було б x_1 , при якому середній апостеріорний результат дорівнює $\frac{726}{78}$.

Доцільність проведення недостовірної розвідки визначається умовою (5):

$$\sum_k \max_i \bar{a}_{ik} \cdot P(B_k) - \max_i \sum_j a_{ij} \cdot q_j = \frac{134}{22} \cdot 0,22 + \frac{726}{78} - \max_i \left\{ \begin{matrix} 8,2 \\ 2,6 \end{matrix} \right\} = 8,6 - 8,2 = 0,4 < 0,5.$$

В наслідок отриманих результатів можна зробити висновок, що недостовірну розвідку проводити недоцільно.

Наприкінці зазначимо, що ступінь виконання умов (3) і (5), характеризує стабільність рішень, які приймаються до зміни вихідних даних.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Головним результатом цієї статті є те, що в ній запропоновано математичну ігрову модель обґрунтування рішень щодо доцільності або недоцільності проведення розвідки результатів нанесення радіоелектронного-вогневого удару по об'єктах противника, яка дозволяє обґрунтовувати рішення в умовах невизначеності вихідної інформації. Отримані практичні розрахунки на основі

використання запропонованої математичної моделі підтверджують працездатність цієї моделі в завданнях такого типу.

Запропонована модель може застосовуватися і під час обґрунтування рішення на доцільність проведення розвідки результатів застосування інших видів зброї, особливо коли можливі більше двох станів обстановки та більше альтернатив можливих рішень. Тобто ігрова матриця повинна буде мати більший розмір, але методичний підхід щодо отримання необхідного результату залишиться той самий.

Список використаних джерел

1. Копп К. Электронная бомба – оружие электронного массового поражения [Текст]: пер. с англ. / К. Копп – 2001. – 111 с.
2. Симонов В. Электромагнитный импульс – новое оружие [Текст] / В. Симонов. – Вестник ПВО. – М., 1985. – № 3. – С. 81–84.
3. Василевич Л. Ф. Математические методы принятия решений [Текст] / Л.Ф. Василевич – Монография. – К. : Наша справа, 2004. – 52 с.
4. Оружие будущего: импульсное вооружение. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : <http://www.livadnyy.com/forum/index.php?topic=24.0>.
5. Электромагнитная бомба. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : <http://www.popmech.ru/article/2531-uboynyiy-reyting/>.
6. Пекин создает электромагнитное оружие. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: («The Washington Times», США) <http://www.inosmi.ru/fareast/20110724/172375391.html>.

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБОСНОВАНИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВЕДКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННО-ОГНЕВОГО УДАРА ПО ОБЪЕКТАМ ПРОТИВНИКА

О.М. Семененко, А.Г. Водчиц, А.Ю. Коркин, А.С. Паюк

В статье предлагается математическая модель обоснования решений о целесообразности или нецелесообразности проведения разведки результатов нанесения радиоэлектронного - огневого удара по объектам противника на основе использования игровой математической модели.

Ключевые слова : радиоэлектронный огневой удар, игровая математическая модель, ударные самолеты , разведка.

MATHEMATICAL MODEL BASIS OF THE DECISION OF EXPLORATION RADIOELECTRONIC – FIRE STRIKES ON ENEMY OBJECTS

O. Semenenko, O. Vodchuc, O. Korkin, O. Payuk

In the article the mathematical model inform decisions regarding the advisability or otherwise of exploration results of the application of electronic and burn effort on enemy installations on the basis of a mathematical model of the game .

Keywords: Radio-electronic fire strike, mathematical model, attack aircraft, reconnaissance.

УДК 358. С13. А - 28

Ю.І. Адамов**В.Б. Радімушкін****В.С. Мінасов, к.військ.н, проф.***Військова академія (м. Одеса), Україна*

АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВКИ ТА ЗДІЙСНЕННЯ ДЕСАНТУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ВИСОКОМОБІЛЬНИХ ДЕСАНТНИХ ВІЙСЬК

У статті розглядається аналіз результат метрологічного забезпечення та перспективні напрямки розвитку метрологічного забезпечення проведення підготовки та здійснення десантування підрозділів Високомобільних десантних військ.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, повітрянодесантна техніка, десантне забезпечення.

Постановка проблеми

Моральне та технічне старіння, відсутність ремонту, заміни складовими частинами приладів метрологічного забезпечення значно впливають на стан повітрянодесантної техніки.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Метрологічне забезпечення в ЗС України – це комплекс заходів, спрямованих на досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів об'єктів вимірювань військового призначення [1].

Основними завданнями метрологічного забезпечення є:

досягнення високої ефективності застосування озброєння та військової техніки (далі – ОВТ), підтримання їх бойових та експлуатаційних властивостей;

організація і виконання робіт, спрямованих на забезпечення єдності вимірювання у військових частинах та установах;

здійснення метрологічного контролю і нагляду в військових частинах та установах;

проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт у галузі метрологічного забезпечення;

забезпечення достовірності вимірювання параметрів озброєння військової техніки (далі – ОВТ), а також під час діагностики.

Метрологічне забезпечення є самостійним підвидом технічного забезпечення і суттєво впливає на оперативне та матеріально-технічне забезпечення (далі – МТЗ) ЗС України. У складі технічного забезпечення метрологічне забезпечення гарантує повноту, точність і достовірність вимірювань, які виконуються при експлуатації ОВТ (в ході його технічного обслуговування, відновлення, підготовки та використання за призначенням).

Метрологічне забезпечення відіграє значну роль у вирішенні завдань МТЗ. Такі складові матеріально-технічного забезпечення, як десантне забезпечення, засновані на вимірюванні фізичних величин в специфічних умовах зразками військової техніки, які є по суті високоточними спеціальними засобами вимірювань, технічні характеристики яких безпосередньо визначаються якістю їх метрологічного забезпечення, станом та застосуванням військових еталонів, атестацією методик виконання вимірювань.

Постановка задачі та її розв'язання

У цьому дослідженні намагаємось здійснити аналіз системи метрологічного забезпечення та визначити перспективні напрямки розвитку метрологічного забезпечення в проведенні підготовки та здійснення десантування підрозділів високомобільних десантних військ.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Висока надійність повітрянодесантної техніки, безвідмовність у роботі протягом строку служби або призначеного технічного ресурсу є однією з умов безпеки десантування особового складу, озброєння, бойової техніки та вантажів.

Під надійністю повітрянодесантної техніки (далі – ПДТ) треба мати на увазі відсутність відмов її роботи протягом встановленого строку служби або призначеного технічного ресурсу.

Метрологічне забезпечення відіграє важливу роль у підтриманні високої бойової готовності та надійності повітрянодесантної техніки у ході підготовки та проведення десантування особового складу, озброєння, бойової техніки та матеріально-технічних засобів (далі – МТЗ).

За допомогою метрологічного забезпечення здійснюється:

- перевірка точності спрацювання по часу, висоті парашутних пристроїв та міцності полотнища куполу парашутів, установкою перевірки парашутних автоматів (далі – УППА), установкою контролю парашутних автоматів (далі – УКПА) та пристрою ПР-200 при проведенні регламентних робіт та технічного обслуговування ПДТ;

- визначається температура заряду в блоці парашутно-реактивного двигуна (далі – ПРД), перевіряється стан електричних ланцюгів приладу видачі сигналу (далі – УВС-1), піропатронів (ПП9-РС) та споряджених спарених піросвічок (Н65-00-58) контрольно-вимірювальними пристроями (імітатор, перевірна апаратура ПП-1М, пульт контролю) при укладанні та монтажу ПДТ;

- подача електричної енергії на піроенергодатчики (ПДО-4) замків відчіпу парашутної системи приладом УВС-1, вимірювання висоти, миттєвої швидкості і напрямку вітру, відносної вологості та температури повітря, атмосферного тиску і метеорологічної дальності видимості висотоміром і десантним метеорологічним комплектом (далі – ДМК) при десантування особового складу, бойової техніки та вантажу.

Установки УППА та УКПА, призначені для перевірки точності спрацювання по часу та висоті парашутних пристроїв типу парашутного напівавтомату ППК-У, та годинникового парашутного приладу АД-3У-Д-165 [10,11].

Основними метрологічними характеристиками цих установок є:

УКПА:

- забезпечує замір часу спрацювання приладу до 0,05 °С;
- температурний діапазон роботи від -20 до +50 °С;
- опір ізоляції за нормальної температури та відносної вологості до 80% не менше 20 Ом.

УППА:

- максимальна швидкість вимірювання проміжок часу висоти 75 м/с;
- точність вимірювання проміжків часу 0-3 сек $\pm$ 0,05 сек, 3-10 сек $\pm$ 0,07 сек;
- робота на частоті 50 Гц, при t° від +5 до +50 °С та волога повітря до 98% за t 30 °С.

Пристрій ПР-200 призначений для перевірки полотнища куполу ремонтваних парашутів на міцність методом продавлювання [2].

Основні дані пристрою:

найменший розмір випробувального зразка 160×160 мм.

Робочий тиск повітря:

для бавовняних тканин і шовкових – 5 кг/см^2 ;

для капронових тканин – 6 кг/см^2 ;

Для визначення температури заряду в блоці парашутно-реактивного двигуна (далі – ПРД) парашутної реактивної системи модернізованої (ПРСМ-925(916)) використовується пристрій-імітатор.

Визначення температури заряду в блоці ПРД здійснюються за допомогою термометра типу ТНВ-45, який поміщений у корпус. У корпусі поміщена інертна шашка, яка імітує заряд, ізольована від корпусу повстяними прокладками.

Склад і розміри інертної шашки в поєднанні з прокладками володіють теплофізичними характеристиками, відповідними аналогічним характеристикам заряду блоку ПРД. Імітатор перебуває разом з блоком ПРД не менше 4 годин. У цьому випадку покази термометра імітатора будуть відповідати температурі заряду блоку ПРД.

Контрольно-перевірним пристроєм для УВС-1 є пульт контролю (далі ПК), призначений для перевірки стану електричних ланцюгів УВС-1 на технічній позиції [7].

Принцип дії ПК заснований на обтіканні електричних ланцюгів УВС-1 струмом малої величини і фіксування його наявності по індикаторному пристрою. В якості індикатора використовуються міліамперметр типу М2001. Електроживлення здійснюється з батарейного елементу 373. Схему метрологічного забезпечення при проведенні підготовки та десантування особового складу, ОВТ та МТЗ можна представити у наступному вигляді (рис. 1).

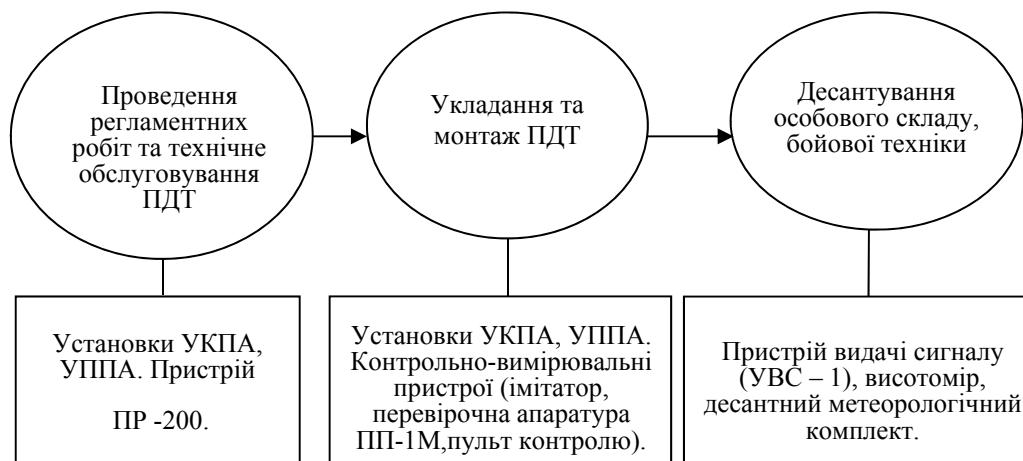


Рис. 1 – Схема метрологічного забезпечення при проведенні підготовки та десантування особового складу, ОВТ та МТЗ

Під час монтажу блоку порохових реактивних двигунів до парашутної реактивної системи модернізованої (далі ПРСМ-925(916)) здійснюється перевірка струмом 20-25 мА електричних ланцюгів піропатронів ПП9-РС та споряджених спарених піросвічок Н65-00-58 на відсутність обриву або короткого замикання електричних ланцюгів приладом ПП-1М. 9500-0 [9].

Прилад ПП-1М. 9500-0 розрахований на експлуатацію в діапазоні температур навколишнього середовища від -50 до $+50^{\circ}$ і відносній вологості до 95-98% при температурі $+40 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Крім того, приладом ПП-1М. 9500-0 передбачається вимір напруг від 0 до 5 і від 0 до 50В. Точність вимірювання напружень в нормальних умовах – не гірше $\pm 10\%$.

При здійсненні десантником стрибка з парашутом в межах від 5000 до 100 м, для вимірювання висоти використовується висотомір парашутний (ВП).

Висотомір парашутний – працює в інтервалі температур зовнішнього середовища від $+40$ до -40°C ;

– витримує перевантажувальний тиск, що відповідає висоті 10 км, протягом 5 хв, вібрацію в діапазоні частот від 20 до 80 Гц з перевантаженням 1,1 Гц і амплітудою зміщення не більше 0,5 мм протягом 20 годин, ударні навантаження з частотою від 40 до 100 ударів на хвилину;

- а) 100 ударів з перевантаженням – 6 g,
- б) 10000 ударів з перевантаженням – 4 g.
- розрахований на лінійні прискорення до 12 од. по осях x і y .

Для подачі електричної енергії на піроенергодатчики (ПДО-4) замків відчипу парашутної системи від бойової машини десанту – 1 (далі БМД-1) після приземлення (приводнення) використовується прилад УВС-1 який забезпечує видачу сигналу на спрацювання чотирьох піроенергодатчиків ПДО-4, розміщених в замках відчипу парашутної системи.

Прилад видачі сигналу стійкий до впливу:

- механічних ударів одиночної дії з піковим ударним прискорення 20 g за тривалості дії ударного прискорення до 0,2 с, загальна кількість ударів – не більше 5.
- температура навколишнього середовища -60° до $+60^{\circ}$ $^{\circ}\text{C}$;
- відносність вологості повітря до 98% при температурі $+35^{\circ}$ $^{\circ}\text{C}$;
- пониження атмосферного тиску 400 мм. рт. ст.
- опір ізоляції електричного струму не менше 20 Ом при нормальних кліматичних умовах.

В польових умовах при здійсненні тренувального десантування особового складу, озброєння, бойової техніки та вантажів для вимірювання наступних параметрів: миттєвої швидкості, напрямку вітру, відносної вологості, температури повітря, атмосферного тиску, метеорологічної дальності видимості використовується десантний метеорологічний комплект (далі ДМК) [8]. ДМК має такі діапазони вимірювання та технічні дані:

- миттєва швидкість вітру: 1,5-40 м / с;
- напрямок вітру: від 00 до 3600;
- відносна вологість повітря: від 30% до 100%;
- температура: від -55° до $+45^{\circ}$ $^{\circ}\text{C}$;
- атмосферний тиск 560–800 мм. рт. ст.;
- метеорологічна дальність видимості від 0,3 до 10 км.

На даний час прилади метрологічного забезпечення у повітрянодесантній службі за часом експлуатації значно застаріли, продовжування терміну їх експлуатації, ресурсу та терміну служби, відсутність ремонту та заміни складовими частинами значно впливають на стан приладів метрологічного забезпечення.

Також одним із суттєвих чинників, який впливає на стан метрологічного забезпечення повітрянодесантної служби на даний час є відсутність вітчизняного виробника, що виробляє визначені прилади. Наприклад, заводом-виробником таких приладів, як: УППА, УКПА, ПР-200, імітатор, ПП-1М, пульт контролю (далі ПК) на даний час є Вологодський АСК Російської Федерації.

Таким чином, зробивши аналіз стану приладів метрологічного забезпечення у повітрянодесантній службі, можна визначити перспективні напрямки розвитку метрологічного забезпечення у високомобільних десантних військах а саме підвищення технічних характеристик та заміна застарілих експлуатованих метрологічних приладів новітніми зразками вітчизняного виробника або країн Європейського союзу. Наприклад, висотомір «Varigo» німецького виробництва має легкий алюмінієвий корпус і достатньо великий циферблат, дозволяючи швидко визначити висоту, на якій чітко видно цифрові позначки [3].

Враховуючи те, що висотомір може функціонувати при температурному інтервалі від -40° до $+40^{\circ}$ $^{\circ}\text{C}$, допустимі невеликі похибки в його показах. Зокрема, під час зниження зі швидкістю 5 м/с запізнювання показів приладу не перевищує 1/10 долю секунди. Парашутний висотомір гарантує час безвідмовної експлуатації протягом 5 років. Шкала – 6 тис. метрів. Допустиме перевищення висоти – до 8 тис. метрів. Вага – 85 г.

Крім того можливо використовувати електронний цифровий комп'ютер і звуковий сигналізатор Altimaster Neptune – для вільного падіння компанії Altі-2. Прилад може використовуватися як звичайний висотомір з кріпленням на зап'ясті [4].

Основні параметри приладу:

цифровий графічний LCD-дисплей;

водонепроникність глибиною до 6 м;

вибір метрової або футовий системи;

зручна для користувача навігація;

робота до 10000 метрів над рівнем моря;

лог-бук, що дозволяє фіксувати:

загальну кількість стрибків;

детальну статистику щодо останніх 200 стрибків;

можливість запису параметрів стрибків на купольну акробатику;

можливість самостійного оновлення програмного забезпечення пристрою;

сканування параметрів 16 разів на секунду;

дисплей має можливість різного відображення інформації, якщо його використовувати як висотомір і можна кріпити як на ліву, так і на праву руку без переустановлення кріплення; електро-люмінесцентне підсвічування, що робить його придатним для нічних стрибків.

Для здійснення точного вимірювання швидкості та напрямку вітру, атмосферного тиску, температури повітря, відносної вологості та опадів замість ДМК колишнього виробництва СРСР можливо використовувати розширену систему (тактична система метеорологічних спостережень Vaisala MAWS201M).

Тактична система метеорологічних спостережень Vaisala MAWS201M – розгортається в польових умовах, компактна метеорологічна станція для різних польових операцій, вона портативна, з широким набором датчиків, встановлюється швидко і просто[5]. Крім того, це виріб (COTS), який включає в себе ефективну вбудовану самодіагностику (BIT). Також базову систему MAWS201M можливо підключити до системи зондування Vaisala MARWIN® для зчитування даних стану поверхні.

Механічні деталі виготовлені з легкого, але міцного анодованого алюмінію і зносостійкого пластику. Система живиться від електромережі або від вбудованої панелі сонячних батарей.

В таблиці 1 визначені характеристики метеорологічних приладів.

Таблиця 1

Характеристики метеорологічних приладів

№ з/п	Назва приладу	Максимальна швидкість повітря	Відносна вологість повітря	Температура повітря	Атмосферний тиск	Напрямок повітря
1	Десантний метеорологічний комплект	1,5–40 м/с	від 30% до 100%	- 55° до + 45°С	560–800 мм. рт. ст.	від 0° до 360°
2	Тактична система метеорологічних спостережень Vaisala MAWS201M	0,4...75 м/с (0.8 ...150 кт)	0 ... 100 % відносно вологості	-50 ... +60 °С (-58 ... 140 °F)	50 ... 1100 гПа чи 500 ... 1100 гПа	від 0о до 360о

Другим напрямком розвитку метеорологічного забезпечення у високомобільних десантних військ є проведення модернізації або заміни новітніми зразками основних частин приладів.

Наприклад, до складових частин приладу ППІ-1М входить мікроамперметр, який за своїм тривалим строком використання потребує заміни. Заміну мікроамперметра приладу ППІ-1М можливо здійснити, наприклад, мікроамперметром ЭА2232, що дає підвищення технічних характеристик використання приладу ППІ-1М.

ЭА2232 - мікроамперметр, призначений для вимірювання сили постійного струму в електричних ланцюгах стаціонарних і переносних пристроїв, що експлуатуються в закритих неопалюваних приміщеннях.

Мікроамперметр ЭА2232 – прилад магнітоелектричної системи з кріпленням рухомої частини на розтяжках. Робоче положення – горизонтальне або вертикальне.

Температура навколишнього повітря – від -50 до $+60$ °С. Відносна вологість повітря – 95% при температурі 35 °С. Маса – 0,25 кг. Габаритні розміри – $80 \times 80 \times 50$ мм.

Крім того, зі швидким розвитком науково-технічного прогресу на даний час постає питання щодо подальшого розвитку метрологічного забезпечення у повітрянодесантній службі.

Так, наприклад, в подальшому розвитку парашутно-реактивної системи (далі – ПРС) є розробка пристроїв при проведенні розробки безконтактної системи включення двигунів ПРС з автоматичним коректуванням висоти їх спрацьовування.

Для виконання автоматичного коректування висоти при десантуванні одиночного об'єкту можливо використовувати лазерний висотомір або лазерний далекомір замість щупів з тимчасового приладу ППК-УВ-5.

Лазерні далекоміри за принципом дії поділяються на імпульсні та фазові.

Імпульсний лазерний далекомір – це пристрій, що складається з імпульсного лазера і детектора випромінювання. Вимірюючи час, який витрачає промінь на шлях до відбивача і назад та знаючи значення швидкості світла, можна розрахувати відстань між лазером і об'єктом, що відображає (рис. 2).

Здатність електромагнітного випромінювання розповсюджуватись з постійною швидкістю дає можливість визначати відстань до об'єкта. Так, при імпульсному методі дальнометрування використовується таке співвідношення:

$$L = \frac{ct}{2n},$$

де L – відстань до об'єкту, c – швидкість світла в вакуумі, n – показник переломлення середовища, в якому розповсюджується випромінювання, t – час проходження імпульсу до цілі об'єкта і назад.

Розгляд цього співвідношення показує, що потенційна точність вимірювання дальності визначається точністю вимірювання часу проходження імпульсу енергії до об'єкта і назад. Зрозуміло, що чим коротший фронт імпульсу, тим краще.

Фазовий лазерний далекомір – це далекомір, принцип дії якого заснований на методі порівняння фаз відправленого і відбитого сигналів. Фазові далекоміри володіють вищою точністю вимірювання, порівняно з імпульсними далекомірами. Також фазові далекоміри дешевші у виробництві. Саме фазові далекоміри набули широкого поширення в побуті.

За складом і принципом дії імпульсні лазерні висотоміри істотно не відрізняються від імпульсних лазерних далекомірів контролю горизонтальних трас.

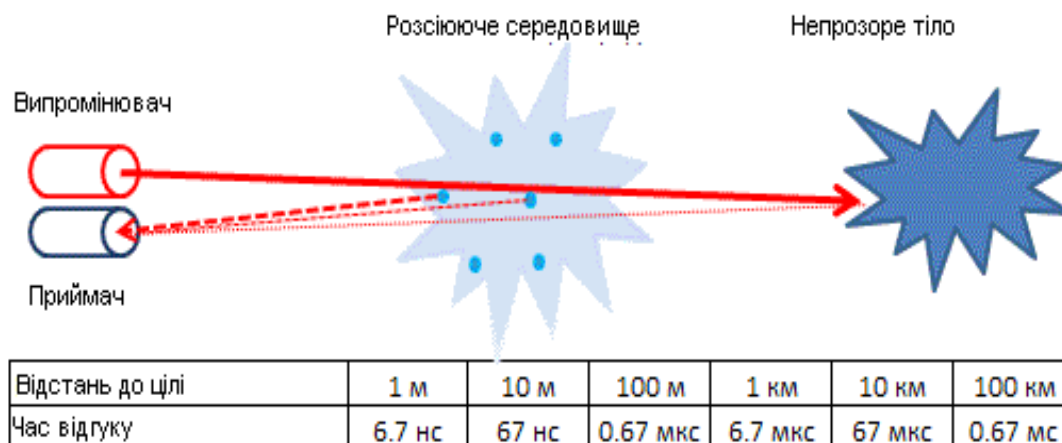


Рис. 2 – Імпульсний метод дальнометрування

Далекомірам властиві такі характеристики:

- швидкодія (тривалість процесу зондування) $< 0,025$ с;
- темп зондування < 1 с;

Вказані характеристики висотомірів дозволяють:

- вимірювати дальність і швидкість як відносний приріст дальності за одиницю часу;
- контролювати (у складі повітряних систем) навколишнє середовище;
- виявляти, ідентифікувати та координувати цілі;
- проводити картографування місцевості та геодезичні дослідження;
- довжина хвилі випромінювання – 800 – 930 м (небезпечна для зору), 1064 м (небезпечна для зору);

Робочі висоти – 120 – 800, 200 – 2500 м;

Точність вимірювання – 0,5-1 2 м;

Швидкість, км/год – 230-325;

Кутове поле зору, рад 0,3 0,5;

Галузь застосування – топографія та ін.

Висновки

Метрологічне забезпечення відіграє важливу роль в розвитку повітрянодесантної техніки.

Таким чином воно охоплює сплановане здійснення модернізації та розробки новітніх засобів десантування.

Подальший розвиток напрямків удосконалення метрологічного забезпечення дає можливість у підтриманні повітрянодесантної техніки в готовності до десантування бойової техніки, боєприпасів і матеріальних засобів та безпечного здійснення стрибків особового складу високомобільних десантних військ у різних погодних умовах.

Перспективи подальших досліджень

Перспективи подальших досліджень спрямовані на детальне вивчення напрямків розвитку метрологічного забезпечення повітрянодесантної техніки. Напрями розвитку необхідно спланувати відповідно до таких вимог:

- бути технологічно та простим в експлуатації;
- забезпечувати надійну працю по всьому діапазону вимог використання;
- мати доступну вартість.

Список використаних джерел

1. Кузнецов І.Б. Метрологічне забезпечення та його вплив на ефективність застосування озброєння і військової техніки в сучасних умовах пріоритети / І.Б. Кузнецов, О.В. Буяло, С.С. Пашков, П.А. Шкуліна // Вісник Київський національний університет Імені Тараса Шевченка ISSN 1728- 3817.
2. Технічний опис №054-71-3 пристрою ПР-200, 1981. – С. 94.
3. Висотомір Barigo [Електронний ресурс] / Каталог продукції німецької компанії DFRSGO Barometer fabrik GmbH. www.Industr.
4. Висотомір Alti-2 [Електронний ресурс]: Каталог продукції компанії Alti-2. Флорида. США. www.skydiva-store.ru> vysotomerys. Alti-2. Інструкція до цифровому висотоміру №3та Neptune 2 від Alti-2-Г8sport.ru\poleznoc.ru>2012.eguipment.
5. Прилади та обладнання метрологічної групи компанії Sketax Technologies [Електронний ресурс: Каталог продукції компанії Sketax Technologies. Sketax.all.biz.
6. Халилова І.В. Основи геодезії : навчальний посібник. – Челябінськ, 2009. – С. 143.
7. Технічний опис приладу видачі сигналу УВС-1. 1975. – С. 85.
8. Технічний опис десантного метрологічного комплекту – ДМК, 1964. – С. 98.
9. Технічний опис парашутно-реактивної системи ПРСМ-925 916 інструкція з експлуатації ІП162М-0000ИС, 1981. – С. 166.
10. Технічний опис приладу УППА, 1968. – С. 90.
11. Технічний опис приладу УКПА, 1968. – С. 92.

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

**АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОВЕДЕНИИ
ПОДГОТОВКИ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДЕСАНТИРОВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ
ВЫСОКОМОБИЛЬНЫХ ДЕСАНТНЫХ ВОЙСК**

Ю.И. Адамов, В.Б. Радимушкин, В.С. Минасов

В статье рассматривается анализ метрологического обеспечения и перспективные направления развития метрологического обеспечения в проведении подготовки и осуществления десантирования подразделений Высокомобильных десантных войск.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, воздушнодесантная техника, десантное обеспечение.

**AN ANALYSIS OF THE METROLOGY PROVIDING IS IN REALIZATION
OF PREPARATION AND REALIZATION OF LANDING OF SUBDIVISIONS OF HIGH-
MOBILE LANDINGS TROOPS**

U.I. Adamov, V.B. Radimychin, V.S. Minasov.

In the article the analysis of the metrology providing and perspective directions of development of the metrology providing are examined in realization of preparation and realization of landing of subdivisions of High-mobile landings troops.

Keywords: metrology providing, airborne technique, landing providing.

УДК 621.396.4

І.М. Милашенко¹,**Д.А. Бухал¹,****О.Ю. Коркін²**¹*Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна*²*Військова академія (м. Одеса), Україна*

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЗРІЛОСТІ ІТ-КОМПАНІЇ У СФЕРІ РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ)

У статті запропоновано методичний підхід до визначення технологічної зрілості ІТ-компанії у сфері розроблення автоматизованих систем управління військами (силами).

Ключові слова: *рівень технологічної зрілості, складові функціонування ІТ-компанії, автоматизовані системи управління військами (силами)*

Постановка проблеми

Останні десятиліття супроводжуються намаганням підвищити оперативність функціонування системи управління (СУ) військового призначення за рахунок впровадження автоматизації процесів підготовки та планування операцій (бойових дій).

Аналіз воєнних конфліктів свідчить, що такі характерні проблеми як неможливість швидкого опрацювання, аналізу та застосування розвідувальних даних, відсутність сучасних засобів (комплексів) автоматизованого управління військами (силами) АСУ в(с) призводить до зниження бойових можливостей наших військ, порівняно з противником.

Підвищення ефективності дій військ (сил) планується проводити у тому числі й за рахунок автоматизації процесів управління у ЗС України. Реалізація цього напрямку дозволить об'єднати в єдиний контур управління різновидові угруповання військ (сил) і забезпечити комплексність та єдність планування їх бойового застосування у зонах сумісної відповідальності. Наявна нормативно-правова база потребує від органів військового управління (ОВУ) організації та проведення тендерів щодо створення АСУ в(с).

Однак під час виконання тендерних процедур постало питання попереднього оцінювання можливостей компаній-розробників АСУ в(с) з метою не дати можливості компаніям-шахраям виграти тендер за рахунок надання демпінгових пропозицій.

Зазначене потребує проведення оцінювання можливостей компаній-розробників АСУ в(с), що в умовах ринкових відносин ЗС України та приватних компаній є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Аналіз останніх досягнень і публікацій свідчить, що на теперішній час зазначеному питанню приділяється достатня увага [1-7]. Наявний методологічний підхід до визначення технологічної зрілості ІТ-компанії заснований на інтуїтивному розумінні можливостей розробника до створення АСУ в(с) з необхідними показниками. Він є достатньо складним у формалізації через різницю у структурі ІТ-компаній та методах їх управління, кваліфікації персоналу, у розумінні автоматизації процесів управління тощо.

Інші підходи до визначення рівня технологічної зрілості ІТ-компанії, які описуються у відомих джерелах, суттєво відрізняються за призначенням, змістом і глибиною аналізу факторів, що потребує проведення їх порівняльного аналізу.

Загалом методичні підходи до визначення технологічної зрілості базуються на:

моделі визначення зрілості, яка розроблена західними консалтинговими компаніями Wipro, Real Story Group (попередня назва – CMS Watch), Smigiel Consulting Group та Harman Communicate [1];

тесті, розробленому фахівцями ІТ-компанії Hewlett-Packard [2];

моделі, яка розроблена консалтинговою компанією Infosys Technologies Limited у межах моделі трансформаційного розвитку ІТ-компанії [3];

тесті на визначення рівня технологічної зрілості ІТ-компанії Directum [4];

тесті на визначення рівня зрілості бізнес-процесів FineXpert.ru [5];

проекті діагностики бізнесу BIZDIAGNOSTICS [6].

Узагальнені результати порівняння наявних підходів до визначення технологічної зрілості ІТ-компанії наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Узагальнені результати порівняння наявних підходів до визначення технологічної зрілості ІТ-компанії

Методика порівняння	ECM3 (2.0)	HP	Infosys	Directum	FineXpert	Bizdi-Agnostics
Характеристика порівняння						
Кількість рівнів технологічної зрілості	5	5	5	3	5	-
Мета оцінювання	Готовність до впровадження нових технологій	Вимір технологічної зрілості	Вимір технологічної зрілості	Вимір технологічної зрілості	Зрілість стандартизації бізнес-процесів	Пошук напрямків підвищення ефективності управління
Кількість напрямків оцінювання	3	12	4	3	4	2
Охоплення факторів технологічної зрілості	4/9	3/9	5/9	4/9	5/9	6/9
Фактори, які не були враховані	Розмір ІТ-компанії, мета і стан діяльності, кваліфікація персоналу, доля ринку	Розмір ІТ-компанії, мета і стан діяльності, кваліфікація персоналу, доля ринку, період існування	Розмір ІТ-компанії, мета і стан діяльності, доля ринку	Розмір ІТ-компанії, мета і стан діяльності, кваліфікація персоналу, доля ринку	Розмір ІТ-компанії, мета і стан діяльності, доля ринку	Розмір ІТ-компанії, мета і стан діяльності
Метод оцінювання	Лінгвістичне структурування	Лінгвістичне структурування	Анкетування	Анкетування	Анкетування	Анкетування
Спрямованість показників оцінювання	Якісні показники	Якісні показники	Якісні показники	Якісні показники	Якісні показники	Кількісні та якісні показники
Кількість часткових показників оцінювання	13	12	219	41	21	64

У цілому за даними табл. 1 можна зробити висновок, що жодний з проаналізованих методичних підходів не охоплює весь спектр чинників, які впливають на рівень технологічної зрілості ІТ-компанії у сфері розроблення АСУ в(с).

Зазначене потребує розвитку методичного апарату визначення технологічної зрілості ІТ-компанії на етапі організації тендеру щодо створення АСУ в(с).

З огляду на це, **мета статті** полягає у створенні методичного підходу до визначення технологічної зрілості ІТ-компанії у сфері розроблення АСУ в(с).

Постановка задачі та її розв'язання

Для досягнення мети статті необхідно визначити складові функціонування ІТ-компанії, провести їх оцінювання та визначити відповідність отриманого результату рівню моделі СММ (Capability Maturity Model).

Виокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Практика створення АСУ в(с) свідчить про існування проблеми визначення технологічної зрілості ІТ-компанії на етапі організації тендеру.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Визначення рівня технологічної зрілості необхідно проводити на підставі вивчення технологічної, інформаційної, фінансової документації ІТ-компанії та проведення співбесід з персоналом.

Складність розв'язання поставленого завдання полягає в тому, що окремі її складові можуть бути оцінені виключно якісними показниками.

Оцінки параметрів ІТ-компанії повинні відповідати певній шкалі, яка дозволить встановити рівень її технологічної зрілості. Для розмежування рівнів технологічної зрілості може бути використано метод експертних оцінок, метод шкалювання 3σ і методи нечіткої логіки. Аналіз переваг і недоліків кожного з цих методів дозволяє стверджувати, що найбільш оптимальними є методи нечіткої логіки.

Порядок роботи узагальненої схеми методичного підходу до визначення рівня технологічної зрілості ІТ-компанії (рис. 1) свідчить про те, що визначення рівня технологічної зрілості проводиться поетапно. Спочатку досліджуються складові функціонування ІТ-компанії та оцінюються за відповідними показниками (етап 1 рис. 1). Для цього здійснюється перевірка юридичної чистоти ІТ-компанії, фінансових документів, опитування її працівників за допомогою спеціально розроблених анкет, перевірка продуктів виробництва тощо.

На другому етапі (рис. 1) визначення кожного параметру технологічної зрілості проводиться за допомогою розробленої експертами шкали оцінювання з подальшим розрахунком методами нечіткої логіки.

При цьому в загальному випадку функція належності множини складових функціонування ІТ-компанії задається аналітичним виразом

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c; \\ 0, & c \leq x, \end{cases}, \quad (1)$$

де a, b, c – деякі числові параметри, які приймають довільні дійсні значення та упорядковані співвідношенням $a \leq b \leq c$.

Рівень технологічної зрілості ІТ-компанії (K) визначається за допомогою аналітичного виразу

$$K = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (2)$$

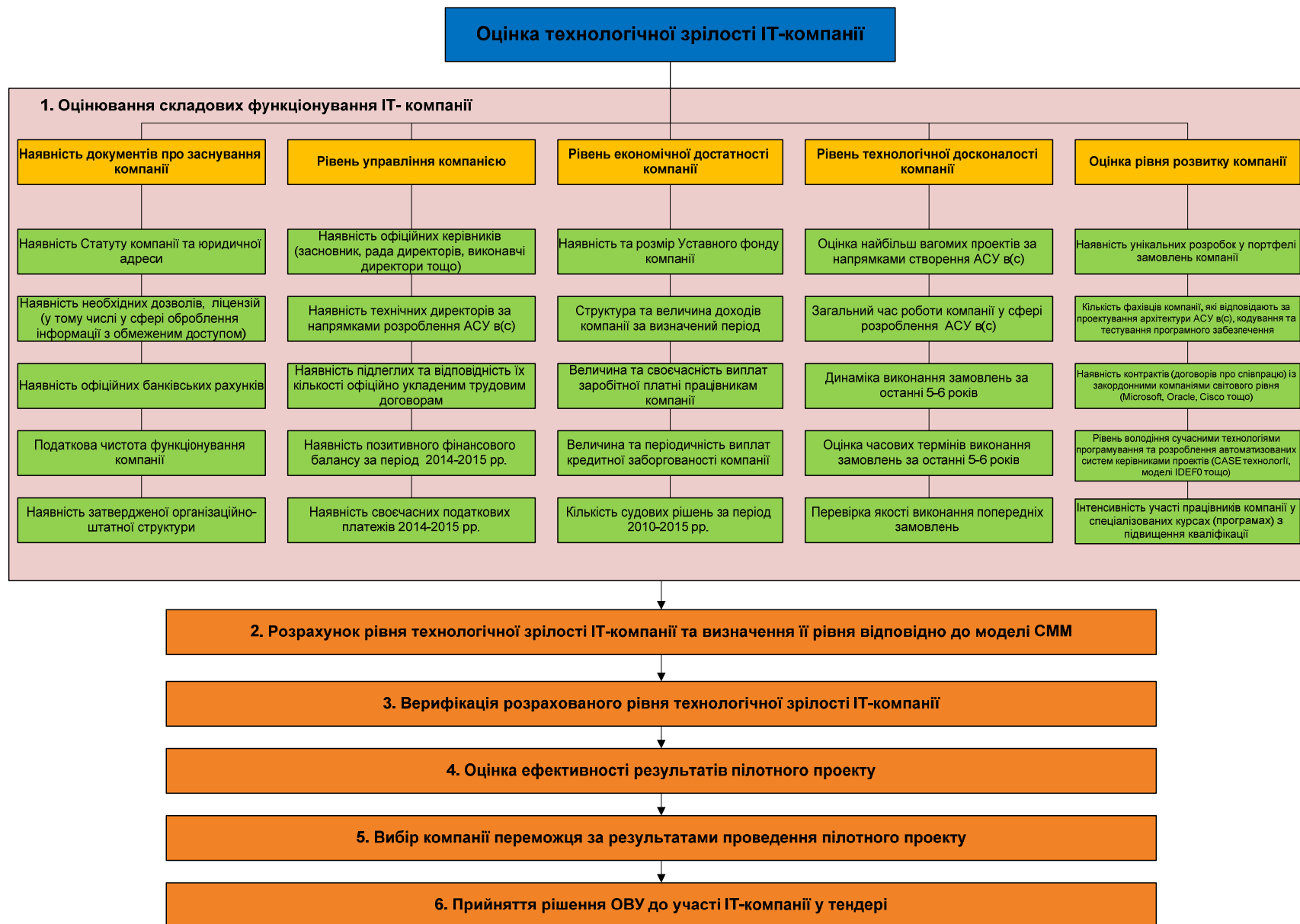


Рис. 1 – Структурна схема методичного підходу до визначення рівня технологічної зрілості ІТ-компанії

де K_i – кількісне значення i -го параметру зрілості за складовими функціонування ІТ-компанії.

Крім того, експертами проводиться визначення кількісних значень рівня технологічної зрілості ІТ-компанії відповідно до моделі CMM (рис. 2).

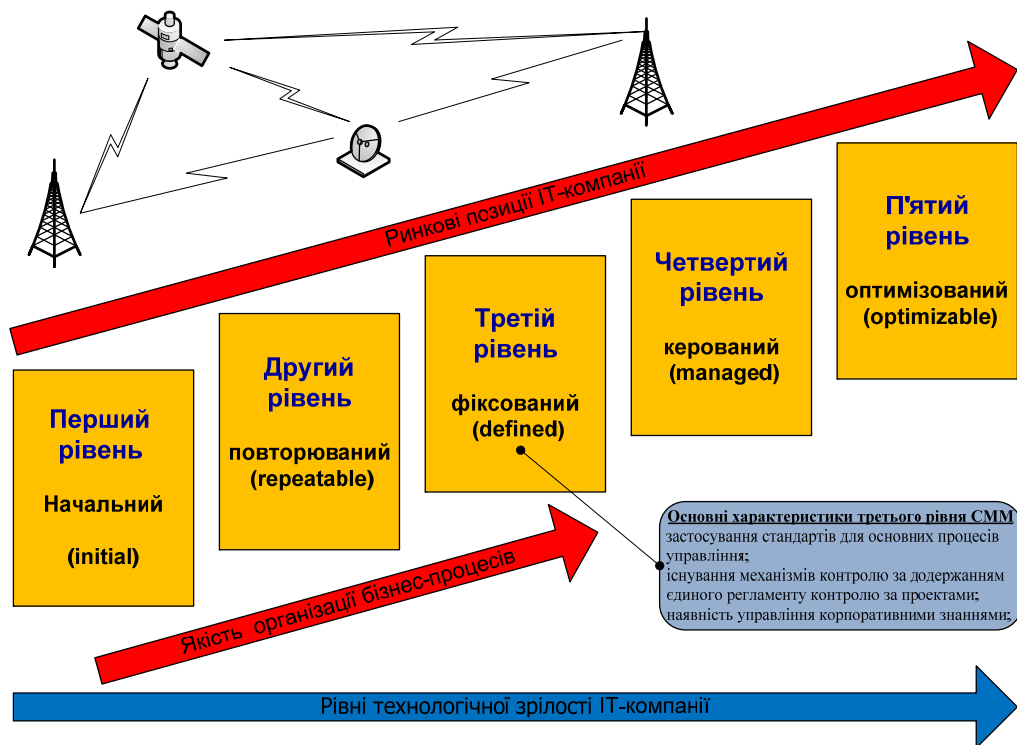


Рис. 2 – Структурна схема моделі Capability Maturity Model

З огляду на досвід вимог, які висуваються ОБУ до АСУ в(с), розрахований рівень технологічної зрілості ІТ-компанії повинен бути не менше третього.

Верифікація визначеного рівня технологічної зрілості ІТ-компанії проводиться шляхом виконання пілотного проекту в рамках створення АСУ в(с). Виконання цього проекту не повинно перевищувати 10-15% від загальної суми бюджету на створення АСУ в(с).

Висновки

Сформований у результаті досліджень методичний підхід дозволяє провести визначення технологічної зрілості ІТ-компанії у сфері розроблення АСУ в(с) з урахуванням всіх факторів, які на неї впливають.

Методичний підхід складається з послідовних взаємопов'язаних кроків, які дозволяють визначити та оцінити складові функціонування ІТ-компанії (етап 1), провести розрахунок рівня її технологічної зрілості та встановити її відповідність рівню моделі CMM (етап 2), прийняти рішення ОБУ щодо участі ІТ-компанії у тендері (етап 3-6).

Застосування підходу надасть змогу запобігти виграванню тендерів компаніями-шахраями за рахунок надання демпінгових пропозицій.

Перспективи подальших досліджень

Напрямок подальших досліджень вбачається у розробленні методики визначення технологічної зрілості ІТ-компанії у сфері розроблення АСУ в(с).

Список використаних джерел

1. *ECM Maturity Model (ECM3) Version 2.0* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://mike2.openmethodology.org/wiki/ECM_Maturity_Model_%28ecm3%29.
2. *What's your testing maturity level?* HP Enterprise Services [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://h30507.www3.hp.com/t5/Enterprise-Services-Blog/What-s-your-testing-maturity-level/ba-p/88735>.
3. *Jung Hans-Helmuth. Technology management control systems in technology-based enterprises: Diss. / Swiss Federal institute of technology Zurich. – Zurich, 2002. – 256p.: fig.*
4. Галимов М. Расчет технологической зрелости / М. Галимов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ecm-journal.ru/post/Raschet-modeli-zrelosti.aspx>.
5. *Уровень зрелости системы стандартизации бизнес-процессов компании. Тест* / [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.finexpert.ru/tests.php>.
6. *Методика проведения организационной диагностики BIZDIAGNOSTICS/* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.bizdiag.com/content/review_method/ru.
7. Загускин Н. Н. Сравнительная характеристика моделей зрелости управления процессами, проектами, знаниями организаций-участников ИСК по стадиям их трансформационного развития // *Успехи современного естествознания. – 2014. – № 1. – стр. 78-81.*

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

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗРЕЛОСТИ ИТ-КОМПАНИЙ В СФЕРЕ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ (СИЛАМИ)

И.М. Милашенко, Д.А. Бухал, А.Ю. Коркин

В статье предложен методический подход к определению технологической зрелости ИТ-компаний в сфере разработки автоматизированных систем управления войсками (силами).

Ключевые слова: *уровень технологической зрелости, составные части функционирования ИТ-компаний, автоматизированные системы управления войсками (силами).*

ESTIMATION TECHNICAL APPROACH TO MATURITY PROCESS ESTIMATION OF IT-COMPANY IN AUTOMATED CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT FIELD

I. Mylashenko, D. Bukhal, O. Korokin

In this paper it is proposed the technical approach to maturity process estimation of IT-company in automated control systems development field.

Keywords: *maturity process estimation level, functioning IT-companies elements, automated control systems.*

УДК 621.396.4

D. Bukhal¹,**O. Korkin²**¹*Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine*²*Military Academy (Odessa), Ukraine*

DEFINITION OF RECONNAISSANCE SIGNS OF TACTICAL RADIO COMMUNICATIONS SYSTEMS

Definition of reconnaissance signs of the system of radio communications offered in the article, their classification over and analytical correlations that allow to get the quantitative indexes of reconnaissance signs of inherent to practice of organization of connection at tactical level of command.

Keywords: *tactical radio communications, reconnaissance signs, reconnaissance security, radio-electronic reconnaissance.*

Statement of the problem

The last decades are accompanied by appearance of new soldiery threats, change of character of wars and soldiery conflicts. The analysis of the armed conflicts testifies that one of methods of participation of parties in the armed conflicts there is realization of powerful informative operations with application of classic and hybrid forms of conduct of battle actions.

Thus modern tendencies in relation to the conduct of the battle operating on the tactical level of command are characterized by the increase of fire possibilities of subdivisions and no interaction of their actions, wide use of high-fidelity weapon, maneuver actions, creation of only informative battle-field, integration of communication, navigation, reconnaissance, fire and radio-electronic defeat.

Providing of the effective functioning of Control System (CS) requires the presence of the proof functioning divorce of the protected Tactical Radio Communications Systems (TRCS) during all period of conduct of battle actions.

Analysis of soldiery conflicts of end of 20th start of 21st century testifies beginning that during realization of measures of the reconnaissance providing of battle actions wide distribution was got by Radio-Electronic Reconnaissance (RER). As evaluated by the American specialists 50-60 this reconnaissance information on a tactical level fold data that is obtained RER.

Thus determination of reconnaissance signs of the system of radio communications of tactical level is an actual scientific task.

Analysis of recent achievements and publications

Analysis of researches of this problem suggests that the solution to the problem of optimization the RCS structure is paid enough attention [1-6]. Mainly authors are concentrated on sublimity of noise immunity and imitation resistance of TRCS.

At the same time ignoring the questions of reconnaissance security gives possibility to the opponent, taking into account objective conformities to law of functioning of TRCS to inflict fire and radio-electronic shots on the elements of CS.

On the whole the question of reconnaissance security in literature is taken to realization of organizational measures among that the special attention is spared to maintenance of the mode of radio silence. But the study of algorithm of functioning of RER testifies that this mode is one of main reconnaissance signs of TRCS for an opponent.

Statement of the problem and its solution

As importance of providing of secrecy of functioning of CS is a near-term task, the aim of the article consists indetermination of ways of increase of reconnaissance security of TRCS.

Emphasizing of unsolved aspects of the problem, what the article are about

For today a task of increase of reconnaissance security of TRCS is not untied in full through objective conformities to law of distribution of radio waves in free space that provides possibility to the opponent of conduct RER, and also creation of radio interferences, input of erroneous information, radio-electronic and fire influence on the elements of CS.

The main material research and complete explanation of scientific results

On the whole reconnaissance security is determined as ability of communication network to resist to facilities of reconnaissance of opponent in relation to an unauthorized access to information, determination of operative belonging, location of elements and structure of military communication and automation and control system by troops network [7].

By basis for the receipt of reconnaissance information an opponent is a presence of reconnaissance signs of TRCS.

From the point of view of our troops reconnaissance signs that is obtained by RER can be divided into operatively-tactical and technical (Fig. 1).

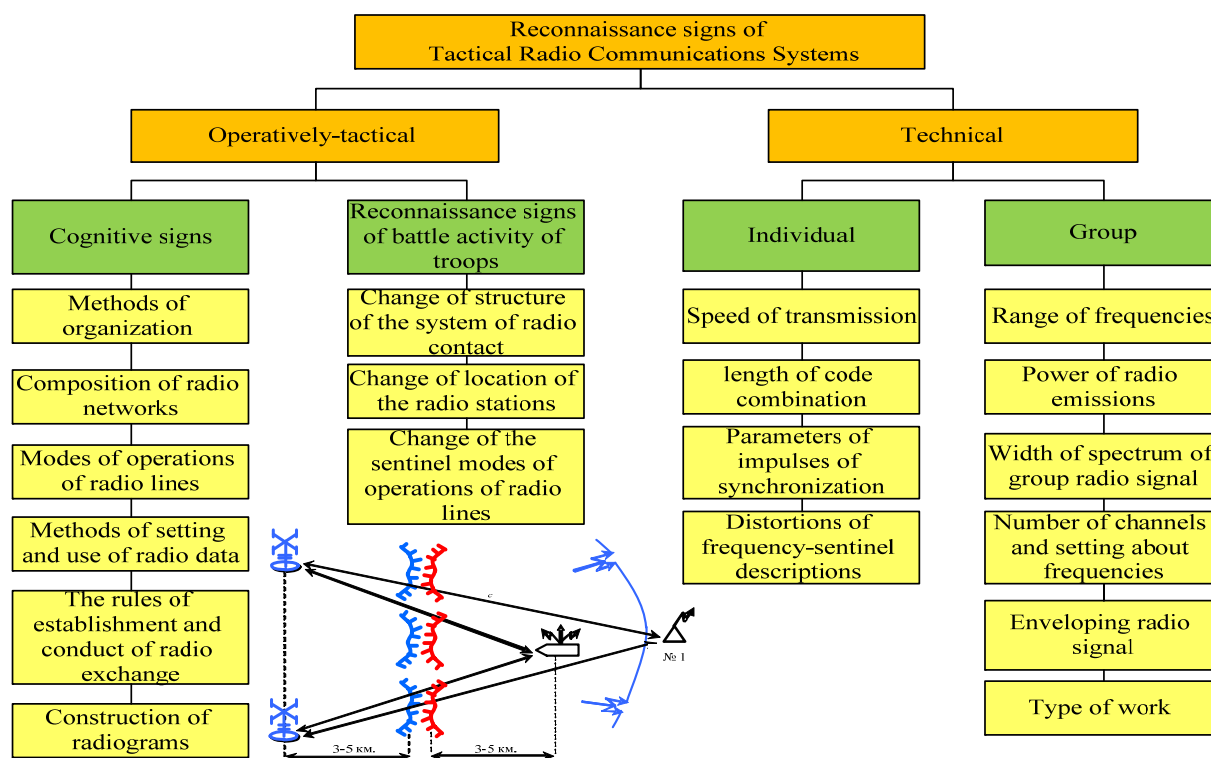


Fig. 1 – Classification of reconnaissance signs of Tactical Radio Communications Systems

Operatively-tactical reconnaissance signs are name signs, that allow to define belonging of facilities, communication lines to the arm service of the Armed Forces (AF), arm services, communication center (comcenter), headquarter and to the command level, to educe the tactical groupment of troops and intention of his command.

By the nature operatively-tactical reconnaissance signs can be divided into two groups: cognitive reconnaissance signs and reconnaissance signs of battle activity of troops.

Cognitive signs are name the group of descriptions which show up in-process facilities, complexes and TRCS, analysis and treatment of that allows to define their belonging to the arm of AF and command level. Cognitive signs show up in the methods of organization of radio networks, in composition radio networks, in modes of operations of radio lines, methods of setting and use of radio data, in the rules of establishment and conduct of radio exchange, construction of radiograms.

Difference of methods of organization of connection in the arm service of AF, composition of radio networks, intercommunication of their correspondents is the cognitive signs of tactical groupment of troops, and the site of the radio stations allows to define their belonging to the comcenter of Command Center (CC). It is conditioned by that every radio network has main and the inferior radio stations the number of that answers the amount of units of this groupment.

Informing reconnaissance information consist of methods of assignment and use of radio data. Most important headquarters, comcenters, and also some correspondents in radio lines work with the permanent call-sign.

In most cases variables must be appointed call-sign with variable duration of their use. At tactical command level they change one time per 3-4 days, and in operatively-tactical every twenty-four hours. Frequencies also change during worsening of quality of connection, but with maintenance of former call-sign. The intentional worsening of quality of connection allows to the opponent to educe the method of the use of frequencies, and the cognitive signs of the call-sign radio stations allow to the opponent determines their belonging to the arm of AF, command level and level of a headquarter.

The reconnaissance signs of battle activity of troops is a group of descriptions of work of facilities, complexes, lines and TRCS, analysis and treatment of that allow to the opponent to educe changes in the structure of CS, composition and placing of units, to define concrete actions and intentions of tactical groupment our troops in this battle situation.

The signs of battle activity of troops show up in the variable modes of operations of the radio stations, in moving of communication means, changes of amount of correspondents in radio networks and general amount of functioning radio lines. It is possible to take to them - change of structure of TRCS, in the location of the radio stations on locality, in the sentinel modes of operations of radio lines.

Important reconnaissance information about character of battle activity of troops of RER gets at determination to the concentration of the radio stations on the certain areas of locality of stripe of defensive of tactical group of our troops.

The especially informing reconnaissance sign of battle activity of troops is a change of intensity of work of radio lines. A change of intensity is a robot of radio lines especially characteristic in periods of preparation of battle actions of our troops that allows RER of opponent to draw conclusion about raising of new tasks to the troops.

Technical reconnaissance signs are name the group of quantitative descriptions of radiations of the radio stations, analysis and treatment of that allows to discover and to know the sources of reconnaissance.

Technical reconnaissance signs allow RER to define belonging of the radio stations to the arm service of AF, command level to the comcenter and CC. It gives possibility to educe CS and know her comcenters and radio lines after the change of call-sign or realization of measures in relation to providing of safety of connection, to set the fact of moving of comcenters or regrouping (to the march) of troops.

Technical signs can be divided into group and individual.

Those signs behave to the group reconnaissance signs, what characteristic for the concrete type of communication means. They are conditioned by the difference of tactical and technical requirements to the radio stations in accordance with their department belonging and having a special purpose setting.

To the group signs the range of frequencies, power of source of radio emissions, width of spectrum of group radio signal, number of channels and setting about frequencies, behave between them, to the enveloping radio signal, type of work etc.

An individual reconnaissance sign is name the group of quantitative and quality rejections of parameters of radiations within the limits of concrete type of the radio station.

To the individual technical reconnaissance signs it is possible to take speed of transmission, length of code combination, parameters of impulses of synchronization, systematic distortions of frequency-sentinel descriptions etc.

Individual reconnaissance signs are conditioned by the rejections of parameters of eventual and channeling equipment, arising up in the process of their exploitation, repair and off-grade service. A rejection of values of these parameters in this case is a reconnaissance sign, if it is observed during the protracted period of time. An analysis and treatment of individual technical reconnaissance signs allow to the opponent to conduct single copy recognition of communication, comcenters, CC means.

For the evaluation of security reconnaissance of TRCS it is possible to conduct the quantitative estimation of informing of reconnaissance signs with the use of method of weighed coefficients.

Such estimation of informing will allow to educe the most dangerous reconnaissance signs of TRCS during planning of communication network and accept measures in relation to their removal or to the decline of her informing by organizational measures.

The coefficient of informing of the 1st of reconnaissance sign is determined by next analytical expression (1):

$$K_1 = \frac{S - S_1}{S}, \quad (1)$$

where S – is an incurrence of objects of RER;

S_1 – the number of sources of RER that own the 1st reconnaissance sign.

Knowing informing of reconnaissance signs is possible to define the reference value of probability of recognition of sources of RER.

Probability of recognition at the 1st reconnaissance sign is determined by analytical correlation (2):

$$P_{on} = \frac{K_{1_i}}{\sum_{i=1}^n K_{1_i}}. \quad (2)$$

The exposure of probability of recognition after totality of reconnaissance signs is determined by means of analytical expression (3):

$$P_{on} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{1_i}}{\sum_{i=1}^v K_{1_i}}, \quad (3)$$

where m – is a common amount of reconnaissance signs;

v – is an amount of reconnaissance signs after that recognition is conducted.

In the conditions of action of radio-electronic reconnaissance of opponent the method of functioning of the radio stations appeared the most effective method of increase of security reconnaissance on the diminished powers. It is marked substantially reduces possibilities of opponent from the exposure of fact of informative exchange, maintenance of reports, site of the radio stations and their belonging to the elements of CS.

However, during reduction of powers of the radio stations arose up and constantly contradiction becomes sharp between providing of necessary level of security reconnaissance and connectedness of TRCS.

Therefore for today problem of maintenance of connectedness of TRCS with the simultaneous providing of necessary level its security reconnaissance needs further study.

Conclusions

As a result of undertaken studies the reconnaissance signs of TRCS are considered, their determination is given and their classification is conducted. The brought analytical correlations over that allow to get the quantitative indexes of reconnaissance signs, that inherent to practice organizations of connection are at tactical level of command.

Prospects for further research

Direction of further researches is seen in development of methodology of determination of necessary level of connectedness of TRCS taking into account application of facilities of radio-electronic warfare an opponent.

References

1. Борисов В. И. Помехозащищенность систем радиосвязи. Вероятностно-временной подход. Изд. 2-е, исправленное / В.И. Борисов, В.М. Зинчук. - М.: Радиософт, 2008. - 260 с.
2. Шлаев Д. В. Разведзащищенность функционирования пакетной радиосети УКВ диапазона [Текст] / Д. В. Шлаев, П. А. Будко, Н. П. Будко // Инфокоммуникационные технологии. - 2008. - № 1. - С. 107-109 с.
3. Радзиевский В. Г. Теоретические основы радиоэлектронной разведки [Текст] / В. Г. Радзиевский, А. А. Сирота. - М.: Радиотехника, 2004. - 432 с.
4. Куприянов А.И. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте [Текст] / А.И. Куприянов, А.И. Сахаров. - М.: Вузовская книга, 2003. - 528 с.
5. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии / А. А. Агафонов и др., под ред. В.Г. Радзиевского. - М.: Радиотехника, 2006. - 424 с.
6. Ошеревич, Л.Г. Радиорелейная и тропосферная связь [Текст] / Л.Г. Ошеревич, В.В. Куликов, Е.А. Волков. - Л.: ВАС, 1972. - 471 с.
7. Військовий стандарт 01.112.001. Військовий зв'язок. Терміни та визначення. - 2006.

Рецензент: В.В. Бачинський, к.т.н, с.н.с., Військова академія (м. Одеса)

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ОЗНАК СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ

Д.А. Бухал, О.Ю. Коркін

У статті запропоновано визначення розвідувальних ознак системи радіозв'язку, наведена їхня класифікація та аналітичні співвідношення, які дозволяють отримати кількісні показники розвідувальних ознак, притаманних практиці організації зв'язку на тактичному рівні управління.

Ключові слова: система радіозв'язку тактичного рівня, розвідувальні ознаки, розвідзахищеність, радіоелектронна розвідка.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ ТАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Д.А. Бухал, А.Ю. Коркин

В статье предложено определение разведывательных признаков системы радиосвязи, приведена их классификация и аналитические соотношения, позволяющие получить количественные показатели присущие практике организации связи на тактическом уровне управления.

Ключевые слова: система связи тактического уровня, разведывательные признаки, разведзащищенность, радиоэлектронная разведка.

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ І СТАНОВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРОФЕСІОНАЛА

УДК 004.732

І.В. Симоненкова**В.М. Симоненков****М.О. Кобзар***Військова академія (м. Одеса), Україна*

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ЯК ОСНОВИ ПОБУДОВИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ВИЩИХ ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Запропоновано шляхи побудови перспективної інформаційної інфраструктури ВВНЗ з використанням технологій віртуалізації та хмарних рішень.

Ключові слова: віртуалізація, хмарні обчислення, інформаційна інфраструктура.

Постановка проблеми

Популяризація інформаційних технологій, безумовно, почалася з концепції персональних комп'ютерів. Ускладнення програмних додатків, розмаїття й розвиток технологій передачі даних призвели до формування проблеми доставки додатків до кінцевого користувача.

Проблеми доставки додатків як такої не існувало, оскільки споконвічно персональний комп'ютер мав лише один спосіб їх розміщення – локально. Вона з'явилася з виникненням клієнт-серверної архітектури, яка передбачала розподіл завдань між постачальниками послуг (серверами) і кінцевими споживачами (клієнтами) шляхом створення відповідної інформаційної інфраструктури.

Залежно від обчислювальної потужності серверів, пропускної здатності каналів зв'язку і можливостей кінцевих засобів (кінцевих споживачів) використовувалися різні варіанти технологій дистанційного доступу, більш придатні для вирішення конкретних прикладних завдань. У цілому, централізована модель обчислень, що реалізована із застосуванням технологій дистанційного доступу, залишалася досить незмінною протягом довгого часу – до початку 2000-х років.

Згодом широке розповсюдження одержали багатоядерні обчислювальні засоби обробки даних, з'явилися технології віртуалізації та доступні високошвидкісні канали зв'язку. Новітні технології дистанційного доступу сьогодні консоліднуються в новий напрямок побудови ефективної інформаційної інфраструктури – «хмарні обчислення» (cloud computing).

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Проблема побудови перспективних інформаційних інфраструктур вищих навчальних закладів з використанням технологій віртуалізації є новою та ретельно вивчається. Аналіз ключових елементів побудови таких систем із застосуванням сучасних інформаційних технологій дозволяє розробити раціональні підходи щодо створення та впровадження новітніх рішень на основі віртуалізації персональних комп'ютерів, апаратних клієнтів і спеціальних протоколів взаємодії з кінцевими користувачами.

Постановка завдання

Метою статті є дослідження способів побудови перспективної інформаційної інфраструктури ВВНЗ з використанням новітніх технологій віртуалізації та хмарних обчислень.

Викладення основного матеріалу дослідження

За останні 30 років технології доставки програмних додатків пройшли шлях від домінуючого засобу роботи кінцевого користувача з великими ЕОМ у середині 80-х років, до майже повного забуття наприкінці 80-х та початку 90-х – епоху розквіту персональних комп'ютерів, і знову успішно відродилися в новому тисячоріччі, завдяки інтранет-технологіям.

На жаль, сучасні варіанти реалізації інформаційних інфраструктур базуються на рішеннях, які набули популярності на початку та в середині минулого десятиліття.

Безліч програмних продуктів і рішень доставки програмних додатків до кінцевого користувача, залежно від підходу до рішення, можна поділити на:

- термінальний доступ;
- використання веб-додатків;
- застосування віртуалізації.

Розглянемо особливості кожного зі способів, а також сценарії їх використання.

Термінальний доступ є «найстарішим». Доки комп'ютери стали персональними, архітектура будь-якого додатку передбачала наявність мейнфрейма (високопродуктивного комп'ютера зі значним обсягом оперативної та зовнішньої пам'яті) і керованих ним пристроїв-терміналів. Схема термінального доступу виглядає так: всі обчислювальні завдання виконуються на потужному віддаленому комп'ютері (термінальному сервері), що надає обчислювальні ресурси для вирішення завдань, а користувач взаємодіє з ним за допомогою віддаленої консолі (терміналу).

Інформаційна архітектура, що передбачає розподіл завдань між постачальниками послуг (сервером) і кінцевими споживачами (клієнтами), називається клієнт-серверною.

Переваги клієнт-серверної архітектури (термінального доступу):

зменшення витрат на утримання серверів – реалізація цієї переваги залежить від використовуваної апаратно-програмної конфігурації, але, в загальному випадку, можна зазначити, що оскільки фактично дані зберігаються й обробляються на сервері, то, відповідно, зменшуються як обсяги переданих даних, так і вартість дискових підсистем і каналів зв'язку;

зменшення витрат на утримання робочих станцій – досягається за рахунок можливості використання застарілих на сьогодні комп'ютерів як терміналів або придбання спеціалізованих термінальних пристроїв (клієнтів), тобто вартість супроводження буде меншою за вартість супроводження окремих сучасних персональних комп'ютерів, при цьому установка й розгортання терміналів вимагає меншої кількості часу;

зменшення витрат на програмне забезпечення – досягається за рахунок спрощення супроводження програмного забезпечення і можливостей ліцензування;

забезпечення високого рівня безпеки даних – під час термінального доступу дані не виходять за межі сервера.

Крім того, забезпечується простота рішень масштабування інформаційної інфраструктури за рахунок паралельного використання декількох серверів для балансування навантаження під час роботи з даними й додатками.

Основним недоліком рішень термінального доступу є пікові навантаження сервера, що сповільнюють роботу всіх терміналів (користувачів) без винятку.

У свою чергу функціонування веб-додатків нагадує термінальний доступ. Веб-додаток – це клієнт-серверний програмний додаток, призначений для виконання на веб-серверах. Сервером

додатка у такому разі є віддалений веб-сервер, а клієнтом – браузер на будь-якому обладнанні кінцевого користувача.

Отже, веб-додаток складається з клієнтської та серверної частин. З боку клієнта реалізований користувацький інтерфейс, формуються й передаються запити й обробляється результат. З боку сервера здійснюється зберігання й обробка інформації та формування веб-сторінки.

Переваги використання веб-додатків:

виконання веб-додатку не залежить від пристрою кінцевого користувача (клієнта), операційної системи і його програмного забезпечення, до того ж обов'язковими є лише наявність браузера та підключення до локальної (глобальної) мережі;

забезпечення високої мобільності кінцевих користувачів – розвиток Інтернету, мобільного зв'язку та бездротових технологій у сукупності з різноманіттям відповідних пристроїв дозволяє не лише завжди бути «на зв'язку», але й забезпечує можливість роботи за відсутності фіксованого робочого місця;

мінімальні вимоги до ресурсів – більшість обчислень виконується на сервері, отже необхідний мінімум апаратного й програмного забезпечення обумовлюється лише вимогами браузера (операційної системи);

апаратна архітектура веб-додатку та його логіка приховані від кінцевого користувача – питання адміністрування і супроводження додатків розв'язуються постачальником (адміністратором).

Варто зазначити основні недоліки веб-додатків:

високі вимоги до доступності та якості зв'язку (пропускної здатності каналів зв'язку), особливо у разі бездротового або мобільного доступу;

наявні обмеження можливостей браузерів, наприклад, спеціалізовані додатки для побудови 3D моделей;

досить низький рівень безпеки.

В основі технології віртуалізації лежить відокремлення уявлення від реалізації. У загальному випадку віртуалізація – це надання набору обчислювальних ресурсів у вигляді логічного об'єднання, яке має низку переваг, порівняно з фактичною апаратною конфігурацією. Іншими словами, користувач має справу з «віртуальним рішенням», у той час, як реальна архітектура прихована від нього або може мати зовсім відмінну від уявлення структуру.

Вперше технологія віртуалізації була застосована компанією IBM у 60-х роках минулого століття. При цьому віртуалізація використовувалася для програмного (логічного) розподілу ресурсів великих ЕОМ на декількох користувачів. Більш наукове визначення віртуалізації – це ізоляція обчислювальних процесів і ресурсів один від одного.

Поява x86 технологій, які забезпечили широке розповсюдження персональних комп'ютерів, призупинили розвиток віртуалізації, оскільки ця архітектура ніколи не була призначена для неї. Одною з причин неможливості використання віртуалізації на x86 комп'ютерах були особливості використання апаратного обладнання, пізніше ця проблема була вирішена за допомогою емуляції пристроїв комп'ютера. Наступне значне зростання продуктивності персональних комп'ютерів дозволило повернутися до «старих» розробок.

Використання віртуалізації на x86 платформах почалося з кінця 90-х шляхом віртуалізації робочих станцій. Оскільки зростала кількість клієнтських операційних систем і програмних продуктів (додатків), виникла необхідність у підтримці на одному робочому місці декількох версій програмної архітектури, так званих «віртуальних машин». При цьому під «віртуальною машиною» розуміється програмна (програмно-апаратна) емуляція апаратного забезпечення певної платформи.

Віртуалізація серверної інфраструктури стала застосовуватися дещо пізніше й, у свою чергу, була пов'язана з вирішенням завдань консолідації обчислювальних ресурсів.

Формування попиту на рішення віртуалізації для корпоративних систем прийшлося на середину 2000-х, коли акцент змістився з вирішення виконання віртуальних машин на вирішення проблем управління віртуальною інфраструктурою. Багато в чому це стало можливим завдяки зростанню обчислювальних потужностей в умовах постійного відставання зростання навантаження програмних додатків, за якого типове навантаження сервера, як правило, складає не більше 8-10% потужності сервера. Таким чином, відбулася зміна парадигми – один сервер більше не означав «один додаток»: прийшла ідея множини додатків на одному фізичному сервері, який функціонує у режимі симетричного мультипроцесінга.

Наведемо основні сценарії використання рішень віртуалізації:

- консолідація серверів для зниження загальної вартості володіння обладнанням (підвищення продуктивності);

- розробка, налагодження та тестування програмного забезпечення, а також підтримка успадкованих додатків;

- моделювання реальних інформаційних середовищ з дослідницькою метою та побудова віртуальних інформаційних інфраструктур.

Загалом під «віртуалізацією», на сьогодні, розуміють перетворення апаратного забезпечення в програмне – декілька віртуальних машин використовують спільні апаратні ресурси. Такий підхід до віртуалізації полягає в установленні програмного шару в операційну систему (апаратне забезпечення) комп'ютера, який використовується для розподілу апаратних ресурсів і створення віртуальних машин.

Віртуальні машини, у свою чергу, – це частина більш масштабного рішення – віртуальної інфраструктури, що являє собою динамічний розподіл фізичних ресурсів, залежно від потреб кінцевих користувачів: віртуальна машина використовує ресурси конкретного комп'ютера, на якому вона функціонує, а віртуальна інформаційна інфраструктура використовує усі фізичні ресурси інформаційної інфраструктури.

До основних переваг технології віртуалізації належать:

- віртуальна машина працює під управлінням гостьової операційної системи й містить усі стандартні компоненти комп'ютера, отже вона повністю сумісна зі стандартними операційними системами й програмним забезпеченням;

- у межах конкретної віртуальної машини можна працювати із застарілим програмним забезпеченням та операційними системами;

- можливе створення захищеного середовища для роботи із зовнішньою (глобальною) мережею, тобто вірусні атаки не можуть завдати шкоди віртуальній машині в цілому;

- кілька віртуальних машин, які розгорнуто на фізичних ресурсах одного комп'ютера (сервера), повністю ізольовані одна від одної – збій однієї з віртуальних машин не вплине на доступність і працездатність сервісів і додатків інших;

- будь-яка віртуальна машина є програмним контейнером, тобто вона може бути збережена, скопійована й перенесена, як і будь-який файл;

- віртуальна машина не залежить від апаратного забезпечення, на якому вона функціонує – за параметри віртуальної машини (оперативну пам'ять, процесор та ін.) можна використовувати значення й типи, які відрізняються від реальної фізичної конфігурації комп'ютера (сервера);

- віртуальна машина може оперувати з пристроями, які фізично відсутні в системі – емуляція обладнання;

- інформаційна інфраструктура на базі віртуальних машин ідеально підходить для організації навчального процесу, а також систем дистанційного навчання та тестування.

Основні переваги використання технології віртуалізації робочих місць наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння варіантів розгортання віддалених робочих місць

Характеристика	Локальна мережа з централізованим управлінням	Термінальний доступ (веб-додатки)	Віртуалізація робочих місць
Централізоване управління	є	є	є
Швидкість розгортання	низька	середня	висока
Рівень енергоспоживання	високий	середній	низький
Рівень шуму	високий	середній	низький
Вартість володіння обладнання	висока	середня	низька
Ризики від дій інших користувачів	середні	високі	низькі

Вищезазначені способи доставки додатків кінцевим користувачам не є вичерпними, більше того, уже сьогодні сформувалася тенденція до створення об'єднаних рішень, передусім, на стику веб-технологій і віртуалізації – «хмарні обчислення» (cloud computing).

Інакше кажучи, концепція хмарної обробки даних є результатом еволюції низки технологій, але, перш за все, – віртуалізації. Більше того, хмарні технології розширюють можливості віртуалізації, приховуючи реальну й створюючи віртуальну інфраструктуру. Користувач працює з «образом» і «емуляцією» на всіх рівнях взаємодії з інформаційною інфраструктурою. Варто зазначити, що найбільш перспективним напрямком хмарних технологій є технологія «приватної хмари» (private cloud).

Приватна хмара – це реалізація моделі хмарних обчислень на базі інформаційних ресурсів конкретної організації. Приватна хмара орієнтована на надання послуг внутрішнім користувачам. Наприклад, під час побудови інформаційної інфраструктури ВВНЗ – це, насамперед, викладацький склад і курсанти (студенти), а також співробітники управління (служб, відділів, відділень).

Приватна хмара, як і публічна, має низку важливих переваг: скорочення витрат, гнучкість, масштабованість, доступність інформації та ін., але позбавлена більшості її недоліків, передусім, уразливостей безпеки.

Основні вимоги до перспективної інформаційної інфраструктури ВВНЗ полягають у забезпеченні надійності, продуктивності й ефективності. Головну перевагу використання технології приватної хмари у ВВНЗ можна охарактеризувати одним словосполученням: «гнучкість, надійність і безпека». До того ж, перетворення традиційних локальних мереж і центрів обробки даних у приватну хмару дозволить кінцевим користувачам працювати на віддалених робочих місцях в «єдиному захищеному інформаційному просторі».

Проведений аналіз показує, що найефективнішим способом віртуалізації віддалених робочих місць є використання технології «тонкого клієнту» з протоколом PCoIP (персональний комп'ютер з протоколом IP), тобто так званого «нульового клієнта». У загальному випадку, нульовий клієнт – це пристрій з вбудованим, розробленим компанією Teradici, апаратним процесором PCoIP для доставки на кінцеве обладнання віддаленого робочого стола. За допомогою IP-мережі нульовий клієнт з'єднує клавіатуру, мишу, дисплей, аудіосистему та USB-периферію тощо з віртуальною машиною, що працює на сервері. Він не має власного процесора та оперативної пам'яті, а також операційної системи, драйверів та іншого програмного забезпечення.

Використання нульових клієнтів як кінцевих пристроїв віддалених робочих столів забезпечує більш високу продуктивність, порівняно не лише з використанням персональних комп'ютерів, але і звичайних тонких клієнтів. Переваги використання нульових клієнтів наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

**Основні характеристики віртуалізації віддалених робочих місць
на основі тонких і нульових клієнтів**

Характеристика	Тонкий клієнт	Нульовий клієнт
Швидкість розгортання	середня	висока
Вбудована операційна система	є	немає
Наявність змінних комплектуючих	є	немає
Рівень шуму	середній	відсутній
Живлення через мережу (PoE)	немає	є
Споживання електроенергії	65 Вт/год	6 Вт/год

Отже, основними перевагами використання нульових клієнтів є:
мінімальна кількість обладнання на робочому місці користувача;
мінімальне енергоспоживання й тепловиділення;
простота налаштування, управління й використання;
висока безпека, надійність і продуктивність у графічних додатках;
порівняно низька вартість.

Варто зазначити, що рішення з використанням нульових клієнтів не позбавлене і недоліків: підвищені вимоги до пропускну здатності мережі й продуктивності сервера та, зазвичай, вузька спеціалізація. Однак там, де є безліч клієнтських робочих місць, зокрема у ВВНЗ, нульовий клієнт є ідеальним клієнтом для доступу до хмарних інформаційних інфраструктур.

З метою поетапного впровадження нових підходів і технологій, а також економії матеріальних засобів і зниження вартості володіння інформаційною інфраструктурою в цілому, можливе використання як «клієнтів» старого комп'ютерного парку ВВНЗ.

Отже побудова віртуальної інформаційної інфраструктури ВВНЗ, крім явних технологічних переваг, надає низку винятково економічних переваг:

зменшення витрат під час закупівлі або модернізації обчислювального обладнання;
зменшення витрат на обслуговування технічних засобів;
можливість швидко і легко масштабувати та нарощувати інформаційні (обчислювальні) потужності у разі необхідності.

Розгортання системи віддалених робочих місць із використанням методів віртуалізації дозволяє сучасним інформаційним технологіям стати основою життєдіяльності ВВНЗ, яка забезпечить конкурентні переваги й ефективне управління в подальшому.

На основі перспективної інформаційної архітектури ВВНЗ із використанням технологій віртуалізації можливий розвиток нових, раніше не доступних інформаційних сервісів. Наприклад, створення «Особистого кабінету курсанта (студента)», який містить усю потрібну інформацію для організації й контролю навчального процесу: особисті дані, розклад занять, навчальні плани, успішність, фінансові питання тощо (рис. 1).

При цьому, відповідний користувач (курсант, студент, викладач або співробітник ВВНЗ) має можливість «працювати» на «особистому (уніфікованому) віртуальному комп'ютері» в будь-якому місці, де є доступ до «клієнта» віртуальної інформаційної інфраструктури ВВНЗ.

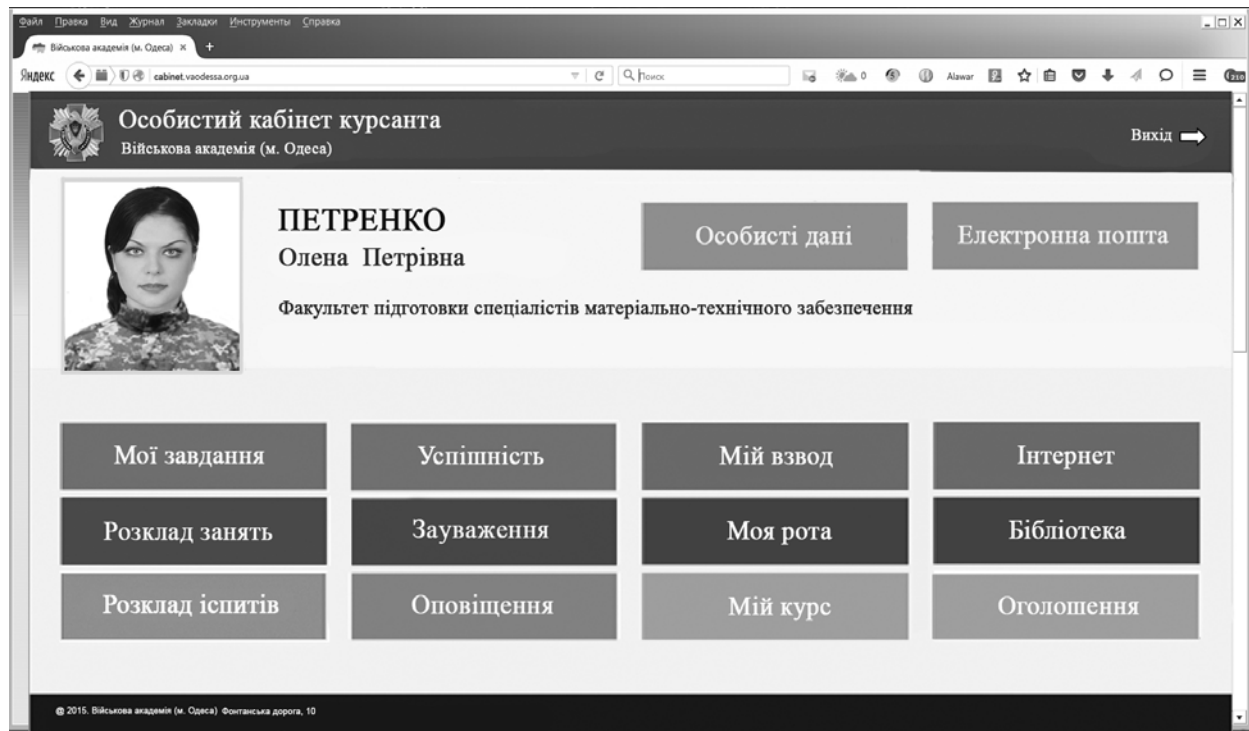


Рис. 1 – Приклад «Особистого кабінету курсанта (студента)»

Слід зазначити, що найбільш доцільним, на наш погляд, є поетапний порядок впровадження віртуальної інформаційної інфраструктури ВВНЗ: обчислювальний (інформаційно-обчислювальний) центр, комп'ютерні класи кафедр і бібліотека, робочі місця співробітників управління, служб, відділів і відділень ВВНЗ. До того ж, під час впровадження віртуалізації віддалених робочих місць вважаємо раціональним застосування таких стратегій:

один образ – одна аудиторія;

один образ – усі аудиторії;

декілька образів (2-5) – для співробітників управління, служб, відділів і відділень ВВНЗ.

Висновки

Фахівці провідних країн світу у сфері інформаційних технологій розглядають технології віртуалізації як ефективний спосіб, що дозволяє виробити раціональні підходи до впровадження новітніх захищених інформаційних систем і рішень, а саме побудови перспективних інформаційних інфраструктур будь-яких організацій, у тому числі в галузі освіти. Вони дозволяють поетапно впроваджувати перспективні інформаційні технології у навчальний процес, забезпечуючи при цьому потрібний рівень захищеності інформації й оптимально використовуючи фізичні ресурси інформаційної інфраструктури ВВНЗ.

Проведений аналіз умов використання концепції «хмарних обчислень» показує, що сьогодні є реальна можливість створення ефективної віртуальної інформаційної інфраструктури ВВНЗ. Вирішення цього завдання передбачається у переході до «єдиного захищеного інформаційного простору» ВВНЗ шляхом інтеграції основних інформаційних (навчальних) процесів на базі технологій приватної хмари й нульових клієнтів.

Перспективи подальших досліджень

Технології віртуалізації є потужним інструментом модернізації інформаційної (комп'ютерної) підтримки системи освіти. Розглядаючи питання оптимізації системи освіти, можна дійти до висновку, що практично будь-який елемент навчального процесу ВВНЗ може бути змінений у кращий бік: від змін у системі оцінювання до кардинальних перетворень у самій методиці викладання.

На сьогодні новітні інформаційні, насамперед, хмарні технології можуть надати ВВНЗ такі технічні рішення для покращення навчального процесу:

- створення онлайн-порталів для курсантів (студентів) і викладачів, що включають у себе електронні бібліотеки й бази методичних матеріалів;
- використання систем відеоконференцій і електронного документообігу;
- впровадження єдиної прозорої комп'ютеризованої системи оцінювання знань;
- організація дистанційного навчання і тестування.

Список використаних джерел

1. Крюков В.В. Электронный кампус как проект программы стратегического развития университета / В.В. Крюков, К.И. Шахгельдян // Материалы XX Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2013». – СПб, 2013. – С. 36-38.
2. *Running Xen: A Hands-On Guide to the Art of Virtualization* / Jeanna N. Matthews, Eli M. Dow, Todd Deshane, Wenjin Hu, Jeremy Bongio, Patrick F. Wilbur, and Brendan Johnson // Prentice Hall, 2008. – 586 P.
3. *An Introduction to Virtualization* – [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://tr.opensuse.org/An_Introduction_to_Virtualization.
4. Устинов В.А. Облачные вычисления – [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_вычисления.
5. PCoIP technology [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.teradici.com/pcoip-technology.php>.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ КАК ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВВНЗ

В.Н. Симоненков, И.В. Симоненкова, М.А. Кобзарь

Предложены пути построения перспективной информационной инфраструктуры ВВНЗ с использованием технологий виртуализации и облачных решений.

Ключевые слова: виртуализация, облачные вычисления, информационная инфраструктура.

THE BASES OF CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF PERSPECTIVE INFORMATION INFRASTRUCTURE AT HIGH MILITARY EDUCATIONAL INSTITUTION USING TECHNOLOGIES OF VIRTUALIZATION

V.N. Symonenkov, I.V. Symonenkova, M.A. Kobzar

Ways of creation of perspective information infrastructure at high military educational institution with use of Cloud Computing and technologies of virtualization are offered.

Keywords: virtualization, cloud computing, information infrastructure.

УДК 378. 385

В.В. Чепкій¹, к.т.н., доц.**В.В. Скачков¹, д.т.н. проф.****О.М. Єфимчиков¹, к.т.н., доц.****С.Л. Волков², к.т.н., доц.**¹Військова академія, м. Одеса, Україна²Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Україна

МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОЇ САМОСТІЙНОСТІ КУРСАНТІВ В УМОВАХ ПОДВІЙНОЇ ПАРАДИГМИ ВИЩОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ

Виходячи з постулату подвійності парадигмальної ситуації, що склалася в системі вищої військової освіти, формується концептуальна модель організації та розвитку пізнавальної самостійності курсантів. Методологічну основу цієї моделі складають знаннєвий і компетентнісний підходи, а організаційно-методичний базис – предметно-знаннєва модель та проектна модель, котрі представляють комплементарну пару. Взаємодія комплементарних структур призводить до утворення біпарадигмальної моделі як засобу досягнення єдиної мети в межах певного педагогічного задуму.

Ключові слова: парадигма, когнітивна парадигма, особистісно-орієнтована парадигма, функціоналістична парадигма, пізнавальна самостійність, предметно-знаннєва модель, проектна модель, компетентнісний підхід, знаннєвий підхід, комплементарність.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досягнень і публікацій

Сучасний рівень озброєння та військової техніки, складність завдань, що стоять перед військовими спеціалістами, обумовлюють об'єктивну потребу в модернізації наявної системи професійної підготовки офіцерських кадрів. Виходячи з пріоритетів вищої школи, така модернізація припускає поступовий перехід від традиційної парадигми до принципово іншої – інноваційної парадигми освіти [1-5]. Покладений в її основу компетентнісний підхід як одна зі стратегій військової освіти, спрямований на створення образу випускника вищого навчального закладу, здатного до самостійного вирішення складних завдань в умовах динамічної обстановки та прийняття відповідальних рішень всупереч встановленим шаблонам. Будучи однією з професійно значимих якостей військового фахівця, самостійність розвивається в навчальному процесі як пізнавальна самостійність.

Проблема організації та розвитку пізнавальної самостійності курсантів пов'язана з низкою взаємопов'язаних об'єктивних і суб'єктивних факторів [6-9]:

- по-перше, з орієнтацією всіх нормативних документів, що регулюють життєдіяльність військового навчального закладу, на асоціативно-рефлекторну концепцію [10];
- по-друге, з несумісністю вимог до підготовки цивільного і військового фахівців в межах єдиного освітнього процесу; з неможливістю одночасного виконання нормативів державних освітніх стандартів і кваліфікаційних вимог до військово-професійної діяльності майбутніх офіцерів;
- по-третє, з директивною установкою на повну і беззастережну зовнішню керованість навчальною діяльністю курсантів шляхом педагогічного впливу з боку викладача, що неминує веде до придушення їхньої ініціативи, нівелювання особистості і, відповідно, до формування сумлінного виконавця, а не ініціативного і творчого фахівця. Ієрархічна структура військового навчального закладу обмежує свободу вибору і самоорганізації освітнього процесу, що не сприяє розвитку пізнавальної самостійності у тих, хто навчається;
- по-четверте, з внутрішнім протиріччям самої системи підготовки професійних військових кадрів. У військовому навчальному закладі курсанти змушені поєднувати дві практично несумісні речі: вони навчаються та несуть військову службу. Як наслідок, зростає кількість пропусків

аудиторних занять з об'єктивних причин, що аж ніяк не сприяє отриманню якості освіти та розвитку навчально-пізнавальної діяльності курсантів;

– по-п'яте, з подвійністю (бі-парадигмальністю) освітньої ситуації, що склалась в навчальних закладах на сучасному етапі їхнього розвитку, необхідністю організовувати самостійну пізнавальну діяльність курсантів відповідно до наявних парадигм освіти.

Розуміючи об'єктивність існування зазначених антиномій і відсутність в найближчий час принципових змін в системі вищої військової освіти, дидактичну основу педагогічного процесу у військовому навчальному закладі необхідно вибудовувати так, щоб максимально пом'якшувати вказані протиріччя. Для цього, як показує аналіз сучасного освітнього простору, практикуються різні моделі навчально-пізнавальної діяльності курсантів. Зокрема:

– інформаційна (трансляційна) модель припускає ізоморфне транслявання змісту навчального матеріалу в систему знань і вмінь курсанта як об'єкта педагогічного впливу [6, 7];

– операційна модель припускає, що цільове управління розумовою діяльністю курсантів дозволяє досягти гарантованого результату. Вона складає основу алгоритмічного навчання, яке розвивають учені-педагоги Безпалько В.П., Тализіна Н.Ф., Гальперін П.Я [11, 12];

– активуюча модель припускає, що пізнавальний процес є рушійною силою навчально-пізнавальної діяльності. На думку ідеологів цієї моделі Шамової Т.І., Щукіної Г.І., Махмудова М.І., активація пізнавальної діяльності здійснюється за рахунок регуляції рівня проблемності вирішуваних завдань і сприяє розвитку творчих здібностей тих, хто навчається [13];

– розвиваюча модель (автори: Ельконін Д.Б., Давидов В.В., Репкін В.В.) спрямована на розвиток теоретичного мислення тих, хто навчається, спеціально організовуючи навчальний матеріал та рух в ньому від абстрактного до конкретного [14];

– дидактична функціональна модель (автори Гуляєв В.М., Анохін П.К., Клопов А.В.) реалізації технології розвитку пізнавальної діяльності курсантів з позицій проблемно-діяльнісного підходу. Відображення функціонування процесу розвитку як саморозвиваючої системи здійснюється за допомогою мови логіко-модельного зображення [14-16];

– вільна модель (автори Штейнер Р., Кумбс Ф.Г.) припускає відсутність жорсткої системи педагогічних дій. Спонтанність самоактуалізації особистості реалізується за рахунок внутрішньої ініціативи в умовах навчання як супроводження природного розвитку [17];

– збагачувальна модель припускає узгодження освітнього нормативу з суб'єктивним досвідом [18];

– інтегральна модель навчання припускає розвиток пізнавальної самостійності в поєднанні аналітичного та інтуїтивно-образного мислення курсантів, забезпечуючи його творчий характер, котрий проявляється в удосконаленні особистих якостей на основі синтезу педагогічного управління та саморегуляції тих, хто навчається [6, 9, 14].

Сприяючи тим чи іншим чином розвитку самостійної пізнавальної діяльності тих, хто навчається, ці моделі практично не враховують специфіку двоальтернативної ситуації, що склалася в сучасному освітньому середовищі. У зв'язку з цим актуалізуються питання ревізії підходів до моделювання процесу організації пізнавальної самостійності курсантів при дворівневій системі вищої військової освіти, дослідження відповідних моделей їх реалізації та визначення варіантів їхнього співіснування в умовах домінування двох парадигм освіти.

Формулювання мети роботи

Мета роботи пов'язана з удосконаленням концептуальної моделі організації та розвитку пізнавальної самостійності курсантів за умови подвійної, бі-парадигмальної ситуації, що склалася в освітньому просторі вищої військової школи.

Виклад основного матеріалу дослідження

Перспектива кардинальних змін у сфері вищої військової школи та реальність домінування двох освітніх парадигм в системі підготовки компетентнісного військового фахівця дозволяють висунути припущення, що процес організації та розвитку пізнавальної діяльності курсантів військових навчальних закладів найбільш адекватно можна відобразити у вигляді так званої бі-парадигмальної моделі. Відповідно до бі-парадигмальної концепції, самостійна пізнавальна діяльність як дидактична складова педагогічного процесу може бути представлена [19-21]:

- апіорно-інформаційною моделлю, яка поєднує елементи набуття знань в готовому вигляді від інших суб'єктів, а також елементи аналізу отриманої інформації, конкретизації, формулювання висновків і узагальнень;

- апостеріорно-діяльнісною моделлю, яка передбачає зіткнення з конфліктною ситуацією, особистий досвід її вирішення, залучення додаткової інформації для оцінки ситуації, конкретизації, формулювання висновків та узагальнень.

У системі класичної освіти апіорно-інформаційна модель домінує над апостеріорно-діяльнісною. Функціонально це означає, що викладання перевищує навчання. В інноваційних системах освіти відбувається поетапний перехід від апіорно-інформаційної до апостеріорно-діялісної моделі. Вже на першому етапі механізми навчання перевищують викладання, що в цілому призводить до актуалізації в педагогічному процесі самостійної роботи.

Віддзеркалюючи сутність та цільові підходи до системи освіти, ці моделі знаходять своє відображення в інтеграційних процесах традиційної та інноваційної парадигм, які домінують у сфері сучасної військової освіти.

Основу традиційної парадигми освіти складає когнітивна («знаннєва») парадигма, яка головною метою визначає накопичення знань, умінь і навичок, що відображають соціальне замовлення. В такій моделі кожний курсант розглядається як об'єкт, котрий потрібно наповнити знаннями. Особистісні аспекти навчання зводяться до формування пізнавальної мотивації та пізнавальних здібностей, а навчальний матеріал сприймається як дидактично інтерпретовані наукові знання.

Базис інноваційної парадигми вищої освіти утворюють [1-4, 19, 21]:

- особистісно-орієнтована парадигма, яка спрямована на інтеграцію та оптимізацію різних дидактичних концепцій проблемного, модульного і програмованого навчання, а також на покращення інструментального забезпечення практико-орієнтованих систем, їхню визначеність і цілісність. Кожен курсант має свій вектор розвитку, який будується за принципом «від учня до вчителя»;

- функціоналістична парадигма, яка орієнтує на розуміння освіти як соціокультурну технологію з формуванням певних компетенцій особистості, пов'язаних з умінням самостійно здобувати знання та творчо їх використовувати. Як наслідок, спостерігається чітка спрямованість на підготовку особистості військового фахівця до виконання військово-професійної діяльності.

Методологічну основу когнітивної парадигми складає знаннєвий підхід, за якого організація пізнавального процесу спрямована на відображення в програмах і підручниках стану наукового знання і способів його освоєння. Методологічну основу інноваційної парадигми утворює компетентнісний підхід, який передбачає формування компетенцій, заснованих на знаннях, досвіді, навичках і мотивації, а також на уміннях використовувати їх залежно від потреб конкретної ситуації або рішення професійної задачі [4, 22].

Зазначені парадигми та їхній методологічний потенціал дозволяють переорієнтувати вектор моделювання процесу самостійної пізнавальної діяльності, зосереджуючи основну увагу на практичній складовій її реалізації – самостійній роботі. Природно, що організація самостійної роботи в навчальному закладі здійснюється за двома різними підходами [22, 23].

При знаннєвому підході до організації самостійної роботи формується предметно-знаннєва модель як зредукована форма класичної моделі навчання. Редукція обумовлена відсутністю

аудиторної, інтерсуб'єктивної компоненти навчання. Викладач безпосередньо не працює з курсантами, значна частина тематичного матеріалу з конкретного предмету вивчається ними самостійно, але у тій же модальності, що й при традиційних формах аудиторної роботи. Таким чином, предметно-знаннєва модель організації самостійної роботи є відображенням основних форм традиційного навчання за такої модифікації:

- лекції замінюються текстами навчально-методичних комплексів або самовчителів, в яких усна розповідь викладача замінюється докладним і скрупульозним конспектом. Завдання авторів таких текстів зробити теоретичний матеріал якомога доступнішим для курсантів;

- практичні заняття замінюються на сукупність спеціальних тренажерів, задачників і практикумів, а також на шаблони рішень базових завдань, приклади розв'язання типових задач та зразки виконання вправ.

Ключовою ознакою предметно-знаннєвої моделі є пунктуальний деталізований опис процесу самостійної роботи та високий ступінь алгоритмізації пізнавальних дій. Самостійна діяльність курсантів зводиться до виконання за навчальним графіком чітко прописаних процедур, правил і алгоритмів. За логікою формування предметно-знаннєвої моделі самостійна робота розглядається як спосіб активного, цілеспрямованого здобуття нових для них знань і вмінь без безпосередньої участі в цьому процесі викладача. Разом з тим, розвиток виконавчої дисципліни, звичка більшості курсантів діяти за навчальним алгоритмом (шаблоном), ретельно продуманим викладачем, не дозволяє їм самостійно освоювати ті або інші професійні компетенції, знання і технології, а також не сприяє цілісному формуванню компетентної особи, здатної до подальшої освіти і самоосвіти.

Компетентнісний підхід до організації самостійної роботи дозволяє сформувати проектну модель, яка базується на технології формування компетентності та суб'єктності. Субстанціальна функція самостійної роботи в проектній моделі зводиться до розробки конкретного продукту, наприклад: прикладної програми, критичного огляду літератури, звіту за результатами лабораторного дослідження, розв'язання задач, що пов'язані з сучасними науковими та технологічними розробками [8, 24]. Для створення такого продукту курсанти повинні володіти певними знаннями, відповідними навичками і уміннями, котрі в цій моделі є засобом вирішення конкретної проблеми або задачі. Згідно з логікою проектною моделі, курсант довільно і самостійно структурує власний навчальний час, декомпозує поставлену викладачем мету на низку завдань, працює з джерелами інформації, науковими, методичними та іншими текстами.

Порівняльний аналіз моделей організації самостійної роботи показує:

- в предметно-знаннєвій моделі пріоритет надається трансляції знань з редукацією безпосередніх інтеракцій викладача і курсанта. Останній залишається веденим, його взаємодія з викладачем в процесі навчання зводиться до мінімуму, а пошук інформації та структуризація власного часу не входять до складу першочергових завдань. В такій моделі не враховуються маргінальні ситуації – яскрава індивідуальність курсанта, його креативність, рефлексія, критичне мислення або навпаки, специфічні прояви нерозуміння чи невиконання якоїсь частини навчального алгоритму;

- в проектній моделі організаційні заходи спрямовані на створення умов для більш повної реалізації особистісного потенціалу та прояву суб'єктних властивостей курсантів у навчально-професійній, інформаційно-пошуковій або науково-дослідній діяльності. До логіки проектною моделі природно вписуються колективні форми роботи курсантів. Дійсно, кооперація зусиль різних суб'єктів, розподіл компетенцій, командне обговорення завдань, планів їхнього досягнення, проміжних результатів, конструктивна критика забезпечують формування компетентності командної роботи.

Концепція нормального функціонування зазначених моделей самостійної роботи передбачає розробку організаційно-методичного забезпечення та забезпечення доступу курсантів до необхідних освітніх ресурсів [19].

Організаційно-методичне забезпечення предметно-знаннєвої моделі ґрунтується на передумові, що за своєю предметною спрямованістю самостійна робота повинна бути конкретною і супроводжуватися ефективним, безперервним контролем та оцінкою її результатів. Подібне розуміння самостійної роботи призводить до екстенсивного збільшення різних видів забезпечення освітнього процесу. Потенційно курсанти повинні бути забезпечені:

- індивідуальним робочим методом при виконанні теоретичних і практичних робіт;
- інформаційними, матеріальними та часовими ресурсами;
- методичними і контролюючими матеріалами (тестами).

При проектній моделі процес організаційно-методичного забезпечення самостійної роботи нормується в меншій мірі. В цій моделі від викладача вимагається докладна методична розробка двох аспектів: технічного завдання на розроблення проекту (створення продукту); системи критеріїв оцінки проектного продукту. Завдяки докладному опису мети проекту та окреслення вимог до кінцевого результату, створюються умови, за яких курсанти вчаться самостійно здобувати відсутні знання з різних джерел або користуватися наявними знаннями для вирішення пізнавальних і практичних завдань. Супровід самостійної роботи у проектній моделі зводиться до консультування викладачем курсантів з конкретних проблем, які виникають у них під час реалізації проекту. Прозора система критеріїв дозволяє значно знизити суб'єктивність в оцінці результатів проектного продукту, а головне, сформувати найважливішу компоненту здатності курсанта до самостійної пізнавальної діяльності – самооцінку.

Об'єктивні розбіжності організаційно-методичних заходів предметно-знаннєвої та проектної моделей забезпечення самостійної роботи не означають визнання однієї моделі та заперечення іншої. Розглянуті комплементарні моделі представляють різні засоби досягнення єдиної мети, котра реалізується узгоджено і в межах певного педагогічного задуму. Одностороння реалізація кожної з моделей призведе до негативних наслідків. Зокрема:

– якщо за основу приймається предметно-знаннєва модель, то інтегральний результат її реалізації зведеться до розвитку у курсантів виконавчої дисципліни. Однак якість освіти (в традиційному розумінні: знання, навички, уміння) при перенесенні частини аудиторних занять на самостійну роботу буде нижчою, ніж за відсутності такого переносу;

– якщо за основу приймається проектна модель, то задача формування знань, умінь та навичок автоматично переноситься на аудиторну роботу. Аудиторні заняття сприймаються як рутинна, а проектні форми роботи – як креативна діяльність. Мотивація курсантів старших курсів до простого відтворення теоретичних знань і функціональних навичок буде вкрай низькою. В той же час курсанти молодших курсів ще не готові до тривалої самостійної проектної роботи.

Таким чином, самостійну пізнавальну діяльність курсантів розумно організувати за двома моделями, які утворюють цільові складові бі-парадигмальної моделі. При цьому важливо розмежувати педагогічні завдання для кожної цільової складової бі-парадигмальної моделі.

Предметно-знаннєва модель повинна мати педагогічне завдання поетапного переходу від виконання алгоритмів, освоєння знань і навичок «за примушенням» до усвідомленого, а тому самостійного освоєння функціонально необхідних знань і навичок. З цієї точки зору кількість вимірів проміжного контролю на кожному наступному етапі навчання курсанта та ступінь регламентації його навчальних дій повинні знижуватися, а складність освоюваних без участі викладача знань і алгоритмів – збільшуватись. У підсумку курсант повинен вирости в професійного фахівця, здатного самостійно освоювати загальноосвітні та спеціальні знання.

Педагогічне завдання проектної моделі організації самостійної роботи зводиться до формування проектного комплексу компетентностей: визначення мети, самостійного пошуку інформації, конструювання власного знання, планування власних дій, отримання конкретного продукту і його оцінка. Залежно від курсу та освітнього рівня навчання курсантів відбуваються такі зміни параметрів моделі:

- збільшення проектного часу від тижня до року;
- зростання складності технічного завдання;
- збільшення кількості або рівня складності критеріїв оцінки продукту;
- наближення проблематики проекту до конкретних прикладних, наукових, технологічних та професійних завдань.

Висновки

Представлений у статті матеріал відображує тільки вибрані питання величезної теми – організації та розвитку пізнавальної самостійності курсантів за дворівневої системи навчання. Виходячи з результатів проведених досліджень, необхідно зробити такі зауваження:

– по-перше, в межах стандарту підготовки військового фахівця рівня освіти бакалавр доцільно поєднувати знаннєву і проектну моделі організації самостійної роботи. При чому по мірі просування курсанта шаблями навчання пріоритетність повинна зміщуватися від предметно-знаннєвої моделі у бік проектної моделі;

– по-друге, за стандарту підготовки військового фахівця рівня освіти магістр пріоритет в основному доцільно надавати проектній моделі організації самостійної роботи;

– по-третє, незалежно від впровадження тієї чи іншої моделі організації, неправомірно виключати викладача з процесу управління самостійною роботою курсантів. Викладач завжди продовжує, нехай і в мінімальному ступені, керувати пізнавальною діяльністю курсантів. Очевидно, на молодших курсах навчання допомога з боку викладача більш інтенсивна. Оскільки курсанти молодших курсів ще не здатні ефективно організувати свою навчально-пізнавальну діяльність, то рівень педагогічного управління зростає. Пізнавальна самостійність більшості старшокурсників досить висока. Вони спроможні чітко сформулювати мету пізнавальної задачі, продумати план дій щодо її досягнення, організувати і виконати заплановане, проаналізувати й оцінити результати своєї роботи, узагальнити і зробити висновки.

Підводячи підсумок, важливо наголосити, що формування пізнавальної самостійності як інтегральної характеристики особистості майбутнього офіцера відбувається в умовах існування бі-парадигмальної освітньої ситуації, за якої він змушений діяти без допомоги викладача. Саме такі умови покликана створювати самостійна робота, яка, на думку військових педагогів, представляє один з найбільш ефективних напрямків активізації самостійної пізнавальної діяльності курсантів, розвитку самоорганізації, відповідальності та творчих здібностей. Проблемний характер самостійної роботи змушує кожного курсанта ставитися до неї як до провідного засобу генерації навчальної та професійної компетенції.

Список використаних джерел

1. Осмоловская И.М. О парадигмах в образовании / И.М. Осмоловская // *Инновации в образовании*. – 2007. – №7. – С. 20-29.
2. Деникин А.В. Парадигмы современного образования / А.В. Деникин, С.А. Гаврикова // *Мир образования – образование в мире*. – 2012. – № 1. – С. 51-55.
3. Омарова В.К. Современные парадигмы образования / В.К. Омарова. – Павлодар :ПГПУ, 2009. – 237 с.
4. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И.А. Зимняя // *Высшее образование сегодня*. – 2003 – № 5. – С. 34-44.
5. Лісова С.В. Професійна педагогічна освіта: компетентнісний підхід : монографія / С.В. Лісова; за ред. О.А. Дубасенюк. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2011. – С. 34-53.
6. Сташкевич И.П. Теоретические аспекты развития познавательной самостоятельности курсантов / И.П. Сташкевич // *Вестник ОГУ. – Оренбург*, 2004. – № 4. – С. 43-50.

7. Фроликов Д.В. Педагогическое тестирование в военном вузе как средство активизации познавательной деятельности курсантов: на материале изучения гуманитарных дисциплин : дис. канд. пед. наук: 13.00.08 / Фроликов Дмитрий Викторович. – Орел, 2007. – 186 с.
8. Слепухина Н.С. Развитие познавательной деятельности курсантов военных вузов на основе проблемно-деятельностного подхода к обучению: дис. канд. пед. наук: 13.00.08 / Слепухина Наталья Сергеевна. – М., 2015. – 189 с.
9. Васильева И.Р. Интегральная модель обучения в военном вузе как основа развития познавательной самостоятельности курсантов / И.Р. Васильева // Вестник ОГУ. – Оренбург, 2002. – № 7. – С. 87-93.
10. Бабанский Ю.К. Избранные педагогические труды. / Ю.К. Бабанский. – М.: Педагогика. 1989. – 560 с.
11. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии. / В.П. Беспалько. – М.: Педагогика. 1989. – 192 с.
12. Гальперин П.Я. Современная теория поэтапного формирования умственных действий / П.Я. Гальперин, Н.Ф. Талызина. – М.: Педагогика, 1979. – 185 с.
13. Махмутов М.И. Проблемное обучение / М.И. Махмутов. – М.: Педагогика, 1975. – 367 с.
14. Гуляев В.Н. Технологии развивающего обучения в вузах силовых ведомств: теоретико-методологический аспект / В.Н. Гуляев, И.П. Логинов // Материалы межд. конф., 26-29.05.2012. – Алматы, 2012. – С. 66-81.
15. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. Принципы системной организации функций / П.К. Анохин. – М.: Наука, 1973. – С. 5-61.
16. Клопов А.В. Концептуализация модели мониторинга качества профессиональной подготовки офицеров в вузах силовых ведомств / А.В. Клопов // Мир образования – образование в мире. – 2012. – № 1. – С. 197-204.
17. Военная педагогика: учебное пособие / под общей ред. И.А. Алехина. – М.: ВУ, 2007. – 413 с.
18. Авуза А.А. Повышение эффективности руководства самостоятельной работой курсантов военных вузов: дис. канд. пед. наук: 13.00.08 / Авуза Алексей Анатольевич. – М., 2012. – 182 с.
19. Имакаев В.Р. Новые подходы к организации и обеспечению самостоятельной работы студентов [Электронный ресурс] / В.Р. Имакаев, С.В. Русаков, И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер // Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургск. гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2011. – С.1557-1565. – Режим доступа: http://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf7/S20.pdf.
20. Образцов П.И. Дидактика высшей военной школы: учеб. пособие. / П.И. Образцов, В.М. Косухин. – Орел: Академия Спецсвязи России, 2004. – 317 с.
21. Чепкій В.В. Бі-парадигмальна модель розвитку самостійної пізнавальної діяльності в умовах дворівневої системи вищої військової освіти / В.В. Чепкій, В.В. Скачков, О.М. Єфимчиков, В.І. Павлович // Спільні дії військових формувань держави: проблеми та перспективи: Друга Всеукраїнська наук.-практ. конф., 10-11 вересня 2015: матер. конф. – Одеса: ВА, 2015. – С.155-160.
22. Троянская С.Л. Компетентностный подход к реализации самостоятельной работы студентов: учеб. пособие / С.Л. Троянская, М.Г. Савельева. – Ижевск: Изд. УдГУ, 2013. – 156 с.
23. Пичкова Л.С. Организация самостоятельной работы студентов как фактор формирования профессионально значимых компетенций / Л.С. Пичкова // Пути повышения конкурентоспособности экономики России в условиях глобализации: Материалы конференции. МГИМО (У) МИД РФ. – М.: МГИМО-Университет, 2008. – С 1-6.
24. Пахомова Н.В. Оптимизация содержания самостоятельной работы курсантов военных вузов на основе применения проективных методов / Н.В. Пахомова // Мир образования – образование в мире. – 2013. – № 4. – С. 133-139.

МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ КУРСАНТОВ В УСЛОВИЯХ ДВОЙНОЙ ПАРАДИГМЫ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В.В. Чепкий, В.В. Скачков, А.Н. Ефимчиков, С.Л. Волков

Исходя из постулата двойственности парадигмальной ситуации в системе высшего военного образования формируется концептуальная модель организации и развития познавательной самостоятельности курсантов. Методологическую основу этой модели составляют знаниевый и компетентностный подходы, а организационно-методический базис – предметно-знаниевая модель и проектная модель, которые представляют комплементарную пару. Взаимодействие комплементарных структур приводит к образованию би-парадигмальной модели, как средства достижения единой цели в пределах определенного педагогического замысла.

Ключевые слова: парадигма, когнитивная парадигма, личностно-ориентированная парадигма, функциональная парадигма познавательная самостоятельность, предметно-знаниевая модель, проектная модель, компетентностный подход, знаниевый подход, комплементарность.

MODELS OF ORGANIZATION AND DEVELOPMENT OF COGNITIVE INDEPENDENCE OF CADETS IN THE CONDITIONS OF DOUBLE PARADIGM OF MILITARY EDUCATION

V. Chepkyi, V. Skachkov, O. Yefymchykov, S. Volkov

Proceeding from the postulate of duality paradigmatic situation in higher military education, formed the conceptual model of the organization and development of informative independence of cadets. The methodological basis of this model is knowledge-and competence-based approach, and organizational and methodological basis – subject-knowledge-model and design a model that is complementary pair. Complementary interaction leads to the formation of a bi-paradigmatic model as a means to achieve a common goal within a specific pedagogical purpose.

Keywords: paradigm, the paradigm of cognitive, personality-oriented paradigm, functional paradigm of cognitive independence, subject-knowledge-model, design models, competence approach, knowledge-approach complementarily.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Абрамов С.В.	40	Маханьков В.А.	24
Адамов Ю.І.	120	Милашенко І.М.	128
Барковський А.Ф.	57	Мінасов В.С.	120
Беліков В.Т.	99	Муженко Д.І.	24
Бондаренко С.В.	7	Набок В.К.	104
Бухал Д.А.	128, 134	Назаренко Б.А.	108
Водчиць О.Г.	114	Нікул С.О.	66
Волков С. Л.	147	Орда М.В.	40
Грабчак В.І.	7	Паюк О.С.	114
Григор'єв О.П.	104	Петрученко О.С.	74
Дем'янчук Б.О.	62	Подимський А.І.	24
Добровольський Ю.Б.	108	Поповіченко О.В.	57
Єфіменко А.Є.	108	Пришляк Р.Л.	24
Єфимчиков О. М.	147	Радімушкін В.Б.	120
Зарицький О.І.	34	Сакно О.П.	24
Іванов В.Л.	34	Семененко О.М.	34, 108, 114
Кобзар М.О.	139	Симоненков В.М.	139
Кобзар О.В.	49	Симоненкова І.В.	139
Ковалішин С.С.	99	Скачков В. В.	147
Колчін Р.В.	34	Стеців С.В.	7
Коркін О.Ю.	114, 128, 134	Чаган Ю.А.	93
Кравчук О.І.	104	Черевко Ю.М.	82
Лисий О.В.	24, 18	Чепкій В. В.	147
Мазовська С.В.	49	Якимечко А.В.	62

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

АДАМОВ
Юрій Іванович

Старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку та застосування частин і підрозділів високотехнічних десантних військ.), Військова академія (м. Одеса), Україна

БАРКОВСЬКИЙ
Альберт Францевич

Професор кафедри, Михайлівська військова артилерійська академія, Санкт-Петербург, Росія

БЕЛІКОВ
Віктор Трифонович

Науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), кандидат технічних наук, доцент, Заслужений винахідник України, Військова академія (м. Одеса), Україна

БОНДАРЕНКО
Семен Володимирович

Старший науковий співробітник Наукового центру Сухопутних військ, Національна академія сухопутних військ, м. Львів, Україна

БУХАЛ
Дмитро Анатолійович

Ад'юнкт, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна

ВОДЧИЦЬ
Олексій Григорович

Начальник кафедри військової підготовки, кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ВОЛКОВ
Сергій Леонідович

Декан факультету, кандидат технічних наук, доцент, Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, Україна

ГРАБЧАК
Володимир Іванович

Начальник Наукового центру Сухопутних військ, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна

ГРИГОР'ЄВ
Олексій Петрович

Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Військова академія (м. Одеса), Україна

ДЕМ'ЯНЧУК
Борис Олександрович

Завідувач кафедри автотехнічного забезпечення, доктор технічних наук, доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна

ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ
Юзеф Броніславович

Заступник начальника кафедри військової підготовки, кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ЄФІМЕНКО
Анатолій Євгенович

Доцент кафедри гуманітарних та соціально-економічних дисциплін, 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

ЗАРИЦЬКИЙ
Олег Іванович

Професор кафедри військової підготовки, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ІВАНОВ
Володимир Львович

Начальник предметно-методичної комісії кафедри військової підготовки, кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

КОБЗАР
Марина Олександрівна

Інженер відділення програмування інформаційно-обчислювального центру, Військова академія (м. Одеса), Україна

КОБЗАР
Олександр Володимирович

Науковий співробітник, науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна

КОВАЛІШИН
Сергій Семенович

Начальник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), Військова академія (м. Одеса), Україна

КОЛЧІН
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

Заступник начальника академії з наукової роботи, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Військова академія (м. Одеса), Україна

ЛИСИЙ
Олександр Васильович

Начальник кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), Україна

МАЗОВСЬКА
Світлана Володимирівна

Провідний науковий співробітник, кандидат ветеринарних наук, науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна

МАХАНЬКОВ
Віктор Анатолійович

Старший викладач кафедри автотехнічного забезпечення, Військова академія (м. Одеса), Україна

МІНАСОВ
Володимир Самсонович

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

МУЖЕНКО
Дмитро Ігорович

Курсант, Військова академія (м. Одеса), Україна

НАБОК
Владислав
Костянтинович

Старший науковий співробітник науково-організаційного відділення, кандидат військових наук, старший науковий співробітник, Військова академія (м. Одеса), Україна

НАЗАРЕНКО
Богдан Анатолійович

Викладач кафедри військової підготовки, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

НІКУЛ
Станіслав Олексійович

Начальник кафедри ракетно-артилерійського озброєння, факультет підготовки спеціалістів ракетно-артилерійського озброєння, Військова академія (м. Одеса), Україна

ОРДА
Михайло Володимирович

Начальник науково-дослідної лабораторії кафедри розвідки, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ, Україна

ПАЮК
Олександр Сергійович

Викладач кафедри військової підготовки, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ПЕТРУЧЕНКО
Оксана Степанівна

Старший викладач кафедри інженерної механіки, Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна

ПОДИМСЬКИЙ
Андрій Ігорович

Курсант, Військова академія (м. Одеса), Україна

ПОПОВІЧЕНКО
Олександр Вікторович

Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку та застосування частин і підрозділів високомобільних десантних військ), Військова академія (м. Одеса), Україна

ПРИШЛЯК
Роман Любомирович

Курсант, Військова академія (м. Одеса), Україна

РАДІМУШКІН
Володимир Борисович

Молодший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку та застосування частин і підрозділів високомобільних десантних військ), Військова академія (м. Одеса), Україна

САКНО
Ольга Петрівна

професор кафедри автотехнічного забезпечення, кандидат технічних наук, Військова академія (м. Одеса), Україна

- СЕМЕНЕНКО**
Олег Михайлович *Начальник відділу економічного аналізу заходів будівництва та розвитку Збройних Сил, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут ЗС України, м. Київ, Україна*
- СИМОНЕНКОВ**
Володимир Миколайович *Інженер відділення програмування інформаційно-обчислювального центру, Військова академія (м. Одеса), Україна*
- СИМОНЕНКОВА**
Інна Володимирівна *Науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), Військова академія (м. Одеса), Україна*
- СКАЧКОВ**
Валерій Вікторович *Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), доктор технічних наук, професор, Військова академія (м. Одеса), Україна*
- СТЕЦІВ**
Станіслав Васильович *Помічник начальника навчальної частини факультету РвА, Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна*
- ЧАГАН**
Юрій Анатолійович *Старший науковий співробітник науково-дослідного відділу (механізованих і танкових військ), кандидат технічних наук, Науковий центр Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна*
- ЧЕРЕВКО**
Юрій Миколайович *Старший науковий співробітник науково-дослідного відділу (механізованих і танкових військ), кандидат технічних наук, Науковий центр Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна*
- ЧЕПКІЙ**
Віктор Васильович *Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку системи матеріально-технічного забезпечення військ (сил)), кандидат технічних наук, доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна*
- ЯКИМЕЧКО**
Андрій Васильович *Курсант, Військова академія (м. Одеса), Україна*

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ВІЙСЬКОВОЇ АКАДЕМІЇ (м. ОДЕСА)

Випуск 2(4) 2015

Редактори
Технічний редактор
Коректор
Дизайн обкладинки

Попович В.І., Кравчук О.І.
Гончаренко Т.В.
Косенко К.М.
Ушаков О.Є.

Адреса редакції: 65009, м. Одеса, вул. Фонтанська дорога, 10, Військова академія (м. Одеса)

Тел.: (0482) 63-83-64

E-mail: zbirnyk.vaodesa@ukr.net

*Надруковано з готового оригінал-макету
у друкарні Військової академії (м. Одеса)*

Підписано до друку 20.01.2016 р.

Формат 297х420/2. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Авт.арк. – 7,27. Обл.вид.арк. – 7,37. Друк.арк. – 80. Ум.друк.арк. – 18,4.
Замовлення № 43 РВВ ВА 2016. Наклад 100 прим.

65009, м. Одеса, вул. Фонтанська дорога, 10
Військова академія (м. Одеса)
www.vaodessa.org.ua
