

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ

ISSN 2311-7249 (Print)

ISSN 2410-7336 (Online)

№ 2(38)
2020

Науковий журнал

Засновник і видавець

Національний університет оборони України
імені Івана Черняховського
Журнал заснований у 2008 році

Адреса редакції

Національний університет оборони України
імені Івана Черняховського
Інститут інформаційних технологій
Повітрофлотський проспект, 28,
Київ, 03049
sitnuou@ukr.net
http://www.sit.nuou.org.ua
телефон: (044)-271-07-31, (098)-273-48-62
факс: (044)-271-07-31

Журнал зареєстровано в Державній реєстраційній
службі України
(свідоцтво КВ №20490-10290ПР)

Журнал видається
українською, російською та англійською мовами
Журнал виходить 3 рази на рік

Наказом Міністерства освіти і науки України
№409 від 17.03.2020 р. та №886 від 02.07.2020 р.
журнал включено до Переліку наукових фахових
видань України категорії "Б" в галузях
"технічні науки" та "військові науки",
спеціальності – 122, 124, 253, 254

Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного університету оборони України
імені Івана Черняховського
(протокол № 10, 28.09.2020 р.)

При використанні матеріалів посилання на журнал
"Сучасні інформаційні технології
у сфері безпеки та оборони" обов'язкове

Редакція може не поділяти точку зору авторів
Відповідальність за зміст поданих матеріалів
несуть автори

Журнал індексується у наукометричних базах:
Google Academy, Index Copernicus,
The Journal Impact Factor,
Directory of Research Journals Indexing (DRJI)

Журнал представлений у базах даних:
Bielefeld Academic Search Engine (BASE),
Directory of Open Access Journals (DOAJ),
Research Bible, WorldCat.

Журнал внесений до каталогів бібліотек:
Vernadsky National Library of Ukraine.

В номері:

Військова кібернетика та системний аналіз

- Москаленко А.О., Івко С.О., Глуховець Ю.В., Варич В.В.* Обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць5
- Пермяков О.Ю., Дудко М.В., Королюк Н.О.* Метод формалізації знань про процес визначення доцільної стратегії польоту безпілотних літальних апаратів в ході підготовки до ведення повітряної розвідки на основі нечітких логічних систем.....12
- Мишук С.А., Сіваха О.М., Лісневський Р.В.* Підходи до вибору варіанту побудови інформаційно-телекомунікаційної системи військового призначення.....21
- Зінченко А.О., Грозовський Р.І., Зінченко І.А.* Удосконалена методика оцінювання скритності функціонування радіотехнічних засобів.....27
- Маланчук М.Ф., Крайнов В.О., Поліщук О.С.* Методика оцінювання результатів експертного оцінювання.....33

Протиборство у кібернетичному просторі

- Вдовенко С.Г., Даник Ю.Г., Пермяков О.Ю.* Кіберпротидія робототехнічним комплексам 39
- Шевченко Д.Г.* Сукупність показників ефективності функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах Збройних Сил України.....57

Військово-космічні та геоінформаційні технології

- Бекіров А.Е., Кругляк К.А., Юзьяк М.М.* Селекція вхідних параметрів нейронної мережі прогнозування відмов бортового обладнання.....63
- Теоретичні основи створення і використання інформаційних технологій*
Кравченко Ю.В., Тищенко М.Г., Шапран О.О., Судніков Є.О., Твардовський В.Г. Методика розробки Web-додатку на основі порталу Lifefay.....71

Інформаційно-аналітична діяльність у сфері безпеки та оборони

- A.Herciu* Сучасне операційне середовище в контексті загрози застосування хімічної, біологічної, радіологічної і ядерної зброї масового знищення.....81
- Дачковський В.О., Стрельбицький М.А.* Математична модель функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки.....87
- Шевчук В.В., Пунда Ю.В.* Міграційна криза як складова гібридної війни.....95
- Романюк В.П., Нікітін А.А., Ганненко С.О., Мориц Є.В.* Математична модель ресурсної оптимізації цільової програми застосування сил і засобів запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.....101
- Олійник В.В., Данилюк І.А.* Оцінювання важливості об'єктів противника в ході планування рейдових дій з використанням методу аналізу ієрархії.....107
- Смальков О.Ю., Коцюруба В.І., Гунбін К.Ю.* Математична модель пошуку та виявлення вибухових пристроїв з неконтактними датчиками цілі методом нелінійної радіолокації.....113
- Павловський О.В., Мазур В.Ю., Таргонський В.Ф.* Методичний підхід щодо обґрунтування складу ремонтних підрозділів для відновлення техніки тилу оперативного утримування військ.....119

Інтерактивні моделі розвитку науково-освітнього простору

- Кільменінов О.А., Мельник Я.В., Чопя Д.А.* Використання можливостей системи імітаційного моделювання JCATS для обґрунтування тактико-технічних вимог до перспективних зразків озброєння та військової техніки.....125
- Гозьянц С.Ю., Георгадзе О.А., Руденко Є.Г.* Архітектура та класифікація експертно-навчальних систем з підготовки військових фахівців.....133
- Тимошенко Р.Р., Лук'яненко С.В., Єфімов Д.В.* Можливості та досвід використання системи імітаційного моделювання JCATS при підготовці артилерійських підрозділів.....139

Стратегічні комунікації та когнітивні системи спеціального призначення

- Войтко О.В., Солонников В.Г., Полякова О.В.* Особливості застосування методу фрактального аналізу сталості процесу розвитку громадської думки при реалізації стратегічного нарративу держави.....145
- Кацалап В.О., Прима М.В., Рахімов В.В.* Метод моніторингу інформаційного простору воєнної сфери в інтересах забезпечення дій військ (сил).....151

Редакційна колегія

Головний редактор

РАКУШЕВ Михайло Юрійович,

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського

Члени редколегії:

КОРОЛЮК Наталія Олександрівна,
кандидат технічних наук, доцент

МАЦЬКО Олександр Йосипович,
кандидат військових наук, професор

ДАНИК Юрій Григорович,
доктор технічних наук, професор

КАТЕРИНЧУК Іван Степанович,
доктор технічних наук, професор

КОЦЮРУБА Володимир Іванович,
доктор технічних наук, доцент

КРАВЧЕНКО Юрій Васильович,
доктор технічних наук, професор

ЗИНЧЕНКО Андрій Олександрович,
доктор технічних наук, доцент

КОВБАСЮК Сергій Валентинович,
доктор технічних наук, старший науковий
співробітник

РУБАН Ігор Вікторович,
доктор технічних наук, професор

ГАЦЕНКО Сергій Станіславович,
кандидат технічних наук

САВЧЕНКО Віталій Анатолійович,
доктор технічних наук, професор

МАЛАНЧУК Марина Федорівна,
кандидат економічних наук

Goran SHIMIC,
доктор філософії, професор

ПЕРМЯКОВ Олександр Юрійович,
доктор технічних наук, професор

ВОЙТКО Олександр Володимирович,
кандидат військових наук

ВАРЛАМОВ Ігор Давидович,
кандидат технічних наук, доцент

ЛОБАНОВ Анатолій Анатолійович,
доктор військових наук, професор

РОМАНЧЕНКО Ігор Сергійович,
доктор військових наук, професор

ТЕЛЕЛИМ Василь Максимович,
доктор військових наук, професор

РЕПЛО Юрій Євгенович,
доктор військових наук, професор

ШЕМАЄВ Володимир Миколайович,
доктор військових наук, професор

СОЛОННИКОВ Владислав Григорович,
доктор технічних наук, професор

ЛАВРІНЧУК Олександр Васильович,
кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник

Технічний редактор

ГРОЗОВСЬКИЙ Роман Іванович

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE SPHERE OF SECURITY AND DEFENCE

ISSN 2311-7249 (Print)

ISSN 2410-7336 (Online)

№ 2(38)
2020

Scientific journal

Founder and Publisher

National Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovskiy
The journal was founded in 2008

Address:

National Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovskiy,
Information Technology Institute

Povitroflotskiy ave. 28, Kyiv, 03049
sitnuou@ukr.net

<http://www.sit.nuou.org.ua>

Telephone: (044)-271-07-31, (098)-273-48-62

Fax: (044)-271-07-31

The journal is registered
in the State Registration Service of Ukraine
(certificate KB №20490-10290ПП)

The journal is published
in Russian, Ukrainian and English

The journal is published thrice a year

According to the orders of the Ministry of Education and
Science of Ukraine № from 17.03.2020 and №886 from
02.07.2020 the journal was included in the List of scientific
professional publications of Ukraine, "B" category,
"technical sciences" and "military sciences" fields,
specialties 122, 124, 253, 254

*Recommended to publication
by the Scientific Council of the National
Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovskiy
(Protocol № 10, 28.09. 2020)*

When using the materials, the reference to the journal
"Modern Information Technologies
in the Sphere of Security and Defence" is mandatory

The editorial board can have a different viewpoint
than that of the authors

The content of the materials is the authors' responsibility

The journal is indexed in the scientometric bases:
*Google Academy, Index Copernicus,
The Journal Impact Factor,
Directory of Research Journals Indexing (DRJI)*

The journal is presented in the databases:
*Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of
Open Access Journals (DOAJ), Research Bible,
WorldCat.*

The journal is added to the libraries:
Vernadsky National Library of Ukraine.

Contents:

Military cybernetics and system analysis

Moskalenko A., Ivko S., Hlukhovets Y., Varych V. Computational complexity of the correlation signal processing algorithm with adaptation to the information transmission rate based on perfect binary matrices5

Perniakov A., Dudko M., Korolyuk N. Method for formalizing knowledge about the processes of determining perfect flight strategies for unmanned vehicles during preparation for aerial surveillance based on fuzzy logical systems12

Mykus S., Sivokha O., Lisnevskiy R. Approaches to the selection of options for building the information and telecommunication system for military purpose21

Zinchenko A., Hrozovskiy R., Zinchenko I. Improved method of assessing the secret of functioning of radio technical equipment27

Malanchuk M., Krainov V., Polishchuk A. Methodology for the examination of the results of expert assessment33

Confrontation in the cybernetic space

Vdovenko S., Danyk Y., Perniakov O. Cyber counteraction to robotic complexes39

Shevchenko D. The set of indicators of the cyber security system in information and telecommunication networks of the armed forces of Ukraine57

Military space and geoinformation technologies

Bekirov A., Kruhliak K., Yuzviak M. Selection of input parameters of the neural network for forecasting onboard equipment failures63

Theoretical Foundations of Information Technologies Creation and Using

Kravchenko Y., Tyshchenko M., Shapran O., Sudnikov Y., Tvardovskiy V. Method of developing Web applications based on Liferay portal71

Information and analytical activities in the field of security and defense

Herciu A. The current operational environment from the perspective of CBRN hazards81

Dachkovskiy V., Strelbitskiy M. Mathematical model of system functioning restoration of weapons and military equipment87

Shevchuk V., Punda Y. Migration crisis as a component of a hybrid war95

Romanyuk V., Nikitin A., Hanneko S., Morshch E. Mathematical model of resource optimization of the target program for use of forces and means of prevention and elimination of the consequences of emergency situations101

Olynyk V., Danyliuk I. Evaluation of the importance of opponent objects in the planning of raid actions using the method of hierarchy analysis107

Smolkov O., Kotsiuruba V., Hunbin K. Mathematical model for searching and detecting explosive devices with non-contact target sensors by the method of non-linear radar113

Pavlovskiy O., Mazur V., Tarhonskiy V. Methodical approach to substantiation of the composition of repair divisions for restoration of body technique of the operational group of visa119

Interactive Models of Scientific Educational Environment Development

Kilmenin O., Melnyk Y., Chopa D. Using the capabilities of the JCATS simulation system for justification of tactical and technical requirements for advanced weapons and military technical125

Hohoniants S., Heorhadze O., Rudenko E. Architecture and classification of expert-educational systems for training of military specialists133

Timoshenko R., Luk'yanenko S., Yefimov D. Possibilities and experience of using the JCATS simulation system in the preparation of artillery units139

Strategic communications and special purpose cognitive systems

Voitko O., Solonnikov V., Polyakova E. Peculiarities of application of the method of fractal analysis of constantness of the process of development of public opinion in the implementation of the strategic narrative145

Katsalap V., Pryma M., Rakhimov V. Method of monitoring the information space of the military sphere in the interests of enforcement of the army (force)151

Editorial Board

Chief Editor

Mykhailo RAKUSHEV,

Doctor of technical sciences, senior research fellow
National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky

Editorial Board members:

Nataliia KOROLIUK,

candidate of technical sciences,
associate professor

Oleksandr MATSKO,

candidate of military sciences, professor

Yurii DANYK,

doctor of technical sciences, professor

Ivan KATERYNCHUK,

doctor of technical sciences, professor

Volodymyr KOTSIURUBA,

doctor of technical sciences, associate professor

Yurii KRAVCHENKO,

doctor of technical sciences, professor

Andrii ZINCHENKO,

doctor of technical sciences, professor

Serhii KOVBASJUK,

doctor of technical sciences,
senior research fellow

Ihor RUBAN,

doctor of technical sciences, professor

Serhii HATSENKO,

candidate of technical sciences

Vitalii SAVCHENKO,

doctor of technical sciences, professor

Maryna MALANCHUK,

candidate of economic sciences

Goran SHIMIC,

doctor of philosophy, professor

Oleksandr PERMIAKOV,

doctor of technical sciences, professor

Oleksandr VOITKO,

candidate of military sciences

Ihor VARLAMOV,

candidate of technical sciences,
associate professor

Anatolii LOBANOV,

doctor of military sciences, professor

Ihor ROMANCHENKO,

doctor of military sciences, professor

Vasyl TELELYM,

doctor of military sciences, professor

Yurii REPILO,

doctor of military sciences, professor

Volodymyr SHEMAIEV,

doctor of military sciences, professor

Vladyslav SOLONNIKOV,

doctor of technical sciences, professor

Oleksandr LAVRINCHUK,

candidate of technical sciences,
senior research fellow

Technical Editor

Roman HROZOVSKYI

Артем Олексійович Москаленко (кандидат технічних наук)¹

Сергій Олександрович Івко (кандидат технічних наук)²

Юрій Вікторович Глуховець (кандидат технічних наук, доцент)¹

Василь Володимирович Варич (кандидат технічних наук, доцент)¹

¹Полтавський інститут бізнесу ПВНЗ «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая», Полтава, Україна

²Військовий коледж сержантського складу Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Полтава, Україна

ОБЧИСЛЮВАЛЬНА СКЛАДНІСТЬ АЛГОРИТМУ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ З АДАПТАЦІЄЮ ПО ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ДОСКОНАЛИХ ДВІЙКОВИХ МАТРИЦЬ

При розробці методів формування та кореляційної обробки сигналів перспективних засобів радіозв'язку, одним із пріоритетних завдань є забезпечення мінімальної складності кореляційної обробки сигналів на прийомі. В роботі запропоновано структуру пристрою кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. До складу пристрою кореляційної обробки входять: пристрої прямого та оберненого перетворення Кулі-Тьюкі, запам'ятовувачі пристрій, пристрої перемножування спектрів та вирішення. Розраховано сумарну обчислювальну складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. Досліджено залежності обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць та алгоритму кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є від довжини кодової послідовності. За результатами дослідження встановлено, що при довжині кодової послідовності, більшій за вісім біт, обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є більша за обчислювальну складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. Розраховано виграти, що досягається в обсязі обчислень запропонованого алгоритму у порівнянні з алгоритмом кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є. Досліджено залежність виграти, що досягається в обсязі обчислень, від довжини кодової послідовності, в результаті чого встановлено: виграти прямопропорційний довжині кодової послідовності і оберненопропорційний подвоєній сумі двійкового логарифму від довжини кодової послідовності та одиниці. При довжині кодової послідовності більше восьми біт виграти, що досягається в обсязі обчислень, більший за одиницю. Зменшення обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів на прийомі дозволяє зменшити маса-габаритні характеристики усієї системи, її вартість та енергоспоживання. Перспективами подальших розвідок є дослідження структурної та енергетичної скритності сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

Ключові слова: системи радіозв'язку спеціального призначення, кореляційна обробка сигналів, обчислювальна складність кореляційної обробки сигналів, перетворення Кулі-Тьюкі.

Вступ

Постановка проблеми. Одними із найважливіших характеристик сигналів перспективних систем радіозв'язку спеціального призначення є: перешкодостійкість, структурна та енергетична скритність, обчислювальна складність кореляційної обробки на прийомі.

Велика складність кореляційної обробки сигналів на прийомі потребує використання складних апаратних засобів обробки, що призводить до збільшення маса-габаритних характеристик усієї системи, збільшення її вартості та енергоспоживання. Проте, даний факт суперечить

вимогам до сучасних систем мобільного радіозв'язку спеціального призначення. Крім того процес розробки перспективних інтегрованих систем зв'язку, розвідки, збору і обробки інформації висуває жорсткі вимоги, що до максимального використання енергетичного потенціалу сигналів та досягнення потенційної перешкодозахищеності [1].

При розробці методів формування та кореляційної обробки сигналів перспективних засобів радіозв'язку, одним із пріоритетних завдань є забезпечення мінімальної складності кореляційної обробки сигналів на прийомі. Тому

тема дослідження є досить актуальною у наш час.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [2] запропоновано математичну модель формування сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. Розглянуто основні принципи функціонування пристрою управління моделі формування сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. Запропонована математична модель формування сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

В [3] розглянуті питання синтезу сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації, запропонований алгоритм їх кореляційної обробки, приведені правила формування сигналів адаптивної модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації та правила функціонування пристрою вирішення цифрового кореляційного приймача сигналів адаптивної CSSK-модуляції.

В роботі [4-5] проведено дослідження перешкодостійкості сигналів модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації та перешкодостійкості сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

В [6] запропоновано методику застосування сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації в перспективних радіоінтерфейсах. Розглянуто порядок оцінювання середовища розповсюдження радіохвиль та передавання і прийом сигналів управління; моделі формування та кореляційної обробки сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації.

Проте, в даних роботах не було досліджено обчислювальну складність кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

Мета статті. Враховуючи це, метою статті є дослідження обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

Виклад основного матеріалу дослідження

Алгоритм кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

В загальному випадку, процедуру кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць, можна представити у вигляді схеми (рис.1).



Рис. 1. Процедура кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць

В приймачі, суміш прийнятого сигналу і шуму та сигнали управління, після трактів попередньої обробки, надходять на вхід пристрою кореляційної обробки (рис. 1). У складі пристрою кореляційної обробки приймача можливо виділити наступні складові (рис. 1): пристрій прямого перетворення

Кулі-Тьюкі, запам'ятовуючий пристрій, пристрій перемноження спектрів, пристрій оберненого перетворення Кулі-Тьюкі, пристрій вирішення.

Узагальнений алгоритм кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових

матриць можна представити наступним чином:

1. Суміш, попередньо обробленого, прийнятого корисного сигналу і шуму надходить на вхід пристрою прямого перетворення Кулі-Тьюкі.

2. В пристрої прямого перетворення Кулі-Тьюкі здійснюється математична процедура отримання спектральних характеристик дискретних сигналів.

3. На входи пристрою перемножування спектрів надходять спектр суміші сигнал+шум та комплексно спряжений спектр опорної копії сигналу. Комплексно спряжений спектр опорної копії сигналу обрахований завчасно і зберігається у запам'ятовуючому пристрої.

4. З виходу пристрою перемножування добуток спектрів надходить на вхід пристрою оберненого перетворення Кулі-Тьюкі.

5. У пристрої оберненого перетворення Кулі-Тьюкі здійснюється математична процедура отримання кореляційної матриці в часовій області.

6. Кореляційна матриця та сигнали управління надходять на входи пристрою вирішення, в якому відбувається формування вихідного потоку інформаційних біт. Формування вихідного потоку інформаційних біт здійснюється у відповідності до алгоритму роботи пристрою вирішення, кореляційної матриці та сигналів управління.

Дослідження обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

Для розрахунку сумарної обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць, необхідно розрахувати обчислювальну складність алгоритмів роботи пристроїв, зображених на рис. 1:

- пристрій прямого перетворення Кулі-Тьюкі;
- запам'ятовуючий пристрій;
- пристрій перемножування спектрів;
- пристрій оберненого перетворення Кулі-Тьюкі;
- пристрій вирішення.

Тоді, сумарну обчислювальну складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць можна розрахувати наступним чином:

$$O(N) = O_{\text{ПППКТ}}(N) + O_{\text{ЗП}}(N) + O_{\text{ППС}}(N) + O_{\text{ПОПКТ}}(N) + O_{\text{ПВ}}(N)$$

де N – довжина кодової послідовності розширення спектру сигналу;

$O(N)$ – сумарна обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць;

$O_{\text{ПППКТ}}(N)$ – обчислювальна складність алгоритму роботи пристрою прямого перетворення Кулі-Тьюкі;

$O_{\text{ЗП}}(N)$ – обчислювальна складність алгоритму роботи запам'ятовуючого пристрою;

$O_{\text{ППС}}(N)$ – обчислювальна складність алгоритму роботи пристрою перемножування спектрів;

$O_{\text{ПОПКТ}}(N)$ – обчислювальна складність алгоритму роботи пристрою оберненого перетворення Кулі-Тьюкі;

$O_{\text{ПВ}}(N)$ – обчислювальна складність алгоритму роботи пристрою вирішення.

Для великої довжини послідовності розширення спектру сигналу, обчислювальною складністю пристрою вирішення можна знехтувати, оскільки в процесі його роботи здійснюється вибір форми вихідної послідовності інформаційних біт в залежності від завчасно прийнятих сигналів управління та положення максимуму обчисленої кореляційної матриці.

$$O_{\text{ПВ}}(N) = 0. \quad (1)$$

Обрахований завчасно комплексно спряжений спектр опорної копії сигналу зберігається у запам'ятовуючому пристрої. Тому, в процесі роботи пристрою кореляційної обробки, ніяких додаткових обчислень не здійснюється. Тому обчислювальну складність алгоритму роботи запам'ятовуючого пристрою не враховуємо. Тоді:

$$O_{\text{ЗП}}(N) = 0. \quad (2)$$

Обчислювальна складність алгоритму роботи пристрою прямого перетворення Кулі-Тьюкі розраховується наступним чином. За рахунок того, що кодова послідовність розширення спектру сигналу формується на основі досконалих двійкових матриць, для неї характерна властивість:

$$N = 2^n,$$

де n – степінь числа 2.

Таким чином, при застосування алгоритму прямого перетворення Кулі-Тьюкі в процесі кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць, досягається максимальний виграв в обчислювальній складності такої обробки, у порівнянні з прямим перетворенням Фур'є [7].

Для даних умов, обчислювальна складність алгоритму роботи пристрою прямого перетворення Кулі-Тьюкі складає:

$$O_{\text{ПППКТ}}(N) = N \log_2(N). \quad (3)$$

Обчислювальна складність алгоритму роботи пристрою оберненого перетворення Кулі-Тьюкі рівна обчислювальній складності алгоритму роботи пристрою прямого перетворення Кулі-Тьюкі (3):

$$O_{\text{ПОПКТ}}(N) = O_{\text{ПППКТ}}(N) = N \log_2(N). \quad (4)$$

Обчислювальна складність алгоритму роботи пристрою перемножування спектрів обраховується з міркування, що у пристрої здійснюється множення комплексних N -точкових спектрів (що еквівалентно множенню $2N$ чисел з плаваючою точкою), тобто:

$$O_{\text{ПІПС}}(N) = 2N. \quad (5)$$

Сумарна обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць, враховуючи (1-5), складе:

$$\begin{aligned} O(N) &= O_{\text{ПППКТ}}(N) + O_{\text{ЗП}}(N) + O_{\text{ПІПС}}(N) + \\ &+ O_{\text{ПОПКТ}}(N) + O_{\text{ПВ}}(N) = \\ &= N \cdot \log_2(N) + 0 + 2 \cdot N + N \cdot \log_2(N) + 0 = \\ &= 2 \cdot N \cdot \log_2(N) + 2 \cdot N = 2 \cdot N \cdot (\log_2(N) + 1). \end{aligned}$$

Залежність сумарної обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки

сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць від довжини кодової послідовності представлено на рис. 2.

На рис. 2: графік 1 – залежність обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є від довжини кодової послідовності; графік 2 – залежність обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць від довжини кодової послідовності.

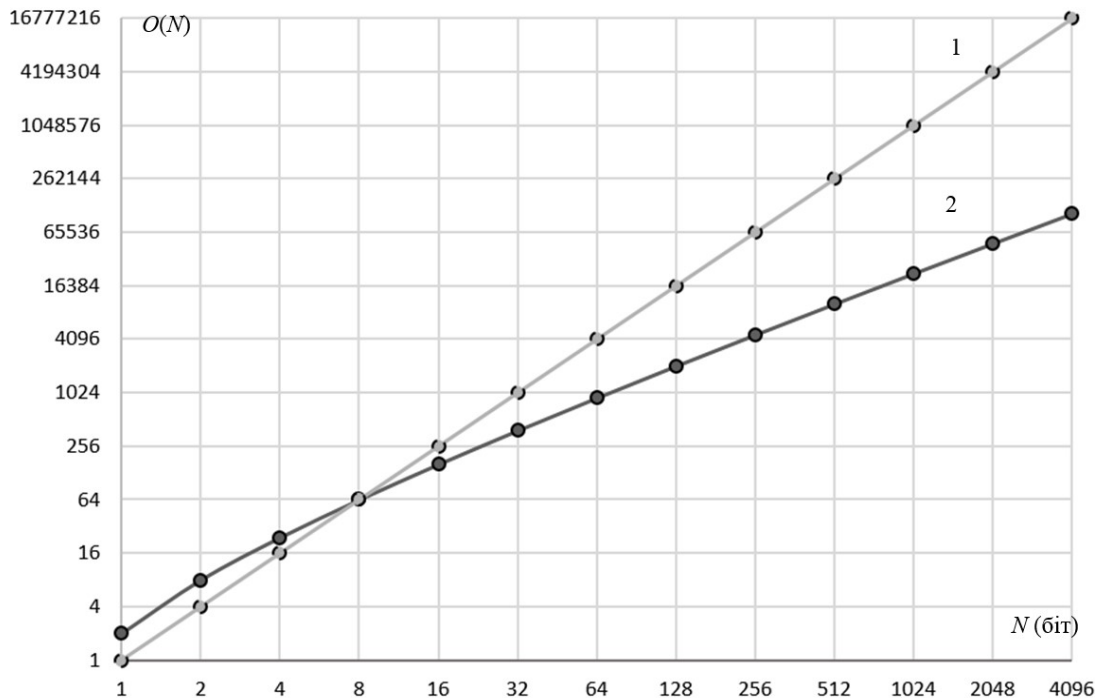


Рис. 2. Залежність сумарної обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць від довжини кодової послідовності

Як видно із рис. 2, при довжині кодової послідовності, меншій за 8 біт, обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є менша за обчислювальну складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. При довжині кодової послідовності рівній 8 біт, обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є рівна обчислювальній складності алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. При довжині кодової послідовності, більшій за 8 біт, обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є більша за обчислювальну складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

Розрахуємо вигравш, що досягається в обсязі обчислень. Вигравш розраховується наступним чином:

$$G(N) = \frac{O(N)_1}{O(N)_2},$$

де $O(N)_1$ – обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки сигналів прямим перетворенням Фур'є;

$O(N)_2$ – сумарна обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

Обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки сигналів прямим перетворенням Фур'є складає:

$$O(N)_1 = N^2.$$

Тоді, вигравш, що досягається в обсязі обчислень, буде складати:

$$G(N) = \frac{O(N)_1}{O(N)_2} = \frac{N^2}{2N(\log_2(N) + 1)} = \frac{N}{2(\log_2(N) + 1)}.$$

Таким чином, виграш прямопропорційний довжині кодової послідовності і оберненопропорційний подвоєній сумі двійкового логарифму від довжини кодової послідовності та одиниці.

Залежність виграшу, що досягається в обсязі обчислень, від довжини кодової послідовності розширення спектру сигналів представлено на рис. 3.

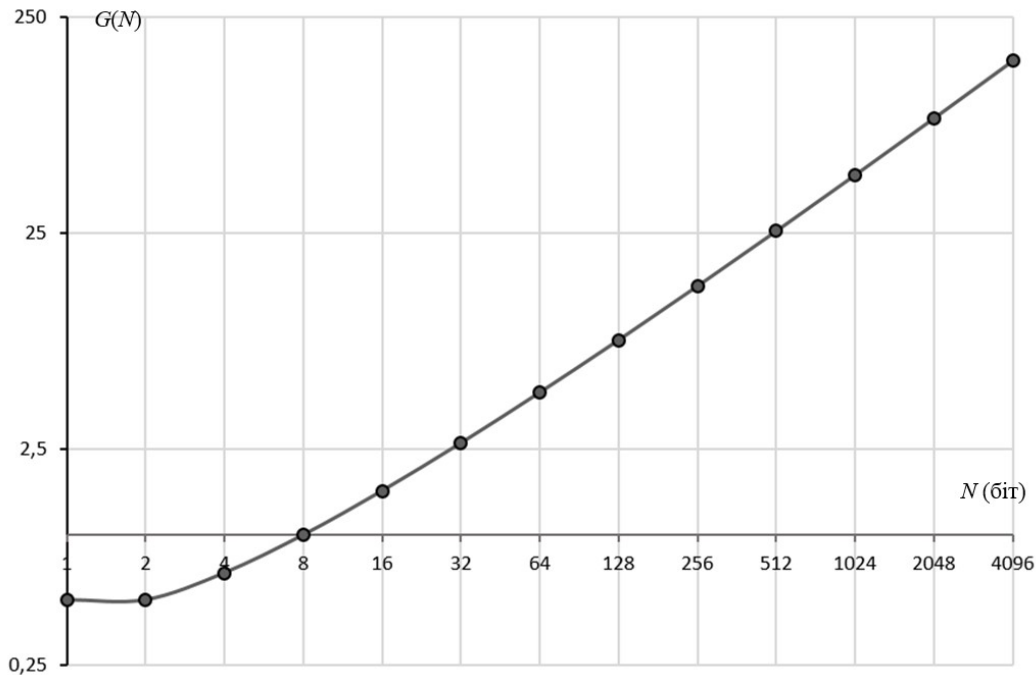


Рис. 3. Залежність виграшу, що досягається в обсязі обчислень, від довжини кодової послідовності

Як видно із рис. 3, виграш, що досягається в обсязі обчислень, рівний 1 при довжині кодової послідовності 8 біт. При збільшенні довжини кодової послідовності виграш зростає за законом $\frac{X}{(\log_2(X))}$. На практиці застосовуються досить

великі значення довжини кодової послідовності розширення спектру сигналів, тому і величина виграшу буде значною. Наприклад, при довжині кодової послідовності 1024 біт, виграш, що досягається в обсязі обчислень, рівний 46,5, а при довжині 2048 біт – 85,3.

Висновки й перспективи подальших досліджень

В роботі запропоновано структуру пристрою кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. У складі пристрою кореляційної обробки приймача можливо виділити наступні складові: пристрій прямого перетворення Кулі-Тьюкі, запам'ятовуючий пристрій, пристрій перемноження спектрів, пристрій оберненого перетворення Кулі-Тьюкі, пристрій вирішення.

Розраховано сумарну обчислювальну складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць. Досліджено залежність обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць та алгоритму кореляційної обробки

прямим перетворенням Фур'є від довжини кодової послідовності. За результатами дослідження встановлено, що при довжині кодової послідовності, більшій за 8 біт, обчислювальна складність алгоритму кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є більша за обчислювальну складність алгоритму кореляційної обробки сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

Розраховано виграш, що досягається в обсязі обчислень запропонованого алгоритму у порівнянні з алгоритмом кореляційної обробки прямим перетворенням Фур'є. Досліджено залежність виграшу, що досягається в обсязі обчислень, від довжини кодової послідовності, в результаті чого встановлено: при збільшенні довжини кодової послідовності виграш зростає за законом $\frac{X}{(\log_2(X))}$.

Отже, зменшення обчислювальної складності алгоритму кореляційної обробки сигналів на прийомі дозволяє зменшити маса-габаритні характеристики усієї системи, її вартість та енергоспоживання.

Перспективами подальших розвідок є дослідження структурної та енергетичної скритності сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць.

Література

1. **Зінченко А.О.** Удосконалена модель багатопозиційної інтегрованої системи зв'язку і радіолокації на основі мультикористувальницького методу МІМО / А.О. Зінченко, В.І. Слюсар // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – № 1. – С. 55-61. 2. **Москаленко А.О.** Математична модель формування сигналів з адаптацією по швидкості передавання інформації на основі досконалих двійкових матриць / А.О. Москаленко, Г.В. Сокол, Ю.В. Глуховець, В.В. Варич // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: – 2020. – № 1(59). – С. 147-150. 3. **Москаленко А.О.** Перешкодостійкість сигналів модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації / А.О. Москаленко, Г.В. Сокол, Н.В. Рвачова, Т.В. Буряк, Ю.В. Глуховець, В.В. Варич // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: – 2018. – № 3(49). – С. 175-180. 4. **Москаленко А.О.** Математична модель дискретного каналу зв'язку з модуляцією циклічним зсувом коду в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль / А.О. Москаленко, С.О. Івко, О.О. Лаврут // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2012. – № 2(8). – С. 79-81. 5. **Москаленко А.О.** Перешкодостійкість сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль / А.О. Москаленко, С.В. Волошко, І.І. Слюсарь // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2015. – № 2(23). – С. 94-98. 6. **Москаленко А.О.** Методика застосування сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації в перспективних радіоінтерфейсах / А.О. Москаленко, Ю.В. Глуховець, В.В. Варич, С.О. Івко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2019. – № 3(36). – С. 35-39. 7. **Блейхут Р.** Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов / Р. Блейхут; пер. с англ. И.И. Грушко. – М.: Мир, 1989. – 448 с.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ АЛГОРИТМА КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С АДАПТАЦИЕЙ ПО СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕННЫХ ДВОИЧНЫХ МАТРИЦ

Артем Алексеевич Москаленко (кандидат технических наук)¹

Сергей Александрович Ивко (кандидат технических наук)²

Юрий Викторович Глуховец (кандидат технических наук, доцент)¹

Василий Владимирович Варыч (кандидат технических наук, доцент)¹

¹ *Полтавский институт бизнеса ПВУЗ «Международный научно-технический университет имени академика Юрия Бугая», Полтава, Украина*

² *Военный колледж сержантского состава Военного института телекоммуникаций и информатизации имени Героев Крут, Полтава, Украина*

При разработке методов формирования и корреляционной обработки сигналов перспективных средств радиосвязи, одной из приоритетных задач является обеспечение минимальной сложности корреляционной обработки сигналов на приеме. В работе предложена структура устройства корреляционной обработки сигналов с адаптацией по скорости передачи информации на основе совершенных двоичных матриц. В состав устройства корреляционной обработки входят: устройства прямого и обратного преобразования Кули-Тьюки, запоминающее устройство, устройство перемножения спектров и решающее устройство. Рассчитано суммарную вычислительную сложность алгоритма корреляционной обработки сигналов с адаптацией по скорости передачи информации на основе совершенных двоичных матриц. Исследованы зависимости вычислительной сложности алгоритма корреляционной обработки сигналов с адаптацией по скорости передачи информации на основе совершенных двоичных матриц и алгоритма корреляционной обработки прямым преобразованием Фурье от длины кодовой последовательности. В результате установлено, что при длине кодовой последовательности, превышающей восемь бит, вычислительная сложность алгоритма корреляционной обработки прямым преобразованием Фурье больше вычислительную сложность алгоритма корреляционной обработки сигналов с адаптацией по скорости передачи информации на основе совершенных двоичных матриц. Рассчитано выигрыш, достигаемый в объеме вычислений предложенного алгоритма по сравнению с алгоритмом корреляционной обработки прямым преобразованием Фурье. Исследована зависимость выигрыша, достигаемого в объеме вычислений, от длины кодовой последовательности, в результате чего установлено: выигрыш прямо пропорционален длине кодовой последовательности и обратнопропорционален удвоенной сумме двоичного логарифма от длины кодовой последовательности и единицы. При длине кодовой последовательности более восьми бит выигрыш, достигаемый в объеме вычислений, больше единицы. Уменьшение вычислительной сложности алгоритма корреляционной обработки сигналов на приеме позволяет уменьшить массогабаритные характеристики всей системы, ее стоимость и энергопотребление. Перспективами дальнейших исследований является исследование структурной и энергетической скрытности сигналов с адаптацией по скорости передачи информации на основе совершенных двоичных матриц.

Ключевые слова: *системы радиосвязи специального назначения, корреляционная обработка сигналов, вычислительная сложность корреляционной обработки сигналов, преобразование Кули-Тьюки.*

COMPUTATIONAL COMPLEXITY OF THE CORRELATION SIGNAL PROCESSING
ALGORITHM WITH ADAPTATION TO THE INFORMATION TRANSMISSION RATE BASED ON
PERFECT BINARY MATRICES

Artem Moskalenko (Candidate of Technical Sciences)¹

Serhii Ivko (Candidate of Technical Sciences)²

Yurii Hlukhovets (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)¹

Vasyl Varych (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)¹

¹ *Poltava Institute of Business, Poltava Higher Educational Institution «Yuri Bugai International Scientific and Technical University», Poltava, Ukraine*

² *Military College of NCOs of the Military Institute of Telecommunications and Informatics named after Kruty Heroes, Poltava, Ukraine*

When developing methods for generating and correlating signal processing of promising radio communications, one of the priority tasks is to ensure the minimum complexity of correlation signal processing at the reception. The paper proposes the structure of a device for correlation signal processing with adaptation for the information transmission rate based on perfect binary matrices. The correlation processing device includes: Cooley-Tukey direct and inverse transform devices, a memory device, a spectra multiplier and a solver. The total computational complexity of the algorithm for correlation processing of signals with adaptation to the information transmission rate based on perfect binary matrices is calculated. The dependences of the computational complexity of the algorithm for correlation processing of signals with adaptation to the information transfer rate based on perfect binary matrices and the algorithm for correlation processing by direct Fourier transform on the length of the code sequence are investigated. According to the results of the study, it was found that with the length of the code sequence exceeding eight bits, the computational complexity of the correlation processing algorithm by the direct Fourier transform is greater than the computational complexity of the correlation signal processing algorithm with adaptation to the information transfer rate based on perfect binary matrices. The gain achieved in the amount of computations of the proposed algorithm in comparison with the correlation processing algorithm by the direct Fourier transform is calculated. The dependence of the payoff is investigated, it is achieved in the amount of computations, on the length of the code sequence, as a result of which it is established that the payoff is directly proportional to the length of the code sequence and inversely proportional to the doubled sum of the binary logarithm of the length of the code sequence and one. When the length of the code sequence is more than eight bits, the gain achieved in the amount of computation is greater than one. Reducing the computational complexity of the signal correlation processing algorithm at the reception allows you to reduce the mass-dimensional characteristics of the entire system, its cost and power consumption. Prospects for further research are the study of the structural and energy secrecy of signals with adaptation to the information transmission rate based on perfect binary matrices.

Keywords: special purpose radio communication systems, correlation signal processing, computational complexity of correlation signal processing, Cooley-Tukey transform.

References

- Zinchenko A.O.** (2014), Improved model of multistatic integrated communication systems and radarbased multiplayer MIMO method. [*Udoskonalena model bahatopoztytsiinoi intehrovanoi systemy zviazku ta radiolokatsii na osnovi mulkorystuvalnytskoho metodu MIMO*], Naukovi zapysky Ukrainskoho naukovo-doslidnoho instytutu zviazku, No.2. pp. 124-130.
- Moskalenko A.O.** (2020), Mathematical model of signal generation with adaptation speed of information based on perfect binary matrices. [*Matematychna model formuvannia syhnaliv z adaptatsiieiu po shvydkosti peredavannia informatsii na osnovi doskonalykh dviikovykh matryts*], Systemy upravlinnja, navigaciji ta zv'jazku, No. 1(59). pp. 147-150.
- Moskalenko A.O.** (2018), The anti-jamming ability of modulation signals by register rotation with rate adaptation [*Pereshkodostijkistj syhnaliv moduljaciji cyklichnym zsumom kodu z adaptacijeju po shvydkosti peredachi informaciji*]. Systemy upravlinnja, navigaciji ta zv'jazku. No. 3(49). pp. 175-180.
- Moskalenko A.O.** (2012), Mathematical model of discrete communication channel with cyclic code shift keying at multipath radiowave propagation [*Matematychna model dyskretnoho kanalu zviazku z moduliatsiieiu tsyklichnym zsumom kodu v umovakh bahatopromenevoho rozpovsiudzhennia radiokhvyli*], Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy, No. 2(8). pp. 79-81.
- Moskalenko A.O.** (2015), The signals immunity of the improved modulation by cyclic shift with adaptation to information transfer rate in multimode propagation environment [*Pereshkodostijkistj syhnaliv udoskonalenoji moduljaciji cyklichnym zsumom kodu z adaptacijeju po shvydkosti peredachi informaciji v umovakh bahatopromenevogho rozpovsiudzhennja radiokhvyli*], Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony. No. 2(23). pp. 94-98.
- Moskalenko A.O.** (2019), Methods of application of signals of advanced modulation by cyclic shift of the code with adaptation on speed of information transmission in perspective radio interfaces [*Metodyka zastosuvannia syhnaliv udoskonalenoji moduliatsii tsyklichnym zsumom kodu z adaptatsiieiu po shvydkosti peredavannia informatsii v perspektyvnykh radiointerfeisakh*], Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony. No. 3(36). pp. 35-39.
- Blahut R.E.** (1989), Fast Algorithms for Digital Signal Processing [*Bystryie algoritmy tsifrovoy obrabotki signalov*], Moskva, Mir, 448 p.

Олександр Юрійович Пермяков (доктор технічних наук, професор)¹

Марина Валеріївна Дудко²

Наталія Олександрівна Королюк (кандидат технічних наук, доцент)²

¹ Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ, Україна

² Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАТЬ ПРО ПРОЦЕС ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ПОЛЬОТУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ХОДІ ПІДГОТОВКИ ДО ВЕДЕННЯ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ ЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

У статті пропонується підхід щодо формалізації знань про процес визначення доцільної стратегії польоту безпілотного літального апарату на етапі планування повітряної розвідки за допомогою евристичних методів, які є найкращими з точки зору врахування практики, досвіду, інтуїції, знань осіб, що приймають рішення, при веденні повітряної розвідки, та шукають рішення усередині деякого підпростору можливих рішень. Розроблений метод дозволяє формалізувати фактори, що враховують тактичні умови проведення повітряної розвідки, вплив зовнішнього середовища на дальність польоту безпілотного літального апарату у вигляді лінгвістичних і інтервально-оцінюваних параметрів для кожного варіанту, які дозволяють врахувати невизначеність. Вихідними даними методу є рекомендація відносно доцільної стратегії польоту безпілотного літального апарату, яка містить інформацію про перелік найважливіших об'єктів розвідки, точки початку, кінця маршруту польоту, початковий курс польоту, рекомендовані висоти польоту на небезпечних ділянках, спосіб пошуку і огляду місцевості. Виходячи із MISO-структури нечітких продукційних правил, в яких використовуються дійсні числа (номер доцільної стратегії польоту безпілотного літального апарату), запропоновано в якості алгоритму виведення в логічній системі інтервального типу 2 використання виводу для нечітких множин другого порядку. Обґрунтовано, що компоненти архітектури нечіткої логічної системи інтервального типу 2 забезпечують реалізацію відповідного механізму виводу, який представляє собою сукупність правил виводу і способи їх застосування.

Ключові слова: планування маршруту польоту, інтервальні нечіткі множини типу 2, особа, що приймає рішення, нечітка логічна система, трикутні нечіткі числа, трапецієподібні нечіткі інтервали, знання, формалізація знань, стратегія польоту безпілотного літального апарату.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасні загрози українській державності з боку РФ вимагають пошуку адекватної відповіді на щоденні виклики. Це можливо завдяки осмисленню сутності сучасних збройних зіткнень, аналізу, вивченню та узагальненню світового досвіду протистояння воєнній загрозі [1-3]. Актуальною задачею при оборонному характері воєнної доктрини стає постійне спостереження за противником для забезпечення своєчасного і організованого переходу військ з мирного на воєнний стан. Головна роль при цьому відводиться повітряній розвідці, яка є однією з найважливіших умов успіху бойових дій авіації та інших родів військ, завданнями якої є своєчасне забезпечення командування і штабів повними і достовірними даними про противника. Тому, саме в теперішній час безпілотні літальні апарати (БПЛА) розглядаються як ефективний та надійний засіб повітряної розвідки. Досягнення успішності ведення бойових дій здійснюється завдяки

оперативній доставці повної, достовірної інформації про противника.

Критерії ефективності планування маршруту польоту розвідувального БПЛА тактичної ланки обумовлюються [3-10]: завданням вищого штабу; можливостями противника щодо зриву розвідувального завдання; часовими параметрами планування та виконання завдання; параметрами, які визначають технічні можливості БПЛА. Застосування БПЛА в умовах вимог та обмежень, льотно-технічних можливостей, наявність засобів ураження противника передбачає велику множину варіантів маршруту польоту, що обумовлює складність у прийнятті обґрунтованого рішення щодо побудови оптимального маршруту польоту. Як доводить досвід практичного застосування БПЛА [1,4], умови, вимоги, обмеження, які висуваються до розвідувальних завдань, вплив зовнішніх факторів, врахування найважливіших об'єктів для обльоту можуть суперечити один одному, створюючи невизначеність при наданні пріоритету будь-якому з них під час планування.

Тому виробка рекомендацій щодо визначення доцільної стратегії польоту розвідувальних БПЛА на етапі планування повітряної розвідки є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення ефективності повітряної розвідки з використанням БПЛА тактичної ланки є достатньо поширеною науковою проблематикою, яку розглядає ряд вітчизняних та зарубіжних науковців. В [1-3] не враховано фактори впливу зовнішнього середовища, які, у свою чергу, вносять зміни у вихідний результат планування. Наведені фактори впливу враховуються із високим ступенем суб'єктивізму особи, яка планує маршрут польоту. У працях [2-5] розглядаються математичні моделі, які мають за мету підвищення ефективності розвідки з БПЛА шляхом визначення оптимального маршруту польоту за допомогою розрахунку ймовірності виконання завдань розвідки. Проте, досвід застосування БПЛА в операції об'єднаних сил на сході України свідчить про необхідність врахування факторів, які впливають на ефективність розвідувальних операцій з БПЛА. Необхідно брати до уваги загрози та обмеження природного та технічного характеру [6-9], які суттєво впливають на кінцевий результат польотного завдання.

Висока вразливість БПЛА від різних факторів бойової обстановки, низька «інтелектуальність» в автономному режимі через відсутність таких людських якостей, як оперативне прийняття рішення, можливість перенесення основних зусиль на нові, більш важливі об'єкти, вміння ухилитися від небезпеки і оперативного застосовувати заходи до обману противника, є сьогодні нерозв'язними проблемами, що знижують ефективність бойового застосування сучасних БПЛА та потребують врахування вищеперахованих факторів на етапі планування повітряної розвідки [11-15].

З точки зору формального опису відомі методи планування маршруту польоту БПЛА можна розділити на дві категорії: детерміновані і евристичні. Детерміновані методи засновані на точних математичних моделях, строго певній послідовності обчислень. За допомогою евристичних методів шукають рішення усередині деякого підпростору можливих прийнятних рішень, при чому знайдене рішення формально може не бути оптимальним (глобальним екстремумом), воно є найкращим з точки зору повсякденної практики щодо вирішення завдань повітряної розвідки, оснований на досвіді, інтуїції, знаннях особи, що приймає рішення (ОПР).

В рамках досліджуваної предметної області, як правило, фактори, що впливають на планування маршруту, мають нечіткі (розмиті) границі, а для деяких елементів інтервалу не можна з повною впевненістю стверджувати належність цих елементів однозначно до інтервалу. У той же час, деякі параметри району особливої уваги, ширини смуги розвідки, зовнішні фактори традиційно

задаються у вигляді лінгвістичних, а не числових значень [2,3]. Представлені подібним чином дані формалізуються, як правило, з використанням математичного апарату нечітких множин [5-10].

Отже, як показав аналіз публікацій за темою дослідження, описана вище задача, має важливість для науки і практики, залишається актуальною та потребує свого вирішення.

Мета статті. Розробка методу формалізації знань про процес визначення доцільної стратегії польоту безпілотних літальних апаратів в ході підготовки до ведення повітряної розвідки на основі нечітких логічних систем в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу дослідження

Процес зіставлення значень факторів, що враховують тактичні умови проведення розвідки, вплив зовнішнього середовища, прогнозованих в ході підготовки до ведення повітряної розвідки, зі значеннями поточних параметрів в ході ведення повітряної розвідки, формування рекомендацій щодо побудови маршруту польоту БПЛА будемо називати процесом планування маршруту БПЛА. Результатами планування маршруту польоту приймається рішення про можливість вирішення задачі повітряної розвідки, побудови маршруту польоту, визначення переліку у найважливіших об'єктів розвідки, то задачу планування маршруту польоту БПЛА доцільно вважати, як одну з найбільш важливих завдань повітряної розвідки.

Вхідними даними методу, що розроблюється, є формалізовані знання про можливі варіанти оперативної побудови противника при визначеному виді операції, комбінації зовнішніх факторів, що спрогнозовані в ході підготовки до ведення повітряної розвідки з використанням інтервальних нечітких множин типу 2 (ІНМТ2) і поточні результати, які характеризують тактичні умови та зовнішні фактори в ході ведення повітряної розвідки противника. Вхідними даними методу є рекомендації відносно доцільної стратегії польоту БПЛА, яка містить інформацію про перелік найважливіших об'єктів розвідки, точки початку, кінця маршруту польоту, початковий курс польоту, рекомендовані висоти польоту на небезпечних ділянках, спосіб пошуку і огляду місцевості (загальний, детальний, обліт заданого об'єкту, лінійного об'єкту і т. ін.).

При обґрунтуванні вибору нечіткої логічної системи інтервального типу 2 для формалізації знань про процес визначення доцільної стратегії польоту БПЛА в ході ведення повітряної розвідки необхідно здійснити:

- вибір типу нечітких множин, які використовуються в якості значень лінгвістичних змінних (ЛЗ), що складають умови і висновки відповідних нечітких продукційних правил. Тип нечітких множин безпосередньо визначає і тип нечіткої логічної системи, тобто вибір типу алгоритму нечіткого виводу, що використовується

в нечіткій логічній системі (НЛС).

Так як в якості значень ЛЗ зі складу умов і висновків відповідних нечітких продукційних правил (бази правил) використовуються ІНМТ2, то в якості нечіткої логічної системи будемо використовувати нечітку логічну систему інтервального типу 2 (НЛС ІТ2). Тип алгоритму нечіткого виводу, що використовується в нечіткій логічній системі, визначається структурою нечітких продукційних правил (БП); процедурою фазифікації, агрегування, активізації, акумулювання і дефазифікації. Причому вибір реалізації навіть одного компонента часто визначає і вибір всіх інших компонентів і власне типу алгоритму нечіткого виведення [12]. Виходячи із структури нечітких продукційних правил (правила з MISO-структурою, в якості заключення використовуються дійсні числа - номер доцільної стратегії польоту БПЛА) в якості алгоритму нечіткого виведення НЛС ІТ2 пропонується використання виводу для нечітких множин другого порядку (НМ2).

Для нечіткої системи с входами $x_1 \in X_1, \dots, x_p \in X_p$ та одним виходом $y \in Y$, нечіткій логічний вивід в загальному вигляді можливо представити

$$R^i: \text{ЯКЩО } x_1 = \tilde{A}_1^i \dots x_n = \tilde{A}_n^i \quad (1)$$

$$\text{ТОДІ } y = \tilde{B}^i, i = 1, \dots, M$$

Грунтуючись на нечіткій логіці типу 2, нечіткій вихід комбінує правила і дає відображення входних нечітких множин у вихідні НМ2. З точки зору математичної формалізації, нечітке продукційне правило, представлене виразом (1), розглядається як нечітка імплікація виду [7 – 9]:

$$\tilde{A} \rightarrow \tilde{B}, \tilde{A} \subseteq X, \tilde{B} \subseteq Y \quad (2)$$

З використанням математики НМТ2 нечітку імплікацію (2) можливо представити

$$\begin{aligned} \mu_{R^i}(x, y) &= \mu_{\tilde{A}^i \rightarrow \tilde{B}^i}(x, y) = \\ &= \mu_{\tilde{A}_1^i}(x_1) \prod \dots \prod \mu_{\tilde{A}_n^i}(x_n) \prod \mu_{\tilde{B}^i}(y) = \\ &= \mu_{R^i}(x_1, \dots, x_n, y) \end{aligned} \quad (3)$$

де \prod – операція перетину (meet), яка використовується в математиці для НМТ2.

В якості операції перетину використовуються операція добутку (product) або операція мінімуму (minimum).

Розроблений метод формалізації знань про процес визначення доцільної стратегії польоту БПЛА в ході підготовки до ведення повітряної розвідки з використанням алгоритму нечіткого виведення для НЛС ІТ2 включає наступні основні етапи (рис. 1):

– отримання результатів формалізованого представлення в термінах НЛС ІТ2 змінних, що описують параметри районів особливої уваги, ширини смуги розвідки, кількість засобів ППО,

вплив зовнішніх факторів на дальність польоту БПЛА, які були спрогнозовані в ході попередньої підготовки до ведення повітряної розвідки;

– отримання значень факторів, що описують реальну обстановку в ході ведення повітряної розвідки. Отримані значення використовуються в якості значень входних змінних НЛС ІТ2 для вирішення задачі планування маршруту польоту БПЛА;

– визначення значення зміни дальності польоту БПЛА від впливу факторів зовнішнього середовища (висоти польоту, швидкості попутного, зустрічного вітру, швидкості БПЛА, температури повітря) з використанням нечітких логічних рівнянь в ході ведення повітряної розвідки;

– виконання процедури фазифікації значень входних змінних НЛС ІТ2, тобто знаходження значень функцій приналежності ІНМТ2, що представляють антецеденти продукцій БП НЛС ІТ2;

– виконання процедури агрегування, тобто визначення агрегованого ступеня істинності за всіма умовами кожного активізованого нечіткого продукційного правила у вигляді активізаційного рівня;

– виконання процедури активізації, тобто визначення первинної приналежності (область визначення нечіткої ступеня приналежності входних значень факторів, що враховують тактичні умови проведення розвідки, впливу зовнішнього середовища), до наперед заданої стратегії польоту БПЛА;

– виконання процедури акумуляції для НЛС ІТ2, тобто знаходження значень нижньої і верхньої меж FOU ІНМТ2;

– блок приведення типу для отримання НМТ1 за результатами акумуляції висновків правил, що мають одну і ту ж вихідну ЛЗ, організація дефазифікації, тобто знаходження значення для НМТ1.

В якості вирішення задачі планування маршруту польоту БПЛА приймається номер стратегії (перелік найважливіших об'єктів розвідки, точки початку, кінця маршруту польоту, початковий курс польоту, рекомендовані висоти польоту на небезпечних ділянках, спосіб пошуку і огляду місцевості (загальний, детальний, обліт заданого об'єкту, лінійного об'єкту), який має максимальну нечітку ступінь належності.

Розглянемо особливості визначення значення зміни дальності польоту БПЛА від впливу факторів зовнішнього середовища з використанням нечітких логічних рівнянь в методі формалізації знань про процес визначення доцільної стратегії польоту.

попутного, зустрічного вітру, швидкості БПЛА, температури повітря на зміну дальності польоту і запропоновано використання методу ідентифікації для формалізації залежностей та формування нечіткої бази знань (рис. 2).

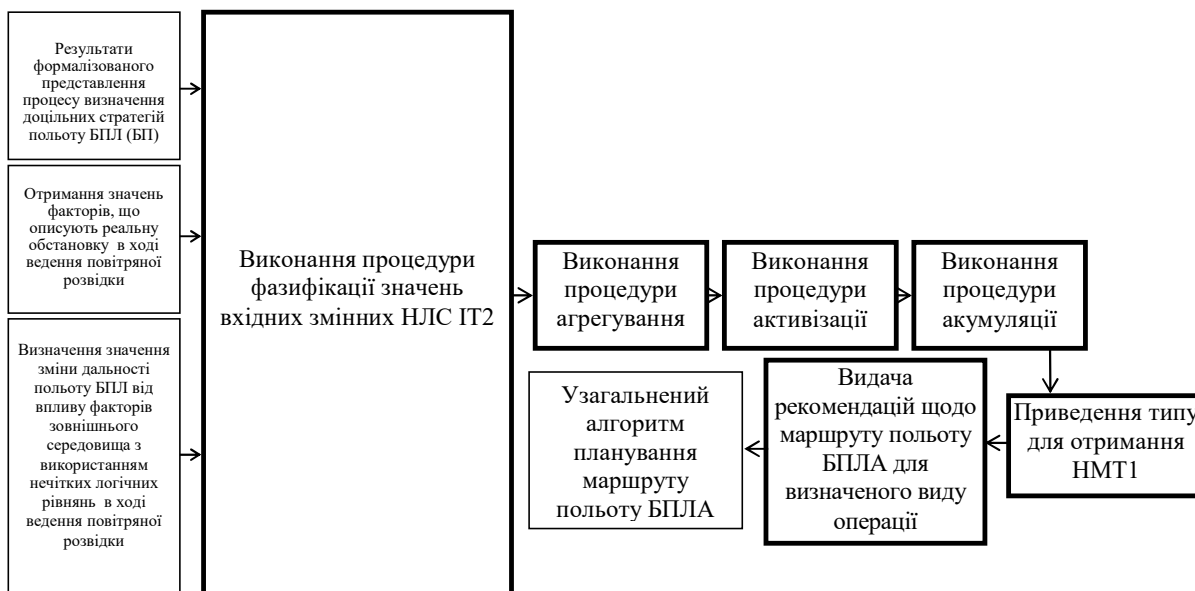


Рис. 1 Структура методу формалізації знань про процес визначення доцільної стратегії польоту БПЛА в ході підготовки до повітряної розвідки з використанням алгоритму нечіткого виводу для НЛС ІТ2

Для визначення впливу зовнішнього середовища на дальність польоту був проведений аналіз впливу висоти польоту, швидкості

Метод ідентифікації полягає в використанні нечітких логічних рівнянь, які формуються на основі матриці знань системи логічних

висловлювань (табл. 1) і дозволяють обчислювати значення функцій приналежності різних рішень при фіксованих значеннях вихідних змінних об'єкта з найбільшим значенням функції приналежності.

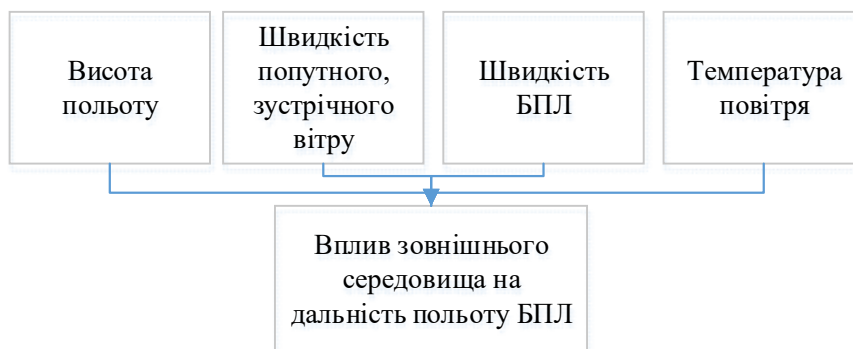


Рисунок 2 Залежність дальності польоту БПЛА від висоти польоту, швидкості попутного, зустрічного вітру, температури повітря та швидкості польоту

Процедуру визначення зміни дальності польоту від факторів зовнішнього середовища пропонується представити у вигляді нечіткої бази знань, що представляє собою сукупність лінгвістичних висловлювань типу ЯКЩО <входи>, ТОДІ <виходи>, налаштовуючи нечітку базу знань можна ідентифікувати нелінійні залежності з необхідною точністю. Будемо вважати відомими:

- множину рішень $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, що відповідають вихідній змінній y (значення зміни дальності польоту від впливу зовнішнього середовища);

- множина вхідних змінних $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ (значення висоти польоту, швидкості попутного,

зстрічного вітру, температури повітря, швидкості).

- діапазони кількісної зміни кожної вхідної змінної $x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$; $i = \overline{1, n}$;

- функції приналежності, що дозволяють представляти вхідні змінні x_i ; $i = \overline{1, n}$ і вихідну змінну у вигляді НМ1:

$$a_i^p = \int_{\underline{x}_i}^{\overline{x}_i} \mu^{a_i^p}(x_i) / x_i, \quad (4)$$

$$d_j = \int_{\underline{d}}^{\overline{d}} \mu^{d_j}(d) / d, \quad (5)$$

швидкості попутного, зустрічного вітру, швидкості, температури повітря на зміну дальності польоту дозволив сформувати нечітку базу знань, перейти визначенню зміни дальності польоту БПЛА [7]:

1. Аналіз вхідної інформації: фіксується вектор значень вхідних змінних (значення висоти польоту, швидкості попутного, зустрічного вітру, температури повітря, швидкості БПЛА) $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ і визначаються ЛЗ по ознакам

$\langle x_1^*, \alpha_1, \dots \rangle \dots \langle x_n^*, \alpha_j, \dots \rangle$, де α_j - терм-множина параметра x_n .

2. Визначення значень функцій приналежності для значень вхідних, вихідних змінних $x_i^*, y_i, i = \overline{1, n}$.

3. Використання нечітких логічних рівнянь, отриманих на основі правил (9), що дозволяють обчислити значення функцій приналежності різних рішень при фіксованих значеннях вхідних змінних

$$R : \left\{ \begin{array}{l} \text{IF } x_1 = \alpha_1^{(11)} \text{ AND } x_2 = \alpha_2^{(11)} \dots \left[\text{AND } x_k = \alpha_k^{(11)} \right] \dots x_n = \alpha_n^{(1h_1)} \\ \text{THEN } y_1 = d_1, \\ \text{IF } x_1 = \alpha_1^{(21)} \text{ AND } x_2 = \alpha_2^{(21)} \dots \left[\text{AND } x_k = \alpha_k^{(21)} \right] \dots x_n = \alpha_n^{(2h_2)} \\ \text{THEN } y_2 = d_2, \\ \dots \dots \dots \\ \text{IF } x_1 = \alpha_1^{(ml)} \text{ AND } x_2 = \alpha_2^{(ml)} \dots \left[\text{AND } x_k = \alpha_k^{(ml)} \right] \dots x_n = \alpha_n^{(mh_m)} \\ \text{THEN } y_m = d_m. \end{array} \right. \quad (9)$$

Зв'язок між функціями приналежності може бути представлений у вигляді рівнянь

$$\begin{aligned} \mu_{(0...10)}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{11})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{11})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{11})}(x_n) \vee \\ &\mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{12})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{12})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{12})}(x_n) \vee \dots \\ &\dots \vee \mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{1k_1})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{1k_1})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{1k_1})}(x_n), \\ \mu_{(11...20)}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{21})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{21})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{21})}(x_n) \vee \\ &\mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{22})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{22})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{22})}(x_n) \vee \dots \\ &\dots \vee \mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{2k_2})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{2k_2})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{2k_2})}(x_n), \\ \mu_{(21...30)}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{31})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{31})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{31})}(x_n) \vee \\ &\mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{32})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{32})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{32})}(x_n) \vee \dots \\ &\dots \vee \mu_{\tilde{A}(\alpha_1^{3k_3})}(x_1) \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_2^{3k_3})}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{\tilde{A}(\alpha_n^{3k_3})}(x_n). \end{aligned} \quad (10)$$

Таким чином, згідно методу нечіткої ідентифікації по заданому вектору вхідних змінних $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ та сформованої нечіткої бази знань можливе знаходження дискретних значень (d_1, d_2, \dots, d_m) , що є прогнозованими значеннями зміни дальності польоту БПЛА при впливі зовнішнього середовища. Находження дискретного значення $\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ вихідної змінної у по заданому вектору фіксованих значень вхідних змінних $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$ і нечіткої бази знань дозволяє знайти значення зміни дальності польоту БПЛА.

Розроблений метод формалізації знань про

процес визначення доцільної стратегії польоту БПЛА на основі ІНМТ2 дозволяє формалізувати фактори, що враховують тактичні умови проведення повітряної розвідки, вплив зовнішнього середовища на дальність польоту у вигляді лінгвістичних і інтервально-оцінюваних параметрів для кожного варіанту, які дозволяють врахувати невизначеність; формувати область визначення лінгвістичних змінних, що використовують для опису тактичних умов проведення повітряної розвідки та впливу зовнішнього середовища на дальність польоту БПЛА; формувати з множини найважливіших об'єктів повітряної розвідки найбільш значимих наземних об'єктів на основі оцінки міри невідомості елементів; формалізувати стратегії

польоту БПЛА для кожного можливого варіанту оперативної побудови, впливу зовнішнього середовища у вигляді нечітких продукційних правил (в якості антецедента, консеквента використовують нечіткі лінгвістичні висловлювання).

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, досліджено, що для задачі планування маршруту польоту БПЛА на етапі планування повітряної розвідки доцільно використовувати евристичні методи, які шукають рішення усередині деякого підпростору можливих прийнятних рішень і вони є найкращими з точки зору врахування практики, досвіду, інтуїції, знань ОПР при веденні повітряної розвідки. Значення

окремих прогнозованих факторів доцільно представляти з використанням математичного апарату нечітких множин. В цілому розгляд компонентів архітектури НЛС ІТ2 забезпечує реалізацію відповідного механізму виводу, який представляє собою сукупність правил виводу, тобто в даному випадку це база правил НЛС ІТ2 (декларативні знання), і способи застосування цих правил, тобто в даному випадку це процедури фазифікації, агрегування, акумулювання, приведення типів і дефазифікації. В якості вирішення задачі планування маршруту польоту БПЛА приймається номер стратегії, який має максимальну нечітку ступінь приналежності (первинну приналежність).

Література

1. Камінський В.В. Аналіз застосування безпілотних літальних апаратів в сучасних збройних конфліктах та АТО на Сході України / В.В. Камінський, В.В. Тюрін, О.А. Корщев, Н.О. Королюк // Наука і оборона. – 2017. – № 3(4). – С.4-8. 2. Степанов Г.С. Погляди щодо проблемних питань застосування Повітряних Сил в протиповітряній обороні / Г.С. Степанов, В.В. Камінський, М.А. Павленко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2018. – №1(30). – С. 18-23. 3. Камінський В.В. Боротьба з повітряним тероризмом має починатися з землі / В.В. Камінський // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – № 1(14). – С. 16-23. 4. Олизаренко С.А. Нечеткие множества типа 2. Терминология и представление / С.А. Олизаренко, Е.В. Брежнев, А.В. Перепелица // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 8(89). – С. 131–140. 5. Олизаренко С.А. Интервальные нечеткие множества типа 2. Терминология, представление, операции / С.А. Олизаренко, А.В. Перепелица, В.А. Капранов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 2(92). – С. 39 – 45. 6. Королюк Н.О. Обґрунтування сучасного підходу щодо автоматизації процесів прийняття рішень по управлінню авіацією / Н.О. Королюк, О.В.Першин, Т.О. Грідньова, С.О. Шевченко // Збірник наукових праць. - 2019. - №1(59). – С.32-39. 7. Saaty, T. “Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks [on line]”. European Journal of Operational Research, vol. 199, is. 3, 2009, p. 867–872. 8. Королюк Н.О. Процедура формалізації даних, які використовуються при описі процесу управління рухом повітряних об’єктів / Н.О. Королюк, Р.В. Корольов, О.А. Корщев // Збірник наукових праць ХНУПС. – 2017. – № 4(53). – С.103-106. 9. Korolyuk, N. “An approach to prediction of the telecommunication network quality parameters under the conditions of non-stochastic uncertainty”, Telecommunications and Radio Engineering, Issue 11, Volume 76, 2017. Pages 1027-1032. 10. Королюк Н.О. Удосконалення програмного забезпечення комплексів засобів автоматизації при розпізнаванні типу повітряного об’єкта / Н.О.Королюк, В.В. Синявський, Д.О. Хаустов // Системи озброєння і військової техніки. – 2017. – № 1(49). – С. 67-80. 11. Тимочко О.І. Метод оцінки ступеня небезпеки

нештатних ситуацій у повітряному просторі / О.І. Тимочко, П.П. Зуєв // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 1(26). – С. 49-53. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, А.В. Мишин, Б.Н. Судаков. – Х.: ХУВС, 2011. – 355 с. 12. Ротштейн О.П. Діагностика на базі нечітких відношень в умовах невизначеності: моногр. / О.П. Ротштейн, Г. Б. Ракитянська. – Вінниця: Універсум, 2006 – 275 с. 13. Korolyuk, N. (2014) , “Hybrid model of knowledge for situation recognition in airspace”, Automatic Control and Computer Sciences, Vol. 49, pp.16-25. 14. Alimpiev, A. (2017), “Selecting a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data” P.Berdnik, N.Korolyuk, O.Korshets, M. Pavlenko, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774. - №1/9 (85 pp 53-60. 15. Hnagras, H. Introduction to Interval Type-2 Fuzzy Logic Controllers – Towards Better Uncertainty Handling in Real World Applications / Hani Hnagras, Christian Wagner // IEEE eNewsletter. Systems, Man and Cybernetics Society. – Issue 27. –June 2009. 16. Mendel, J. Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems Made Simple / J.M. Mendel, R.I. John, Feilong Liu // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – December 2006. – Vol. 14, no. 6. – P. 808-821. 17. Пермяков О.Ю. Інформаційно – телекомунікаційні технології і сучасна збройна боротьба / О.Ю. Пермяков, Н.О. Королюк // Науково-технічна конференція молодих учених «Актуальні проблеми інформаційних технологій» (20-21 листопада 2018 року). - Київ: НУОУ, 2018. - С. 5-6. 18. Mendel, J. Standard Background Material About Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems / J.M. Mendel, H. Hnagras, R.I. John // IEEE CIS Standards Committee [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://ieee-cis.org/technical/standards/>. 19. Wu, H. Uncertainty Bounds and Their Use in the Design of Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems / H. Wu, J.M. Mendel // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – October 2002. – Vol. 10, no. 5. – P. 622-639. 20. Wu, D. Enhanced Karnik-Mendel Algorithms / D. Wu, J.M. Mendel // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – August 2009. – Vol. 17, no. 4. – P. 923-934. 21. Mendel, J. On centroid calculations for Type-2 Fuzzy Sets / J.M. Mendel // Appl. Comput. Math. – 2011. – V.10, no.1, Special Issue. – P. 88-96.

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О ПРОЦЕССЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ СТРАТЕГИИ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ХОДЕ ПОДГОТОВКИ К ВЕДЕНИЮ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Александр Юрьевич Пермяков (доктор технических наук, профессор)¹

Марина Валерьевна Дудко²

Наталья Александровна Королюк (кандидат технических наук, доцент)²

¹*Национальный университет обороны Украины имени И. Черняховского, Киев*

²*Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени И. Кожедуба, Харьков*

В статье предлагается подход по формализации знаний о процессе определения целесообразной стратегии полета беспилотного летательного аппарата на этапе планирования воздушной разведки с помощью эвристических методов, которые являются лучшими с точки зрения учета практики, опыта, интуиции, знаний лиц, принимающих решения, при ведении воздушной разведки, и осуществляющих поиск решения внутри некоторого подпространства возможных приемлемых решений. Разработанный метод позволяет формализовать факторы, учитывающие тактические условия ведения воздушной разведки, влияние внешней среды на дальность полета беспилотного летательного аппарата в виде лингвистических и интервально-оцениваемых параметров для каждого варианта, которые позволяют учесть неопределенность. Исходными данными метода является рекомендация по применению целесообразной стратегии полета беспилотного летательного аппарата, содержащая информацию о перечне важнейших объектов разведки, точки начала, конца маршрута полета, начальный курс полета, рекомендованные высоты полета на опасных участках, способ поиска и осмотра местности. Исходя из MISO- структуры нечетких продукционных правил, в заключении которых используются действительные числа (номер целесообразной стратегии полета беспилотного летательного аппарата), предлагается в качестве алгоритма вывода в логической системе интервального типа 2 использование вывода для нечетких множеств второго порядка. Обосновано, что компоненты архитектуры нечеткой логической системы интервального типа 2 обеспечивают реализацию соответствующего механизма вывода, который представляет собой совокупность правил вывода и способы их применения.

Ключевые слова: *планирование маршрута полета, интервальные нечеткие множества типа 2, лицо, принимающее решение, нечеткая логическая система, треугольные нечеткие числа, трапециевидные нечеткие интервалы, знания, формализация знаний, стратегия полета беспилотного летательного аппарата*

METHOD FOR FORMALIZING KNOWLEDGE ABOUT THE PROCESSES OF DETERMINING PERFECT FLIGHT STRATEGIES FOR UNMANNED VEHICLES DURING PREPARATION FOR AERIAL SURVEILLANCE BASED ON FUZZY LOGICAL SYSTEMS

Aleksandr Permiakov (Doctor of technical sciences, professor)¹

Marina Dudko²

Natalia Korolyuk (Candidate of Technical Sciences, associate professor)²

¹*National defence University of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky, in Kiev, Ukraine*

²*Kharkiv national Air Forces University named after I. Kozhedub, Kharkiv, Ukraine*

The article proposes an approach to the formalization of knowledge about the process of determining an appropriate flight strategy for an unmanned aerial vehicle at the stage of planning aerial reconnaissance using heuristic methods, which are the best in terms of taking into account practice, experience, intuition, knowledge of decision-makers, when conducting aerial reconnaissance, and are looking for solutions within some sub-space of possible acceptable solutions. The developed method allows one to formalize factors, takes into account the tactical conditions of aerial reconnaissance, the influence of the external environment on the flight range of an unmanned aerial vehicle in the form of linguistic and interval-estimated parameters for each option, which allow for uncertainty. The initial data of the method is a recommendation regarding an expedient flight strategy for an unmanned aerial vehicle, containing information on the list of the most important reconnaissance objects, the start point, the end of the flight route, the initial flight path, the recommended flight altitudes in dangerous areas, the method search and inspection of the terrain. Based on the structure of fuzzy production rules by the MISO-structure, in the conclusion of which real numbers (the number of the expedient strategy for the flight of an unmanned aerial vehicle) are used, which is proposed as a fuzzy inference algorithm in a fuzzy logical system of interval type 2 for derivation of inference for fuzzy sets of the second order. It is substantiated that the components of the architecture of a fuzzy logical system of interval type 2 provide the implementation of the corresponding inference mechanism, which is a set of inference rules and methods of their application.

Keywords: *flight route planning, interval fuzzy sets of type 2, decision maker, fuzzy logical system, triangular fuzzy numbers, trapezoidal fuzzy intervals, knowledge, knowledge formalization, unmanned aerial vehicle flight strategy*

References

- Kaminskiy, V.V.**, Analysis of application of UAF in modern armed conflicts on East of Ukraine / V.V. Kaminskiy, V.V. Turin, // Science and defense. - 2017. - № 3 (4). - P.4-8. **2. Stepanov, G.S.**, Kaminskiy, V.V., Pavlenko, M.A. (2018), "Take a look at the problematic power supply of the Reconciled Forces in the prototype defense", [Pohlyady odnosyitel'no problemnykh voprosam! Zastosuvannya Povitryanykh Syl v protipovitryaniy oboroni], Science and Technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine, No. 1(30), pp.18-23. **3. Kaminsky, V.V.**, (2014), "The fight against air terrorism must begin with land", [Borotba z povitryanim terorizmom maє pochynatisya z zemli], Science and technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine, No. 1(14), pp. 16-23. **4. Olizarenko, S.A.**, Brezhnev, Ye.V., Perepelitsa, A.V. (2010), "Nechetkiye mnozhestva tipa 2. Terminologiya i predstavleniye" [Nechitki mnozhhyny typu 2. Terminolohiya i uyavleniyya], Systems for processing information, VIP. 8(89), pp. 131–140. **5. Olizarenko, S.A.**, Perepelitsa, A.V., Kapranov, V.A. (2011), "Interval fuzzy sets of type 2. Terminology, representation, operations" [Interval'nyye nechetkiye mnozhestva tipa 2. Terminologiya, predstavleniye, operatsii], Systems for processing information, VIP. 2 (92), pp. 39 - 45. **6. Korolyuk, N.**, Pershin, A. (2019), "Ground of modern method in relation to the avtomatik processes of making decision for by the aviation's" [Osnova suchasnoho metodu shchodo avtomatychnykh protsesiv pryynyattya rishennya aviatsiyeyu], Collection of scientific works, №1 (59), pp. 32-39. **7. Saaty, T.**, (2009), "Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks [on line]", European Journal of Operational Research, vol. 199, is. 3, pp. 867–872. **8. Korolyuk, N.O.**, Korolov, R.V. and Korshets, O.A., (2017), "Procedura formalizacii danih, yaki vikoristovuyut'sya pri opisi procesu upravlinnya ruhom povitryanih ob'ektiv", [Procedure for formalizing data used in describing the process of controlling the movement of air objects], Communication, radio engineering, acoustics and navigation. pp. 103-106. **9. Korolyuk, N.**, (2017), "An approach to prediction of the telecommunication network quality parameters under the conditions of non-stochastic uncertainty", Telecommunications and Radio Engineering, Issue 11. Volume 76, pp. 1027-1032. **10. Korolyuk, N.O.**, Sinyavsky, V.V. and Haustov, D.O. (2017), "Udoskonalennya programnogo zabezpechennya kompleksiv zasobiv avtomatizacii pri rozpiznavanni tipu povitryanogo ob'ekta", [Improvement of software of complexes of automation means when recognizing the type of air object], Systems of armament and military equipment, No. 1(49), pp. 67-80. **11. Timochko, O.I.**, and Zuyev, P.P. (2017), "Metod ocinki stupenya nebezpeki neshtatnih situacij u povitryanomu prostori", [Method of estimation of the degree of danger of abnormal situations in the air space], Science and technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine, No. 1(26), pp. 49-53. **12. Yarushek, V.E.**, Prokhorov, V.P., Mishin, A.V. and Sudacov, B.N. (2011), "Teoreticheskie osnovy avtomatizacii processov vyrabotki reshenij v sistemah upravleniya", [Theoretion bases of automation of decision-making processes in control systems], KNAFU, 355 p. **13. Rotshtein O. P.**, (2006) "Diahnostyka na bazi nechetkikh vidnoshen' v uslovyakh nevizna-chenosti", [Diagnosis based on fuzzy relationships in conditions of uncertainty], Vinnica, MD, 275 p. **14. Korolyuk, N.**, (2014) , "Hybrid model of knowledge for situation recognition in airspace", Automatic Control and Computer Sciences, Vol.49, pp.16-25. **15. Alimpiev, A.**, (2017), "Selecting a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data" P.Berdnik, N.Korolyuk, O.Korshets, M. Pavlenko, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774. - №1/ 9 (85 pp 53-60. **16. Hagrass, H.**, Introduction to Interval Type-2 Fuzzy Logic Controllers – Towards Better Uncertainty Handling in Real World Applications / Hani Hagrass, Christian Wagner // IEEE eNewsletter. Systems, Man and Cybernetics Society. – Issue 27. –June 2009. **17. Mendel, J.M.**, Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems Made Simple / J.M. Mendel, R.I. John, Feilong Liu // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – December 2006. – Vol. 14, no. 6. – P. 808-821. **18. Permiakov, O.**, Korolyuk, N. (2018), "Informatsiyno – telekomunikatsiyni tekhnolohiyi i suchasna zbroyna borot'ba" [Information and telecommunication technologies and modern armed struggle], Scientific and technical conference of young scientists "Actual problems of information technologies", Kiev, MD, pp. 5-6. **19. Mendel, J.M.**, Standard Background Material About Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems / J.M. Mendel, H. Hagrass, R.I. John // IEEE CIS Standards Committee [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://iee-cis.org/technical/standards/>. **20. Wu, H.**, Uncertainty Bounds and Their Use in the Design of Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems / H. Wu, J.M. Mendel // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – October 2002. – Vol. 10, no. 5. – P. 622-639. **21. Wu, D.**, Enhanced Karnik-Mendel Algorithms / D. Wu, J.M. Mendel // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – August 2009. – Vol. 17, no. 4. – P. 923-934. **22. Mendel, J.M.**, On centroid calculations for Type-2 Fuzzy Sets / J.M. Mendel // Appl. Comput. Math. – 2011. – V.10, no.1, Special Issue. – P. 88-96.

Сергій Атаполійович Микусь (кандидат військових наук, доцент)¹

Олена Михайлівна Сівоха²

Ростислав Валерійович Лісневський (кандидат технічних наук, доцент)³

¹ Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

² Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ, Україна

³ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ПІДХОДИ ДО ВИБОРУ ВАРІАНТУ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В теперішній час, найбільшій актуальними залишаються питання оцінки ІТСВП при виборі варіанту побудови ІТСВП на етапі планування зв'язку. Оцінка ІТС не є самоціллю, а є основою для кількісного обґрунтування рішення на організацію зв'язку. Це і обумовлює актуальність проблеми вибору варіанту побудови інформаційно-телекомунікаційної системи військового призначення.

Складні системи (до яких відноситься також і система зв'язку), перебуваючи в різних умовах (ситуаціях, режимах), виявляють різні системні властивості, в тому числі і не сумісні ні з однією з ситуацій окремо. Однак жодною не можна нехтувати, оскільки кожна характеризує якусь властивість досліджуваного явища, і жодна з них не може бути прийнята як єдина, оскільки не виражає всіх його властивостей. Розробка формального апарату рішення багато параметричних задач оцінки ефективності функціонування системи зв'язку передбачає системний взаємозв'язок суперечливих показників.

Виходячи з цього, пропонується удосконалена методики вибору варіанту побудови інформаційно-телекомунікаційної системи військового призначення, яка відрізняється від існуючої тим, що особа, що приймає рішення на організацію зв'язку, з визначених можливих варіантів обирає раціональний за рахунок використання методів аналізу ієрархій і таксономії.

Ключові слова: інформаційно-телекомунікаційна система військового призначення; вибір варіанту побудови інформаційно-телекомунікаційної системи військового призначення; показники оцінки.

Вступ

Постановка проблеми. Інформаційно-телекомунікаційна система військового призначення (ІТСВП) – частина системи військового зв'язку, що являє собою сукупність військових телекомунікаційних мереж доступу та військової транспортної телекомунікаційної мережі і призначена для забезпечення службових осіб органів військового управління телекомунікаційними послугами та надання каналів передавання і групових трактів засобам та комплексам автоматизації [1-2].

Тому вона повинна відповідати вимогам, які ставляться до неї вищою системою, тобто системою управління військами щодо забезпечення управління. Це вимагає оцінки рівня її пристосування до виконання поставлених перед нею завдань, або ж ступеню її відповідності своєму цільовому призначенню.

Оцінка ІТС не є самоціллю, а є основою для кількісного обґрунтування рішення на організацію зв'язку. При цьому основними задачами можуть бути наступні: вибір варіанта побудови ІТСВП на етапі її проектування; вибір варіанта побудови ІТСВП на етапі планування зв'язку; вибір варіанту нарощування ІТС в динаміці бойових дій; вибір доцільних способів організації зв'язку; визначення ефективності діючої ІТСВП. В теперішній час,

найбільшій актуальними залишаються питання оцінки ІТСВП при вирішенні другої задачі.

Аналіз остатніх досліджень і публікацій. Проблематиці оцінки телекомунікаційних систем приділяють увагу багато вчених, як в Україні, так і за кордоном. Деякі досліджують питання: в статті [3] – проектування сучасних систем управління телекомунікація ми, як складних технічних систем (Дишук А. С.); в статті [4] – визначення комплексного ймовірного показника ефективності діяльності на основі моделювання телекомунікаційної мережі та використання математичного апарату нечітких чисел (Басараб К.О.).

В статті [5] розглянуто різні підходи до вибору показників, які використовуються для оцінки ефективності функціонування системи зв'язку, обґрунтовано використання для оцінки ефективності системи зв'язку узагальненого показника шляхом нормування значень часткових показників та їх складування, але не враховано важливість кожного показника.

В роботі [6] розглянуто запропонований показник ефективності мереж зв'язку та їх елементів, що забезпечує можливість їх порівняння на етапах створення та експлуатації та наведено метод визначення показника ефективності і оптимальної робочої точки функціонування мережі зв'язку та її елементів, але

не вирішено питання визначення комплексного показника оцінки варіантів побудови ІТС на етапі планування.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про те, що розглянуті підходи в оцінці ІТС в не повній мірі відповідають вимогам, що накладаються на сучасні ІТС

Таким чином, метою статті є визначення підходів до вибору варіантів побудови ІТСВП на етапі планування зв'язку.

Виклад основного матеріалу дослідження

Сучасна наука для вивчення складних явищ і об'єктів застосовує системний підхід. Комплексний об'єкт дослідження не може характеризуватися якоюсь однією (найбільш важливою або типовою) ознакою, при його описі одночасно враховуються велика кількість нероздільних властивостей. Навіть якщо досліджується не весь комплексний об'єкт, а лише його частина, сучасний системний підхід вимагає залучення всього спектра властивостей. Будь-який фрагмент комплексу доводиться розглядати не ізольовано, а в багато численних суперечливих взаємозв'язках і, що важливо, в різних можливих ситуаціях [7]. Складні системи (до яких відноситься також і система зв'язку), перебуваючи в різних умовах (ситуаціях, режимах), виявляють різні системні властивості, в тому числі і не сумісні ні з однією з ситуацій окремо. При їх вивченні застосовується підхід, що складається в створенні і одночасному співіснуванні не однієї, а багатьох теоретичних моделей одного і того ж явища, причому деякі з них концептуально суперечать один одному [7]. Однак жодною не можна нехтувати, оскільки кожна характеризує якусь властивість досліджуваного явища, і жодна з них не може бути прийнята як єдина, оскільки не виражає всіх його властивостей. Розробка формального апарату рішення багато параметричних задач оцінки ефективності функціонування системи зв'язку передбачає системний взаємозв'язок суперечливих показників.

Виходячи з цього, автором пропонується удосконалена методики вибору варіанту побудови інформаційно-телекомунікаційної системи військового призначення, структурна схема якої наведена на рис. 1. Вона включає дванадцять блоків і має три складові:

I – вибір показників та визначення коефіцієнтів їх важливості (блок 1);

II – визначення можливих варіантів побудови ІТСВП та розрахунок значень показників (розрахунки та методики, які становлять блоки 2, 3);

III – порівняльний аналіз варіантів побудови ІТСВП та вибір оптимального (таксономічний метод, блоки 4-12).

Визначення оптимального варіанту побудови ІТСВП здійснюється в наступній послідовності:

1. Постановка задачі, яка полягає у виборі показників оцінки ІТСВП (W_j) і визначенні

коефіцієнтів їх важливості (λ_j) за допомогою методу аналізу ієрархій.

2. Визначення можливих варіантів структури побудови ІТСВП і способів організації зв'язку.

3. Розрахунок значень показників для всіх варіантів побудови ІТСВП здійснюється за допомогою методик та відповідних розрахунків [3, 7]. При цьому здійснюється оцінка ІТСВП, яка планується до розгортання, для кожного з визначених в другому блоці варіантів по обраним показникам (W_j).

4. Створення матриці значень розрахованих показників оцінки ІТСВП.

Значення розрахованих в третьому блоці методики показників $[w_{ij}], i=\overline{1, N}, j=\overline{1, R}$ зводяться в матрицю, загальний вигляд якої зображений на рис. 2.

5. Приведення значень показників до стандартизованого вигляду. Значення розрахованих показників оцінки ІТСВП мають різні одиниці вимірювання, тому для полегшення обчислювань доцільно їх привести до стандартизованого вигляду за формулою:

$$Z_{ij} = \frac{w_{ij} - w_j}{S_j},$$

$$\text{де } w_j = \frac{1}{N} \sum_i w_{ij}, i=\overline{1, N} \text{ для } N \text{ варіантів;}$$

$$S_j = \left[\frac{1}{N-1} \sum_i (w_{ij} - w_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

w_j – середнє арифметичне значення j -го показника по варіантах;

S_j – середнє квадратичне відхилення j -го показника;

Z_{ij} – стандартизоване значення j -го показника ефективності функціонування для i -го варіанту.

6. Вибір оптимального варіанту. У блоці 6 здійснюється вибір оптимального варіанту побудови ІТС в операції з урахуванням коефіцієнтів важливості (λ_j) показників оцінки ІТСВП за формулою: $S(A_i) = \sum_i Z_{ij} \lambda_j$.

Чим більше значення $S(A_i)$, тим краще варіант, що досліджується. Якщо один з варіантів побудови ІТСВП має суттєву перевагу відносно інших, то приймається рішення (блок 12) про його вибір, як оптимального. Якщо певна кількість варіантів мають однакові значення $S(A_i)$ або перевага не суттєва, тобто вибір раціонального варіанту не можливий, здійснюється порівняльний аналіз варіантів побудови ІТСВП за допомогою таксономічних методів (блоки 7-11 удосконаленої методики).

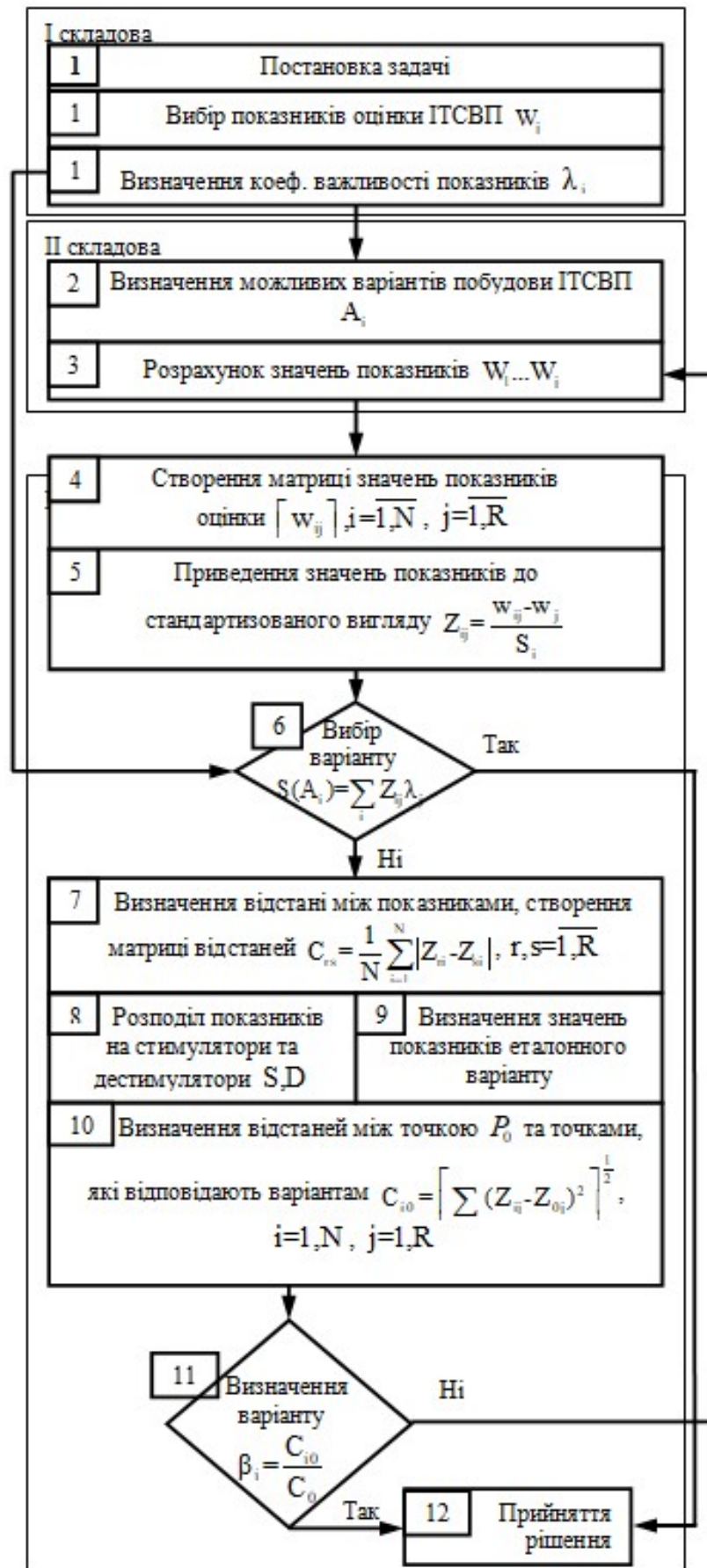


Рис. 1. Структурна схема удосконаленої методики вибору варіанту побудови інформаційно-телекомунікаційної системи військового призначення.

№ варіанта	Показники ефективності					
	W_1	W_2	...	W_j	...	W_r
A_1	w_{11}	w_{12}	...	w_{1j}	...	w_{1r}
A_2	w_{21}	w_{22}	...	w_{2j}	...	w_{2r}
.
.
A_i	w_{j1}	w_{j2}	...	w_{ij}	...	w_{ir}
.
.
A_n	w_{n1}	w_{n2}	...	w_{nj}	...	w_{nr}

Рис. 2. Загальний вигляд матриці значень розрахованих показників оцінки ІТСВП.

7. Визначення відстані між показниками. Після стандартизації визначаються елементи матриці відстаней між показниками. Для цього використовується середня абсолютна різниця їх значень (середнє по модулю за всіма варіантами), яка визначається за формулою [8]

$$C_{rs} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Z_{ri} - Z_{si}|, \quad r, s = \overline{1, R}.$$

Створюється матриця відстаней, загальний вигляд якої зображений на рис. 3.

Показники	1	2	...	S	...	R-2	R-1	R
1	0	C_{12}	...	C_{1S}	...	$C_{1(R-2)}$	$C_{1(R-1)}$	C_{1R}
2	C_{21}	0	...	C_{2S}	...	$C_{2(R-2)}$	$C_{2(R-1)}$	C_{2R}
...	...	...	0	...	...	...	...	...
r	C_{r1}	C_{r2}	...	0	...	$C_{r(R-2)}$	$C_{r(R-1)}$	C_{rR}
...	...	...	...	...	0	...	...	...
R-2	$C_{(R-2)1}$	$C_{(R-2)2}$	...	$C_{(R-2)S}$	...	0	$C_{(R-2)(R-1)}$	$C_{(R-2)R}$
R-1	$C_{(R-1)1}$	$C_{(R-1)2}$	...	$C_{(R-1)S}$	...	$C_{(R-1)(R-2)}$	0	$C_{(R-1)R}$
R	C_{R1}	C_{R2}	...	C_{RS}	...	$C_{R(R-2)}$	$C_{R(R-1)}$	0

Рис. 3. Матриця відстаней.

8. Розподіл показників на стимулятори та дестимулятори (S,D). Вибираються показники, збільшення значень яких призводить до зростання ефективності функціонування ІТСВП, відносно їх до стимуляторів та навпаки, значення показників зростання яких спричиняє зменшення ефективності функціонування ІТСВП – до дестимуляторів.

9. Визначення значень показників еталонного варіанту побудови ІТСВП. У цьому блоці будується еталонний варіант показників ІТСВП,

якому відповідає точка P_0 в багатовимірному просторі з координатами (значеннями стандартизованих показників):

$$Z_{01}, Z_{02}, \dots, Z_{0j}, \dots, Z_{0R},$$

$$\text{де } Z_{0j} = \max_i Z_{ij}, \text{ коли } j \in S;$$

$$Z_{0j} = \max_i Z_{ij}, \text{ коли } j \in D;$$

S, D – множини стимуляторів і дестимуляторів відповідно;

Z_{ij} – стандартизоване значення j -го показника для i -го варіанту системи.

10. Визначення відстаней між точкою P_0 та точками, які відповідають варіантам системи, визначаються за формулою

$$C_{i0} = \left[\sum_j (Z_{ij} - Z_{0j})^2 \right]^{1/2}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, R}.$$

11. Визначення оптимального варіанту побудови ІТСВП. Ступінь переваги варіантів визначається за формулою: $\beta_i = \frac{C_{i0}}{C_0}$,

де $C_0 = \overline{C_0} + 2S_0$; $\overline{C_0} = \frac{1}{N} \sum_i C_{i0}$, $i = \overline{1, N}$;

$$S_0 = \left[\frac{1}{N-1} \sum_i (C_{i0} - \overline{C_0})^2 \right]^{1/2}.$$

Чим ближче значення β_i до нуля, тим краще варіант, що досліджується. Якщо в результаті розрахунків отримуємо однакові значення β_i здійснюється коригування варіантів побудови ІТСВП.

Література

1. ДСТУ В 3265—95 “Зв’язок військовий. Терміни та визначення”. 2. Військовий стандарт 01.112.001 – 2006. “Військовий зв’язок. Терміни та визначення”. 3. Дишук А. С. Аналіз функціонування складного об’єкту системи управління в телекомунікаціях / А. С. Дишук // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2016. – №1. – С. 80-87. 4. Басараб О. К. Метод визначення комплексного ймовірнісного показника ефективності оперативної-службової діяльності Державної прикордонної служби України / О. К. Басараб // Наукоємні технології, 2013. № 3 (19) – С. 263-267. 5. Волошко С. В. Ефективність функціонування системи зв’язку і автоматизації та її вплив на ефективність управління військами (силами) / С. В. Волошко, М. О. Масесов // Сучасні інформаційні

12. Прийняття рішення. Обирається оптимальний варіант побудови ІТСВП.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, проведені розрахунки з використанням удосконаленої методики визначення оптимального варіанту побудови ІТСВП дозволяють особі, що приймає рішення на організацію зв’язку, з визначених можливих варіантів обрати раціональний за рахунок використання методів аналізу ієрархій і таксономії. Тобто, під час використання удосконаленої методики отримано більш точні результати, при цьому оцінка ІТСВП, яка планується до розгортання, враховує коефіцієнти важливості обраних показників, що дозволяє начальнику зв’язку здійснити кількісне обґрунтування рішення із зв’язку, яке приймається.

Основні зусилля при проведенні подальших досліджень доцільно зосередити на: удосконаленні методик розрахунку показників оцінки ІТСВП; виборі та обґрунтуванні показників оцінки, які доцільно використовувати при виборі оптимального варіанту побудови ІТСВП; створенні програмного забезпечення для розрахунків показників оцінки ІТСВП, що планується.

технології у сфері безпеки та оборони. – 2011. – № 3 (12). – С. 9 – 12. 6. Карганов В.В. Показатель оценки эффективности систем связи и их элементов/ В.В. Карганов, А.Г. Расчесова, Кудряшов В.А. Научнотехнические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2016. 7. Шевченко В. О. Системний підхід до розроблення методологічних основ дослідження телекомунікаційних мереж військового призначення / В. О. Шевченко // Наука і оборона. – 2004. – № 4. – С. 42–46. 8. Элементы исследования сложных систем военного назначения / Загорка О.М., Мосов С.П., Сбитнев А.И., Стужук П.И. – К.: НАОУ, 2005. – 100с.

ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сергей Анатольевич Мыкусь (кандидат военных наук, доцент)¹

Елена Михайловна Сивохо²

Ростислав Валерьевич Лисневский (кандидат технических наук, доцент)³

¹ *Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

² *Военный институт телекоммуникаций и информатизации имени Героев Крут, Киев, Украина*

³ *Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка, Киев, Украина*

В настоящее время, самыми актуальными остаются вопросы оценки ИТСВП при выборе варианта построения ИТСВП на этапе планирования связи. Оценка ИТС не является самоцелью, а служит основой для количественного обоснования решения на организацию связи. Это и обуславливает актуальность проблемы выбора варианта построения информационно-телекоммуникационной системы военного назначения.

Сложные системы (к которым относится также и система связи), находясь в разных условиях (ситуациях, режимах), обнаруживают различные системные свойства, в том числе и не совместимые ни с одной из ситуаций отдельно. Однако одной нельзя пренебрегать, поскольку каждая характеризует

какое-то свойство изучаемого явления, и ни одна из них не может быть принята как единственная, поскольку не выражает всех его свойств. Разработка формального аппарата решения во параметрических задач оценки эффективности функционирования системы связи предусматривает системную взаимосвязь противоречивых показателей.

Исходя из этого, предлагается усовершенствованная методика выбора варианта построения информационно-телекоммуникационной системы военного назначения, отличается от существующей тем, что лицо, принимающее решение на организацию связи, с определенных возможных вариантов выбирает рациональный за счет использования методов анализа иерархий и таксономии.

Ключевые слова: информационно-телекоммуникационная система военного назначения; выбор варианта построения информационно-телекоммуникационной системы военного назначения; показатели оценки.

APPROACHES TO THE SELECTION OF OPTIONS FOR BUILDING THE INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEM FOR MILITARY PURPOSE

Serhii Mykus (Candidate of military sciences, associate professor)¹

Olena Sivokha²

Rostyslav Lisnevskiy³

¹ *National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

² *Military Institute of Telecommunications and Informatics named after Kruty Heroes, Kyiv, Ukraine*

³ *Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

At the present time, the most relevant issues are the assessment of the ITSVP when choosing the option of building the ITSVP at the stage of communication planning. Evaluation of ITS is not an end in itself, but serves as the basis for a quantitative substantiation of the decision to organize communications. This determines the urgency of the problem of choosing an option for building a military information and telecommunications system.

Complex systems (which also include the communication system), being in different conditions (situations, modes), reveal different system properties, including those incompatible with any of the situations separately. However, one cannot be neglected, since each characterizes some property of the phenomenon under study, and none of them can be accepted as the only one, since it does not express all its properties. The development of a formal apparatus for solving parametric problems of assessing the effectiveness of the functioning of a communication system provides for a systemic relationship of contradictory indicators.

Based on this, an improved methodology for choosing an option for constructing an information and telecommunications system for military purposes is proposed, which differs from the existing one in that the person who makes a decision to organize communications, from certain possible options, chooses a rational one through the use of methods of analyzing hierarchies and taxonomy.

Key words: *information and telecommunication system for military purposes; selection of the option for building a military information and telecommunications system; evaluation indicators.*

References

1. DSTU V 3265-95 "Vyiskovy link. Terms and conditions".
2. Viyskiy standard 01.112.001 - 2006. "Viyskiy zvyazok. Terms and conditions".
3. Dischuk A. S. Analysis of the function of the folding system of the control system in telecommunications / A. S. Dischuk // Telecommunications and information technologies. - 2016. - №1. - S. 80-87.
4. Basarab O.K. The method of evaluating a complex imaging indicator of the effectiveness of the operational and service activity of the State borderline service of Ukraine / O.K. Basarab // Science technologies, 2013. No. 3 (19) - P. 263-267.
5. Voloshko S. V. Efficiency of function of the system and connection and automation and injection into the efficiency of management of the (forces) / S. V. Voloshko, M. O. Masesov // Current information technologies in the sphere of security and defense. - 2011. - No. 3 (12). - P. 9 - 12.
6. Karganov V.V. Indicator for assessing the effectiveness of communication systems and their elements / V.V. Karganov, A.G. Raschesova, V.A. Kudryashov Scientific and technical statements of the St. Petersburg State Polytechnic University. Informatics. Telecommunications. Control. - 2016/ 7. Shevchenko V. O. Systemic approach to the breaking down of methodological foundations of pre-development telecommunication lines of high quality / V. O. Shevchenko // Science and defense. - 2004. - No. 4. - P. 42-46.
8. Elementi of the folding systems of the viscous designation / Zagorka OM, Mosov SP, Sbitnev AI, Stuzhuk PI. - K. : NAOU, 2005. -- 100s.

Андрій Олександрович Зінченко (доктор технічних наук, доцент)¹
Роман Іванович Грозовський¹
Ірина Анатоліївна Зінченко²

¹ Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

² Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ СКРИТНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Сучасні радіотехнічні системи характеризуються використанням якості носіїв інформації радіохвилі зі складною внутрішньою структурою. Такі радіохвилі характеризуються збільшеною шириною спектру передавання та програмного псевдовипадкового перелаштування робочої частоти. Поряд з цим, сигнали зі збільшеною шириною спектру передавання по своїм характеристикам споріднені з сигналами білого шуму, що знижує їхню електромагнітну доступність системам радіоелектронної розвідки.

Отже, в статті представлена удосконалена методика оцінювання скритності функціонування радіотехнічних засобів системи військового зв'язку, яка побудована на засобах радіозв'язку, які в якості інформаційного повідомлення використовують складну структуру сигналу передавання.

Основним критерієм при оцінюванні скритності функціонування радіотехнічних засобів обрано показник енергетичної скритності сигналів передавання, а саме, показник електромагнітної доступності.

Врахування показника електромагнітної доступності джерел радіовипромінювання зі складними сигналами дозволяє більш реалістично оцінити скритність функціонування радіотехнічних засобів системи військового зв'язку, що у свою чергу визначає фактори для вироблення обґрунтованих рішень, щодо вибору режимів роботи засобів радіозв'язку з метою скритності функціонування елементів системи військового зв'язку.

Ключові слова: радіотехнічні засоби; система військового зв'язку; широкополосні сигнали; сигнали з програмним перелаштуванням робочої частоти.

Вступ

Постановка проблеми. У відповідності з тенденціями розвитку систем та комплексів військового зв'язку, основу польової компоненти системи військового зв'язку складають засоби, які використовують в якості носіїв інформації радіохвилі. Проведений авторами аналіз систем військового зв'язку угруповань військ за досвідом війн та воєнних конфліктів сучасності показав, що у системі зв'язку угруповання може бути організовано від 450 до 500 радіомереж і радіонапрямків у короткохвильовому і ультракороткохвильовому діапазонах.

Зважаючи на постійно зростаючі технічні можливості засобів радіоелектронної розвідки провідних країн світу щодо викриття джерел радіовипромінювання і структури системи зв'язку угруповань військ питання скритності систем зв'язку набувають особливо важливого значення.

Основу існуючої системи радіозв'язку ЗС України складають сучасні радіостанції корпорацій HARRIS, ASELISAN, ELBIT. Всі вони побудовані за технологією SDR (Software-defined Radio) та працюють сигналами із складною базою. Тобто радіостанції використовують програмне забезпечення для здійснення модуляції та демодуляції сигналів, а зміна режимів роботи та проведення модернізації спроможностей систем

радіозв'язку зводиться до зміни та удосконалення програмного забезпечення. Перевагами наведеної технології є: створення мереж передачі даних з високою швидкістю; можливість реалізації режиму роботи з програмно перебуваною робочою частотою; створення захищених безпроводових IP (Internet Protocol) мереж; адаптивне управління потужністю випромінювання систем радіозв'язку.

Одночасно із переходом системи зв'язку ЗС України на сучасні цифрові радіостанції постала проблема оцінювання їх скритності.

Аналіз остатніх досліджень і публікацій.

Оцінювання скритності функціонування радіотехнічних систем є складовою частиною оцінювання розвідищеності системи зв'язку. Для оцінювання розвідищеності об'єктів військової інфраструктури існують різні методики [1-7], які враховують енергетичні і часові показники, при цьому енергетичні показники характеризуються співвідношенням потужностей сигналів та перешкод на вході приймального пристрою засобів радіоелектронної розвідки, а часові відображають динаміку зміни стану джерел радіовипромінювання. Загальним недоліком існуючих методик є відсутність врахування показника електромагнітної доступності радіотехнічних засобів із широкополосними сигналами та частотно-часового контакту

радіосигналів з програмним перелаштуванням робочої частоти.

Мета статті. Удосконалити методику оцінювання скритності функціонування радіотехнічних засобів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Скритність функціонування радіотехнічних засобів неможливо оцінити без оцінки ефективності функціонування системи РЕР. Для оцінювання скритності функціонування системи військового зв'язку використовуємо її зворотну функцію, а саме – оцінювання ймовірності виявлення об'єктів розвідки:

$$P_{\text{скр}} = 1 - P_{\text{вияв}} \quad (1)$$

Система РЕР структурно складається з таких основних підсистем як виявлення (пошуку), визначення місцезнаходження та аналізу. Таким чином, ймовірність обслуговування радіовипромінювань системою РЕР характеризується послідовністю обслуговування радіоліній цими підсистемами ($p_{\text{обс}}$) [1,3].

В якості апаратури пошуку в системах (комплексах) РЕР використовується апаратура послідовного частотного аналізу. При такому способі частотного аналізу під ймовірністю виявлення приймаємо виконання трьох сумісних подій, а саме: ймовірність частотно-часового контакту ($p_{\text{ччк}}$); ймовірність енергетичного контакту ($p_{\text{ек}}$) та ймовірність електромагнітної доступності ($p_{\text{емд}}$) радіовипромінювань з приймачем розвідки. В такому випадку показник виявлення об'єктів РЕР ($p_{\text{вияв}}$) можна записати як

$$P_{\text{вияв}} = P_{\text{ччк}} P_{\text{ек}} P_{\text{емд}} \quad (2)$$

де $p_{\text{ччк}}$ – ймовірність частотно-часового контакту;

$p_{\text{ек}}$ – ймовірність енергетичного контакту;

$p_{\text{емд}}$ – ймовірність електромагнітної доступності.

Сучасні системи та комплекси зв'язку характеризуються складною внутрішньою структурою сигналів, які впливають як на енергетичну так і на частотно-часову скритність радіовипромінювання [2]. При цьому, енергетична скритність складних (хаотичних) сигналів характеризується їхньою електромагнітною доступністю.

Таким чином, методика оцінювання скритності функціонування радіотехнічних засобів враховує особливості енергетичної скритності складних сигналів за рахунок зменшення їхньої електромагнітної доступності.

Блок схема удосконаленої методики зображена на рисунку 1.

В блоці 1 методики проводиться постановка задачі, яка полягає у визначенні структури та технічних можливостей системи РЕР та умов функціонування радіотехнічних засобів.

В блоці 2 визначаються та вводяться вихідні дані, які будуть використовуватись в подальших розділах, а саме: час перегляду діапазону частот з

технічною швидкістю пошуку (T), кількість постів пошуку системи РЕР задіяних для виявлення функціонування джерел радіовипромінювання (n), діапазон частот ведення розвідки (Δf_p), середня тривалість радіовипромінювання в діапазоні частот ведення розвідки ($\bar{t}_{\text{вип}}$), швидкість передачі інформаційного повідомлення ($V_{\text{ін}}$), кількість джерел радіовипромінювання системи зв'язку ($N_{\text{дрв}}$), потужність передавача ($P_{\text{прд}}$), потужність природних та штучно створених перешкод (шумів) середовища розповсюдження радіохвиль ($P_{\text{ш}}$), можливості радіотехнічних засобів щодо формування широкосмугового сигналу (B).

Додатково можуть враховуватись пора року, погодні умови, час доби, які впливають на розповсюдження радіохвиль у вільному просторі.

В блоці 3 методики проводиться розрахунок ймовірності частотно-часового контакту радіосигналу з приймачем розвідки.

Для виявлення сигналів в комплексах РЕР застосовується метод послідовного частотного аналізу, який можна представити моделлю співпадання імпульсних потоків по часу налаштування приймача розвідки з частотою радіовипромінювання. Враховуючи те, що тривалість імпульсного потоку розподіляється по експонентному закону, ймовірність частотно-часового контакту розраховується у відповідності до виразу:

$$P_{\text{ччк}} = \frac{\tau - \Delta t}{T} + \frac{\bar{t}_{\text{вип}}}{T} \exp\left(-\frac{\Delta t}{\bar{t}_{\text{вип}}}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{T - \tau + \Delta t}{T}\right)\right) \quad (3)$$

де τ – час опитування однієї частоти з технічною швидкістю;

$\bar{t}_{\text{вип}}$ – середня тривалість радіовипромінювання в діапазоні частот ведення розвідки;

Δt – допустимий час перекриття імпульсних потоків;

T – час перегляду діапазону частот розвідки, з технічною швидкістю аналізу

Враховавши значення часових параметрів для встановлення перехідних процесів в резонансних системах ймовірність частотно-часового контакту будемо розраховувати згідно виразу [3]:

$$P_{\text{ччк}} = \frac{\bar{t}_{\text{вип}}}{2T} \quad (4)$$

Потенційне значення ймовірності часового контакту при одиночному перегляді діапазону частот ($p_{\text{ччк}(1)}$) ведення розвідки [1,4], можна визначити з виразу:

$$P_{\text{ччк}(1)} = \begin{cases} \frac{\bar{t}_{\text{вип}}}{2T}, & \text{при } \bar{t}_{\text{вип}} < 2T \\ 1, & \text{при } \bar{t}_{\text{вип}} \geq 2T \end{cases} \quad (5)$$

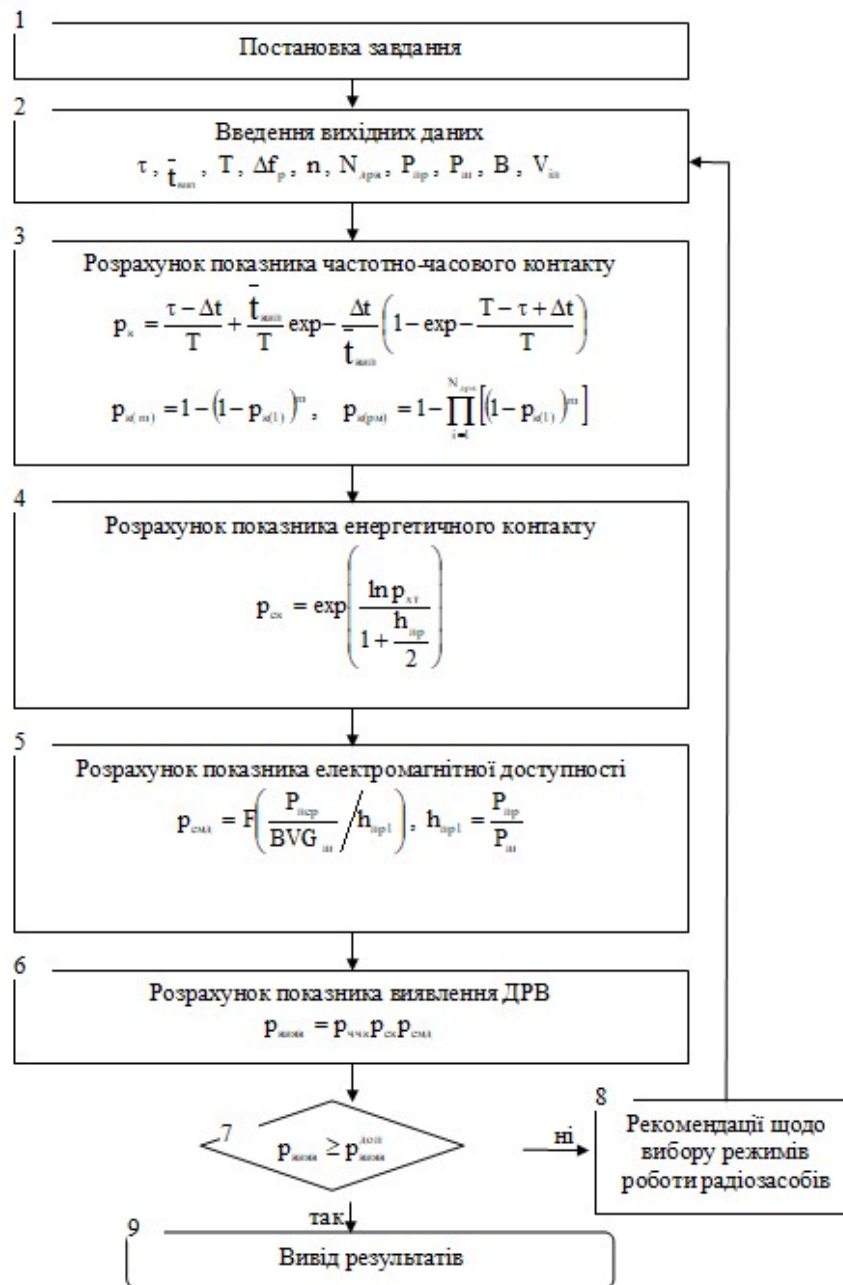


Рис. 1. Блок-схема удосконаленої методики виявлення об'єктів РРТР

Для автоматизованих систем РЕР час ведення розвідки більше часу разового перегляду діапазону частот. Це обумовлено тим, що в загальному випадку підсистема виявлення веде пошук в багатоканальному режимі, відповідно, діапазон частот розподіляється між певною кількістю постів (приймачів) пошуку. В цьому випадку діапазон частот для одного посту розвідки можна визначити з виразу:

$$\Delta f_{p(1)} = \frac{\Delta f_p}{n} \quad (6)$$

де $\Delta f_{p(1)}$ – діапазон частот ведення розвідки одним постом;

Δf_p – діапазон частот ведення розвідки радіоелектронною розвідкою;
 n – кількість постів пошуку.

При незалежності процесів перегляду діапазону частот розвідки ймовірність частотно-часового контакту [1, 3] за певну кількість переглядів можна визначити по формулі:

$$p_{ччк}(m) = 1 - (1 - p_{к(1)})^m \quad (7)$$

де m – кількість переглядів діапазону частот.

Вираз (7) характеризує ймовірність частотно-часового контакту з любым джерелом розвідки в межах діапазону частот ведення розвідки. Для повноти виявлення радіомережі необхідно враховувати ймовірність частотно-часового контакту з усіма джерелами радіовипромінювання цієї мережі. З урахуванням формули (4) ймовірність частотно-часового контакту джерел радіовипромінювання радіомережі (радіолінії) ($p_{ччк}^{рл}$) визначаємо у відповідності до виразу:

$$p_{\text{ччк}}^{\text{рл}} = 1 - \prod_{i=1}^{N_{\text{дрв}}^{\text{рл}}} \left[(1 - p_{\text{к}(1)})^m \right] \quad (8)$$

де $N_{\text{дрв}}^{\text{рл}}$ – кількість джерел радіовипромінювання в даній радіолінії.

В блоці 4 проводиться розрахунок показника енергетичного контакту сигналу з приймачем розвідки. Показник енергетичного виявлення враховує можливості приймача розвідки, а саме, перевищення рівня сигналу над рівнем перешкоди на задану величину. Так як виявлення радіовипромінювань здійснюється на фоні різноманітних перешкод, ймовірність достовірного енергетичного контакту з рахуванням виразу (8) розраховуємо:

$$p_{\text{ек}} = \exp \left(\frac{\ln p_{\text{хт}}}{1 + \frac{h_{\text{пр}}^2}{2}} \right) \quad (9)$$

де $p_{\text{хт}}$ – ймовірність хибної тривоги (прийняття перешкоди за сигнал);

$h_{\text{пр}}^2$ – перевищення потужності сигналу над потужністю шумів на вході приймача розвідки.

Даний вираз дає достовірну оцінку енергетичного виявлення радіосигналів приймачем розвідки, за умови перевищення рівня сигналу над рівнем шуму на вході приймача розвідки.

Показники частотно-часового контакту ($p_{\text{ччк}}$) та енергетичного контакту ($p_{\text{ек}}$) характеризують можливості приймача розвідки щодо виявлення радіосигналів. Враховуючи можливості сучасних засобів радіозв'язку, які використовують радіосигнали зі збільшеною шириною спектру (широкосмугові сигнали) та сигнали з програмним перелаштуванням робочої частоти, необхідно додатково вводити показник електромагнітної доступності джерел радіовипромінювання, який враховує енергетичні характеристики радіосигналів на виході передавача та порогове значення співвідношення сигнал/шум на вході приймача розвідки.

Ймовірність електромагнітної доступності радіосигналів залежить від відношення потужності сигналу передавання до потужності шумів:

$$P_{\text{емд}} = F \left(\frac{P_{\text{пр}}}{P_{\text{ш}}} \right) \quad (10)$$

Цей вираз дає можливість достовірно оцінити електромагнітну доступність джерел радіовипромінювання за умови роботи радіотехнічних систем вузькополосними сигналами ($h_{\text{пр}}^2 \geq 1$), при якому час передачі інформаційного повідомлення більший за час перегляду діапазону частот приймачем розвідки ($t_i > t_p$).

В блоці 5 проводиться розрахунок електромагнітної доступності широкосмугових

сигналів з приймачем розвідки.

Для широкосмугових сигналів діапазон частот рівний ширині спектру шумів і позначається як база сигналу [9]:

$$B = \Delta f_{\text{шпс}} = \Delta f_{\text{ш}} \quad (11)$$

де B – база сигналу;

$\Delta f_{\text{шпс}}$ – ширина спектру широкосмугового сигналу;

$\Delta f_{\text{ш}}$ – ширина спектру шуму.

Для широкосмугових сигналів та сигналів з програмним перелаштуванням робочої частоти [6] співвідношення сигнал/шум буде набагато менше одиниці ($h_{\text{пр}}^2 \ll 1$).

Таким чином, врахувавши особливості формування широкосмугових сигналів та сигналів з програмним перелаштуванням робочої частоти отримаємо вираз:

$$P_{\text{емд}} = F \left(\frac{P_{\text{пер}}}{B V_{\text{ш}} G_{\text{ш}}} / h_{\text{пр}}^2 \right) \quad (12)$$

де $P_{\text{пер}}$ – потужність передавача;

$V_{\text{ш}}$ – швидкість передачі інформаційного повідомлення;

$G_{\text{ш}}$ – спектральна щільність потужності шуму.

Порогове значення співвідношення сигнал/шум на вході приймача розвідки залежить від багатьох факторів, як зовнішнього середовища розповсюдження радіохвиль, характеристик джерела радіовипромінювання, так і можливостей приймача розвідки. Рівень потужності сигналу на вході приймача розвідки розраховується у відповідності до першого рівняння передачі, яке в загальному випадку має вигляд

$$P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{пер}} \eta_{\text{Фпер}} G_{\text{Апер}} Q_{\text{пер}}(\Theta, \varphi) G_{\text{Апр}} \eta_{\text{Фпр}} \xi_{\text{п}} \xi_{\text{с}}}{W_{\text{св}} W_{\text{т}}} \quad (13)$$

де $P_{\text{пр}}$ – потужність сигналу на вході приймача розвідки;

$P_{\text{пер}}$ – потужність сигналу на виході передавача;

$G_{\text{Апер}}, \eta_{\text{Фпер}}$ – коефіцієнт підсилення антени передавача та КПД фідера на передачі;

$G_{\text{Апр}}, \eta_{\text{Фпр}}$ – коефіцієнт підсилення антени приймача та КПД фідера на прийомі;

$Q_{\text{пер}}(\Theta, \varphi)$ – нормована характеристика направленості антени передавача;

$\xi_{\text{п}}, \xi_{\text{с}}$ – коефіцієнти узгодження приймальної антени по поляризації та приймального фідера з входом приймача по опору;

$W_{\text{св}}$ – згасання радіохвиль в вільному просторі;

$W_{\text{т}}$ – додаткове згасання радіохвиль, яке враховує конкретний механізм розповсюдження радіохвиль.

Таким чином, враховуючи вираз (13) здійснюємо розрахунок співвідношення сигнал/шум переданого широкосмугового сигналу на вході приймача розвідки

$$h_{\text{пр}}^2 = \frac{P_{\text{пр}}}{\Delta f_{\text{шпс}}} \quad (14)$$

В блоці 6 здійснюється розрахунок ймовірності виявлення радіотехнічних систем ($P_{\text{вияв}}$) приймачем розвідки.

Розрахунок ймовірності виявлення функціонування радіотехнічних засобів проводимо згідно виразу (2), який відображає послідовність пошуку сигналів по частоті за умови їхньої електромагнітної доступності.

В блоці 7 методики проводиться оцінка

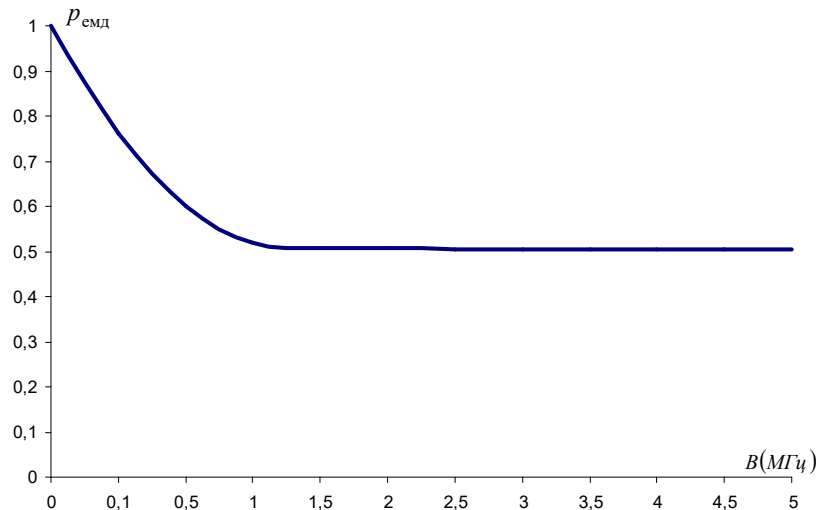


Рис. 2. Графік залежностей ймовірності електромагнітної доступності від бази широкопasmового сигналу.

Як видно з графіку, необхідний рівень електромагнітної доступності радіотехнічних засобів буде досягнутий при збільшенні спектру широкопasmового сигналу більше 1 МГц, що в свою чергу суттєво впливає на скритності функціонування засобів радіозв'язку.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Врахування показника електромагнітної доступності джерел радіовипромінювання зі складними сигналами дозволяє більш реалістично оцінити скритність функціонування радіотехнічних засобів системи військового зв'язку, що у свою чергу визначає фактори для

допустимого значення ймовірності виявлення сигналів ($P_{\text{вияв}}^{\text{доп}}$) з розрахунковим ($P_{\text{вияв}}$).

В блоці 8 розробляються рекомендації щодо умов функціонування засобів радіозв'язку та вибору режимів їхньої роботи.

На рис. 2 показано графік залежностей ймовірності електромагнітної доступності радіотехнічних засобів при роботі широкопasmовими сигналами.

вироблення обґрунтованих рішень, щодо вибору режимів роботи засобів радіозв'язку з метою скритності функціонування елементів системи військового зв'язку.

Представлена удосконалена методика є частковою методикою оцінювання розвідзахищеності функціонування системи військового зв'язку. Подальші дослідження спрямовані на удосконалення часткової методики визначення місцезнаходження радіотехнічних засобів та методики оцінювання розвідзахищеності функціонування системи військового зв'язку в цілому.

Література

1. Вартанесян В.А. Радиоэлектронная разведка. - М.: Воениздат, 1991. - 254 с. 2. Грозовський Р.І. Розвідзахищеність радіотехнічних систем зі складними сигналами / Р. І. Грозовський // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. - 2016. - №3 (27). - с. 26-30. 3. Эффективность и электронная защита военных систем связи. А.Н. Авсюкевич, В.Ф. Комарович, М.В. Симонов. - ВАС, 1980. - 220 с. 4. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте. - М.: Вузовская книга, 2003. - 528с. 5. Макаренко С.И., Иванов М.С., Попов С.А. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. Монография. - СПб.: Свое издательство, 2013. - 166 с. 6. Борисов В. И. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты / [В. И.

Борисов, В. М. Зинчук, А. Е. Лимарев и др.] - М.: Радио и связь, 2000. - 384 с. 7. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами / под ред. Г. И. Тузова. - М.: Радио и связь, 1985. - 264 с. 8. Кирсанов Э.А., Сирота А.А. Обработка информации в пространственно-распределенных системах радиомониторинга: статистический и нейросетевой подходы. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 344 с. 9. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширение спектра: Перевод с английского / Под редакцией В.И.Журавлева. - М.: Радио и связь, 2000. - 520 с. 10. A. Khomutenko, A. Mishchenko, A. Ripenko, O. Frum, Z. Liulchak, R. Hrozovskyi. Tools of the Neuro-Fuzzy Model of Information Risk Management in National Security. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Volume-8, Issue-6. 4526-4530 p. <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F8842088619.pdf>

УСОВЕРШЕНСТВОВАНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКА СКРЫТНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Андрей Александрович Зинченко (доктор технических наук, доцент)¹
 Роман Иванович Грозовский¹
 Ирина Анатольевна Зинченко²

¹ *Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*
² *Военный институт телекоммуникаций и информатизации имени Героев Крут, Киев, Украина*

Современные радиотехнические системы характеризуются использованием в качестве носителей информации радиоволны со сложной внутренней структурой. Такие радиоволны характеризуются увеличенной шириной спектра передачи и программного псевдослучайного перестройки рабочей частоты. Наряду с этим, сигналы с увеличенной шириной спектра передачи по своим характеристикам родственные сигналами белого шума, снижает их электромагнитную доступность систем радиоэлектронной разведки.

Итак, в статье представлена усовершенствованная методика оценки скрытности функционирования радиотехнических средств системы военной связи, построенной на средствах радиосвязи, которые в качестве информационного сообщения используют сложную структуру сигнала передачи.

Основным критерием при оценке скрытности функционирования радиотехнических средств избран показатель энергетической скрытности сигналов передачи, а именно, показатель электромагнитной доступности.

Учет показателя электромагнитной доступности источников радиоизлучения со сложными сигналами позволяет более реалистично оценить скрытность функционирования радиотехнических средств системы военной связи, в свою очередь определяет факторы для выработки обоснованных решений относительно выбора режимов работы средств радиосвязи с целью скрытности функционирования элементов системы военной связи.

Ключевые слова: радиотехнические средства; система военной связи; широкополосные сигналы; сигналы с программной перестройкой рабочей частоты.

IMPROVED METHOD OF ASSESSING THE SECRET OF FUNCTIONING OF RADIO TECHNICAL EQUIPMENT

Andrii Zinchenko (Doctor of Technical Sciences, Associate Professor)¹
 Roman Hrozovskyi¹
 Iryna Zinchenko¹

¹ *National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine*
² *Military Institute of Telecommunications and Informatics named after Kruty Heroes, Kyiv, Ukraine*

Modern radio engineering systems are characterized by the use of radio waves with a complex internal structure as information carriers. Such radio waves are characterized by an increased transmission spectrum width and programmed pseudo-random tuning of the operating frequency. Along with this, signals with an increased transmission spectrum width are related in their characteristics to white noise signals, which reduces their electromagnetic availability of electronic intelligence systems.

So, the article presents an improved methodology for assessing the secrecy of the functioning of radio technical means of a military communications system, built on radio communications, which use a complex structure of a transmission signal as an information message. The main criterion for assessing the secrecy of the functioning of radio technical means was chosen the indicator of the energy secrecy of transmission signals, namely, the indicator of electromagnetic availability. Taking into account the indicator of the electromagnetic availability of radio emission sources with complex signals makes it possible to more realistically assess the secrecy of the functioning of radio equipment of the military communications system, in turn, determines the factors for making informed decisions regarding the choice of operating modes of radio communications in order to conceal the functioning of the elements of the military communications system.

Keywords: radio equipment; military communication system; broadband signals; signals with software adjustment of the operating frequency.

References

1. Vartanesyan B.A. Radioelektronnaya razvedka. - M.: Voenizdat, 1991. - 254 s.
2. Grozovskiy R.I. Rozvidzhashchenost radlotehnikh sistem z skladnimi signalami / R. I. Grozovskiy // Suchasni Informatsiyni tehnologiyi u sferi bezpeki ta obroni. - 2016. - #3 (27). - s. 26-30.
3. Effektivnost i elektronaya zaschita voennykh sistem svyazi. A.N. Avsyukevich, V.F. Komarovich, M.V. Simonov. - VAS, 1980. - 220 s.
4. Radioelektronnyie sistemy v informatsionnom konflikte. - M.: Vuzovskaya kniga, 2003. - 528s.
5. Makarenko S.I., Ivanov M.S., Popov S.A. Pomehozaschishchennost sistem svyazi s psevdosluchaynoy perestroykoy rabochey chastoty. Monografiya. - SPb.: Svoe izdatelstvo, 2013. - 166 s.
6. Borisov V. I. Pomehozaschishchennost sistem radiosvyazi s rasshireniem spektra signalov metodom psevdosluchaynoy perestroyki rabochey chastoty / [V. I. Borisov, V. M. Zinchuk, A. E. Limarev i dr.] - M.: Radio i svyaz, 2000. - 384 s.
7. Pomehozaschishchennost radiosistem so slozhnyimi signalami / pod red. G. I. Tuzova. - M.: Radio i svyaz, 1985. - 264 s.
8. Kirsanov E.A., Sirota A.A. Obrabotka informatsii v prostranstvenno-raspredeleennykh sistemah radiomonitoringa: statisticheskiy i neyrosetevoy podhodyi. - M.: FIZMATLIT, 2012. - 344 s.
9. Feer K. Besprovodnaya tsifrovaya svyaz. Metody modulyatsii i rasshirenie spektra: Pervod s angliyskogo / Pod redaktsiyey V.I.Zhuravleva. - M.: Radio i svyaz, 2000. - 520 s.
10. A. Khomutenko, A. Mishchenko, A. Ripenko, O. Frum, Z. Liulchak, R. Hrozovskyi. Tools of the Neuro-Fuzzy Model of Information Risk Management in National Security. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Volume-8, Issue-6. 4526-4530 p. <https://www.ijcat.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F8842088619.pdf>

Марина Федорівна Маланчук (кандидат економічних наук)

Валерій Олександрович Крайнов (кандидат технічних наук, доцент)

Анатолій Станіславович Поліщук

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МЕТОДИКА ЕКСПЕРТИЗИ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

В реаліях сьогодення, а саме в трансформаційних процесах управління оборонними ресурсами спрямованих на процес розвитку спроможностей збройних сил, прийняття управлінських рішень в організаційних системах військового та цивільного управління широко застосовується метод експертного оцінювання.

Метод експертного оцінювання покладений в основу роботи комісії з перевірки стану військових і промислових об'єктів, їх рівня готовності і забезпеченості, у тому числі з питань раціонального розподілу ресурсів, використання можливостей економіки, мобілізаційної підготовки тощо. Експертне оцінювання зберігає і на перспективу свою актуальність під час дослідних навчань, перевірки бойової та мобілізаційної готовності і забезпеченості ЗС України, об'єктів і галузей національної економіки та інших державних інституцій, які забезпечують національну безпеку держави й її складових – воєнну та економічну безпеку. За роки застосування механізми експертного оцінювання ретельно відпрацьовані, сформовані вимоги до порядку відбору експертів, їх рівня компетентності, процедур оцінювання, порядку обробки результатів оцінювання та інших заходів. Однак при експертному оцінюванні передбачається, що всі експерти безумовно кваліфіковані, об'єктивні і незаангажовані. А якщо в їх висновках є суб'єктивні похибки, то вони нівелюються за рахунок збільшення числа експертів і повторень процедур експертного оцінювання.

У той же час за будь-яких обставин і умов експертного оцінювання зберігається роль "людського фактора", тобто не виключена можливість заангажованості, недоброчесності, корупційності у діях і оцінках експертів. Особливо такі чинники можливі у ході управління великими матеріальними і фінансовими ресурсами, у разі обмеженої кількості експертів. А наслідки вказаних чинників можуть призвести до нераціонального використання матеріальних цінностей, значних збитків, у тому числі в процесі розвитку спроможностей збройних сил, бойової і мобілізаційної готовності.

Таким чином, під час застосування експертного оцінювання, особливо у заходах щодо управління розподілом великих матеріальних і фінансових ресурсів, актуальною є проблема достовірної експертизи результатів експертного оцінювання. Така експертиза, бажано, крім достовірності, має бути ще й не громіздкою, не коштовною, а простою і доступною для практичного використання.

В даній роботі, на підставі аналізу розроблених в теорії активних систем "механізмів розумного управління" пропонується механізм перевірки (експертизи) результатів експертного оцінювання.

Ключові слова: експерт; експертне оцінювання; експертиза; механізм розумного управління; механізм чесної гри.

Вступ

Постановка проблеми. В сучасних умовах трансформаційних процесів щодо управління оборонними ресурсами спрямованих на процес розвитку спроможностей збройних сил на основі перерозподілу або закупівлі нових видів ресурсів приймаються виважені управлінські рішення для реалізації політики безпеки держави.

Управлінські рішення в Збройних Силах України щодо взяття на облік ОВТ, доцільності модернізації техніки або навіть при визначенні перспективних моделей розвитку спроможностей або визначення рівня бойової готовності приймаються на підставі результатів, отриманих за допомогою різноманітних методів, методик, підходів. У багатьох випадках основним, а у більшості випадків і єдиним методом, є метод

експертного оцінювання.

Однак, застосування цього методу має один суттєвий недолік – надання бажаного висновку (оцінки) експертом, який не відповідає реальній оцінці. Отже, постає питання щодо прозорості та адекватності результатів даного методу для прийняття управлінських рішень в сфері безпеки та оборони.

Поряд з цим, роль експертних методів набуває особливого значення в період нестабільного розвитку соціальних, економічних та інших процесів, що прямо чи опосередковано впливають на діяльність органів державного управління та органів військового управління. За таких обставин характерним є високий ступінь невизначеності впливу факторів зовнішнього середовища, а тому прийнятна точність результатів не може бути забезпечена ніякими статистичними чи іншими

формалізованими методами, якими б досконалішими вони не були [1].

Таким чином, набуває актуальності проблематика щодо перевірки оцінок експертів шляхом експертизи результатів отриманих методом експертного оцінювання.

Аналіз остатніх досліджень і публікацій.

Сьогодні вирішенням проблем експертного оцінювання займаються лише окремі науковці й практики, зокрема: Н. Бурков, Г.Гнатієнко, В. Снитюк, С. Телешун, О. Титаренко, І. Рейтерович, С. Вировий, В. Циганок, О. Цимбалюк, В. Тоценко, П. Качанов [3-12].

Однак проблеми розробки комплексних експертних методик, що використовують кількісні підходи, а особливо їх адаптування до потреб сектору безпеки та оборони, які в свою чергу належать до системи національної безпеки, залишаються малодослідженими. Отриманні результати шляхом експертного оцінювання на достовірність наданої інформації бувають зманіпульовані експертами для прийняття управлінських рішень в інтересах третіх осіб, що підсилює актуальність експертизи результатів експертного оцінювання в системі національної безпеки.

Метою статті є пошук шляхів удосконалення методики експертного оцінювання під час прийняття управлінських рішень в системі національної безпеки за рахунок експертизи отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Під методом експертних оцінок розуміється науковий метод, який дозволяє отримати об'єктивну оцінку на основі певної сукупності індивідуальних думок експертів. В якості експертів виступають особи, які висловлюють думку про якийсь суперечливий чи складний випадок, оскільки людство у складних ситуаціях завжди намагалося врахувати думку висококваліфікованих спеціалістів у різних сферах життєдіяльності.

Методика проведення експертної оцінки зводиться по своїй суті до виконання обов'язкових елементів, що визначають ітерації її проведення:

1. Виявлення необхідності щодо проведення експертної оцінки.
2. Складання плану і програми експертизи:
 - формулювання мети та завдань експертної оцінки;
 - розробка анкети (опитувальника);
 - вибір способу оцінки компетентності експертів;
 - формування правил проведення опитування експертів (тобто вибір методу експертних оцінок);
 - формування правил та методів обробки думок експертів.
3. Формування групи експертів та проведення власне експертної оцінки.
4. Групування та зведення матеріалів експертизи.
5. Розрахунок статистичних показників:
 - визначення відносних величин;

розрахунок групових оцінок із врахуванням шкали ваги експертів;

визначення достовірності різниці поміж отриманими відносними чи середніми величинами (з використанням непараметричних методів Манна-Уїтні, Колмогорова-Смирнова, Ван дер Вардена);

дослідження взаємозалежності поміж висновками експертів (за допомогою методів рангової кореляції Спірмена чи Кендалла);

обчислення коефіцієнта детермінації (відображає частку впливу певного фактора при дії декількох на результат);

проведення рангування (при наявності масиву кількісних та напівкількісних даних).

6. Визначення ступеня однодумності експертів за допомогою розрахунку:

коефіцієнта варіації (відображає однорідність сукупності);

показника асиметрії;

показника ексцесу (гостровершинності);

коефіцієнта осциляції (відображає відносне коливання значень).

7. Впровадження у практику зроблених висновків.

Опрацювання існуючої проблеми та намагання визначити шляхи подальшого розвитку власне і визначають необхідність щодо проведення експертної оцінки. Цю методологію доцільно використовувати у разі, коли наступні фактори ускладнюють можливість прийняти оптимальне рішення:

існує неможливість точного прогнозування наслідків прийнятого рішення;

відсутність чи неповнота статистичної інформації, на основі якої приймається рішення;

наявність факторів, які не піддаються контролю зі сторони особи, що приймає рішення;

наявність декількох варіантів вирішення проблеми та необхідність вибору одного з них;

неповторність та неможливість експериментальної перевірки прогнозованого перебігу подій і результатів процесів вирішення проблеми [2].

У практиці прийняття управлінських рішень в організаційних системах військового та цивільного управління метод експертного оцінювання широко застосовується особливо у тих заходах, коли об'єкти управління і механізми управління мають складні, у тому числі нелінійні зв'язки і не можуть бути формалізовані у вигляді математичних і інших моделей.

Метод експертного оцінювання, який є підґрунтям роботи комісій з перевірки стану військових і промислових об'єктів, їх рівня готовності і забезпеченості, у тому числі, з питань управління оборонними ресурсами спрямованих на процес розвитку спроможностей збройних сил, використання можливостей економіки, тощо. Експертне оцінювання зберігає і на перспективу свою актуальність під час дослідних навчань, перевірки бойової та мобілізаційної готовності і забезпеченості ЗС України, об'єктів і галузей національної економіки та інших державних

інституцій, які забезпечують національну безпеку держави й її складових – воєнну та економічну безпеку. За роки застосування механізми експертного оцінювання ретельно відпрацьовані, сформовані вимоги до порядку відбору експертів, їх рівня компетентності, процедур оцінювання, порядку обробки результатів оцінювання та інших заходів. Однак при експертному оцінюванні передбачається, що всі експерти безумовно кваліфіковані, об'єктивні і незаангажовані. А якщо в їх висновках є суб'єктивні похибки, то вони нівелюються за рахунок збільшення числа експертів і повторень процедур експертного оцінювання.

У той же час за будь-яких обставин і умов експертного оцінювання зберігається роль "людського фактора", тобто не виключена можливість заангажованості, недоброчесності, корупційності у діях і оцінках експертів. Особливо такі чинники можливі у ході управління великими матеріальними і фінансовими ресурсами, у разі обмеженої кількості експертів. А наслідки вказаних чинників можуть призвести до нерационального використання матеріальних цінностей, значних збитків, у тому числі і для розвитку спроможностей ЗС України, бойової і мобілізаційної готовності. Таким чином, під час застосування експертного оцінювання, особливо у заходах щодо управління розподілом великих матеріальних і фінансових ресурсів, актуальною є проблема достовірної експертизи результатів експертного оцінювання. Така експертиза, бажано, крім достовірності, має бути ще й не громіздкою, не коштовною, а простою і доступною для

практичного використання.

В даній статті, на підставі аналізу розроблених в теорії активних систем "механізмів розумного управління" пропонується механізм перевірки (експертизи) результатів експертного оцінювання, сутність якого полягає в наступному. Припустимо, що група експертів має оцінити стан якогось об'єкта (наприклад, стан бойової і мобілізаційної підготовки, стан її забезпеченості певними ресурсами, важливість об'єкта ЗС України у вирішенні деякого кінцевого завдання тощо). Кожний з експертів виставляє свою оцінку із заданого діапазону $[d, D]$ допустимих оцінок, а далі за прийнятою в методі експертних оцінок процедурою визначається підсумкова оцінка. Зрозуміло, якщо кожен експерт добросовісно формує свою оцінку, то середня оцінка (можливо із урахуванням кваліфікації експертів) буде достатньо об'єктивною.

Однак, можлива й інша ситуація. Експерт із власних міркувань бажає, щоб підсумкова оцінка збігалася з його думкою і може свідомо завищити (або занижити) свою оцінку. Наприклад, припустимо, що п'ять експертів вважають, що оцінюваний об'єкт, на їх думку, заслуговує оцінок відповідно $r_1 = 3, r_2 = 4, r_3 = 5, r_4 = 6, r_5 = 7$. Середня оцінка об'єкта $x = 5$ (табл. 1). Якщо експерти висококваліфіковані, незаангажовані, то точність такої оцінки можна вважати достатньо високою, а самі оцінки – істинними (достовірним, об'єктивними, реальними, звідси індекс r).

Таблиця 1

Точність оцінок	Номери експертів					Підсумкова (середня) оцінка, x
	1	2	3	4	5	
Висока (реальні оцінки)	3	4	5	6	7	5
Невисока з боку експертів (заангажовані)	2	1	5	6	7	4

Однак, якщо перший експерт прагне здвинути підсумкову оцінку у свій бік, він може поставити занижену (суб'єктивну, хибну) оцінку $S_1 = r_1 - 1$. Якщо і другий експерт поставить занижену оцінку $S_2 = r_2 - 3$, то підсумкова (середня) оцінка буде вже 4, тобто зміститься в бік перших двох експертів. Таким чином, потрібен механізм експертизи оцінок експертів, який буде від можливих маніпуляцій таких "активних" експертів або, наскільки це можливо, мінімізувати помилку, яка виникає внаслідок їх дій.

У формальній постановці задача постає такою. Застосовується деякий з методів експертного оцінювання із базовою процедурою отримання підсумкової оцінки, якою може бути середня оцінка

$$x = \frac{1}{n} \sum S_i \quad (1)$$

де n – кількість експертів;

S_i – оцінка i -го експерта, $i = 1, \dots, n$.

Передбачається, що якщо експерти чесно висловлюють свою думку, то середня оцінка достатньо об'єктивна. Потрібен механізм експертизи, який буде мінімізувати відхилення підсумкової оцінки від об'єктивної середньої у разі можливих маніпуляцій експертів. На підставі механізмів "розумного управління" теорії активних систем може бути запропонований експертний механізм, який належить до механізмів "чесної гри".

Усю шкалу можливих значень оцінок (рис. 1) у діапазоні значень оцінок $[d, D]$ ділимо на n рівних відрізків (кроків) довжиною

$$\Delta = \frac{D - d}{n} \quad (2)$$

Координати точок поділу позначимо $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ (де $a_i = i \Delta, i = 1, \dots, n$). Припустимо, що експерти пронумеровані за порядком зменшення своїх оцінок, тобто $S_1 \geq S_2 \geq S_n$.

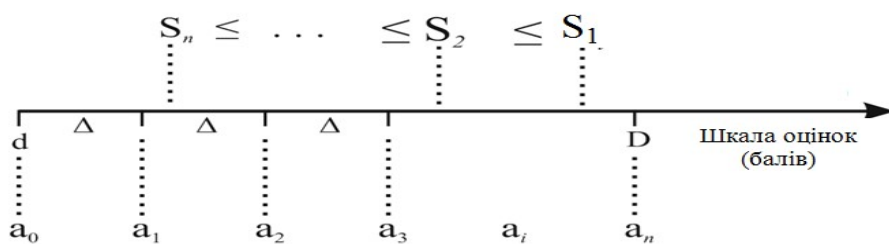


Рис. 1. Механізм експертизи можливих маніпуляцій з боку деяких експертів (механізм “чесної гри”)

Підсумкова оцінка визначається за формулою

$$x = \min_i \max(S_i, \alpha_{i-1}) \quad (3)$$

де $\alpha_0 = d$

Якщо оцінка експерта i (експерти пронумеровані у порядку зменшення оцінок) перебуває на i -му відрізку $[\alpha_{i-1}, \alpha_i]$ шкали оцінок, його оцінка визначає підсумкову. У термінах теорії активних систем такий експерт вважається “диктатором”, а запропонований механізм експертизи має назву “обмежене диктаторство”, та є різновидом механізму “чесної

гри”.

Розглянемо приклад застосування запропонованого механізму експертизи (рис. 2). Припустимо, що оцінки формуються за десятибальною шкалою. Якщо оцінювання здійснюють п’ять експертів, маємо координати $a_1 = 2, a_2 = 4, a_3 = 6, a_4 = 8, a_5 = 10$.

Експерти доповіли свої істинні думки $S_1 = 8, S_2 = 7, S_3 = 6, S_4 = 5, S_5 = 4$ (табл. 3).

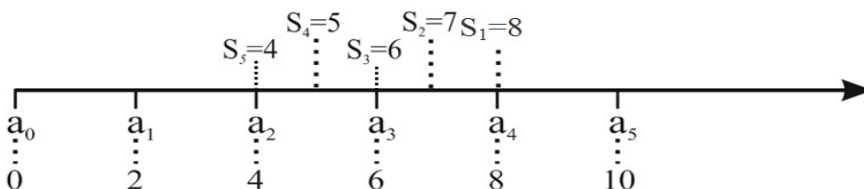


Рис. 2. Приклад формування підсумкової оцінки методом експертизи оцінок експертів

Таблиця 2

Результати експертного оцінювання.

Результати експертного оцінювання	Система оцінок 10-бальна, n - кількість експертів, $n=5$, i – номер експерта, $i = 1, \dots, n$				
	1	2	3	4	5
Оцінка експертів по порядку зменшення $S_1 \geq S_2 \dots \geq S_5$	8	7	6	5	4
Підсумкова оцінка $x = \frac{1}{5} \sum S_i$	6				

У такому випадку значення $\max(S_i, \alpha_{i-1})$ будуть 8, 7, 6, 6, 8, а підсумкова оцінка 6 (табл. 2).

Нескладно переконатися, що жоден експерт не може наблизити підсумкову оцінку до своєї істинної, порушуючи ту оцінку, яку він надає об’єкту дослідження. Можна показати, що всі механізми “чесної гри” визначають процедурою, яка наведена і відрізняється вибором чисел $\{\alpha_i\}$.

Так, якщо у разі непарної кількості експертів $n = 2k + 1$, взяти $\alpha_i = d, i = 1, 2, \dots, k, \alpha_{k+1} = D, i = k + 1, \dots, 2k$, то в якості підсумкової оцінки береться медіана, тобто оцінка “середнього експерта”, експерта, який має $(k + 1)$ за значенням оцінки.

Таблиця 3

Експертиза експертного оцінювання.

Діапазон допустимих оцінок (балів) $[d, D]$	Відрізок (крок) шкали оцінок $\Delta = \frac{D-d}{n}$	Координати точок поділу діапазону оцінок $\alpha_i = i \Delta$					Максимальне значення оцінок в межах призначених інтервалів на відрізках діапазону оцінок $\max(S_i, \alpha_{i-1})$					Підсумкова оцінка після перевірки дій експертів $\min_i \max(S_i, \alpha_{i-1})$
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	S_1, α_0	S_2, α_1	S_3, α_2	S_4, α_3	S_5, α_4	
0, ..., 10	2	2	4	6	8	10	8	7	6	6	8	6

Висновки й перспективи подальших досліджень

У випадках, коли об'єкти і механізми управління мають складні зв'язки, у тому числі й нелінійні, практична реалізація оцінювання результатів прийняття управлінських рішень в організаційних системах військового та цивільного управління не може бути формалізовано у вигляді математичних та інших моделей. У такому разі

використовують методи експертного оцінювання. В статті, на підставі теорії активних систем “механізмів розумного управління”, запропоновано механізм експертизи (перевірки) результатів експертного оцінювання, які виключають можливість заангажованості, недоброчесності, корупційності у діях і оцінках експертів.

Література

1. Кількісні методи експертного оцінювання: наук.-метод. розробка / уклад.: В. П. Новосад, Р. Г. Селіверстов, І. І. Артим. - К. : НАДУ, 2009. – 36 с. URL: <https://docplayer.net/53278802-Kilkisni-metodi-ekspertnogo-ocinyuvannya.html> 2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу –Теорія систем для студентів напряму підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” / Укл.: Д.І. Петренко, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський, О.В. Анісімов – Кіровоград; КНТУ, 2014.– 63 с. URL: http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/2920/1/MV_Teorija%20sistem_2014%20%D1%80..pdf 3. Бурков В.Н., Еналеев. А. К., Большие системы: моделирование организационных механизмов. Москва, 1989. 248 с. 4. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. Москва, 1977. 255 с. 5. Бурков В.Н. Человек.

Управление. Математика. Москва, 1988. 160 с. 6. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. Москва, 1981. 384 с. 7. Бурков В.Н., Кондратьев В.В., Цыганов В.В., Черкашин А.М. Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма. Москва, 1984. 272 с. 8. Бурков В.Н., Новиков В.А. Как управлять проектами. Москва, 1997. 188 с. 9. Бурков В.Н., Новиков В.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. Москва, 1999. 128 с. 10. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями. Москва, 2004. 400 с. 11. Бурков В.П., Поллолис Н., Трасаускас Э. Гибкие системы организационного управления. Вильнюс, 1990. 196 с. 12. Баркалов С.А., Бакунец О.Н., Гуреева И.В., Колпачев В.Н., Русман И.Б. Оптимизационные модели распределения инвестиций на предприятии по видам деятельности. Москва, 2002. 68 с.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРТИЗИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕКСПЕРТНОГО ОЦЕНЮВАННЯ

Марина Федоровна Маланчук (кандидат економічних наук)

Валерій Александрович Крайнов (кандидат технічних наук, доцент)

Анатолій Станіславович Полищук

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В современных условиях, а именно, в трансформационных процессах управления оборонными ресурсами, направленных на процесс развития способностей вооруженных сил, принятие управленческих решений в организационных системах военного и гражданского управления широко применяется метод экспертной оценки.

Метод экспертной оценки положен в основу работы комиссий по проверке состояния военных и промышленных объектов, их уровня готовности и обеспеченности, в том числе по вопросам рационального распределения ресурсов, использование возможностей экономики, мобилизационной подготовки и тому подобное. Экспертная оценка сохраняет и на перспективу свою актуальность во время исследовательских учений, проверки боевой и мобилизационной готовности и обеспеченности ВС Украины, объектов и отраслей национальной экономики и других государственных институтов, обеспечивающих национальную безопасность государства и ее составляющих - военную и экономическую безопасность. За годы применения механизмы экспертной оценки тщательно отработаны, сформированы требования к порядку отбора экспертов, их уровня компетентности, процедур оценки, порядка обработки результатов оценки и других мероприятий. Однако при экспертном оценивании предполагается, что все эксперты, безусловно квалифицированные и, объективные. А если в их выводах есть субъективные погрешности, то они нивелируются за счет увеличения числа экспертов и повторений процедур экспертного оценивания.

В то же время при любых обстоятельствах и условиях экспертного оценивания сохраняется роль “человеческого фактора”, другими словами, не исключена возможность ангажированности, коррупционности в действиях и оценках экспертов. Особенно такие факторы возможные в ходе управления большими материальными и финансовыми ресурсами, в случае ограниченного количества экспертов. А последствия указанных факторов могут привести к нерациональному использованию материальных ценностей, значительный ущерб, в том числе в процессе развития способностей вооруженных сил, боевой и мобилизационной готовности.

Таким образом, при применении экспертного оценивания, особенно в мероприятиях по управлению распределением больших материальных и финансовых ресурсов, актуальной является проблема достоверной экспертизы результатов экспертного оценивания. Такая экспертиза, желателно, кроме

достоверности, должна быть не громоздкой, не дорогой, простой и доступной для практического использования.

В данной работе, на основании анализа разработанных в теории активных систем “механизмов разумного управления” предлагается механизм проверки (экспертизы) результатов экспертного оценивания.

Ключевые слова: эксперт; экспертная оценка; экспертиза; механизм разумного управления; механизм честной игры.

METHODOLOGY FOR THE EXAMINATION OF THE RESULTS OF EXPERT ASSESSMENT

Maryna Malanchuk (Candidate of Economic Sciences)
Valerii Krainov (Candidate of technical sciences, associate professor)
Anatolii Polishchuk

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine

In modern conditions, namely, in the transformational processes of managing defense resources, aimed at developing the capabilities of the armed forces, making managerial decisions in the organizational systems of military and civilian control, the method of expert assessment is widely used.

The expert assessment method is the basis for the work of commissions to check the state of military and industrial facilities, their level of readiness and security, including on the rational allocation of resources, the use of economic opportunities, mobilization training, and the like. The expert assessment also retains its relevance for the future during research exercises, checking the combat and mobilization readiness and security of the Armed Forces of Ukraine, facilities and sectors of the national economy and other state institutions that ensure the national security of the state and its components - military and economic security. Over the years of application, the mechanisms of expert assessment have been thoroughly worked out, requirements have been formed for the procedure for selecting experts, their level of competence, assessment procedures, the procedure for processing the assessment results and other activities. However, in expert assessment it is assumed that all experts are certainly qualified and objective. And if there are subjective errors in their conclusions, then they are levelled out by increasing the number of experts and repetitions of expert evaluation procedures.

At the same time, under any circumstances and conditions of expert assessment, the role of the “human factor” remains, in other words, the possibility of bias, corruption in the actions and assessments of experts is not excluded. Especially such factors are possible in the course of managing large material and financial resources, in the case of a limited number of experts. And the consequences of these factors can lead to the irrational use of material values, significant damage, including in the process of developing the capabilities of the armed forces, combat and mobilization readiness.

Thus, when applying expert assessment, especially in measures to manage the distribution of large material and financial resources, the problem of a reliable examination of the results of expert assessment is urgent. Such an examination, preferably, in addition to being reliable, should not be cumbersome, expensive, simple, and accessible for practical use.

In this paper, on the basis of the analysis of “mechanisms of reasonable control” developed in the theory of active systems, a mechanism for checking (examination) of the results of expert assessment is proposed.

Keywords: expert; expert review; expertise; mechanism of reasonable management; mechanism of fair play.

References

1. Kiljiskini metody ekspertnogo ocenjuvannja: nauk.-metod. rozrobka / uklad.: V. P. Novosad, R. Gh. Seliverstov, I. I. Artym. - K. : NADU, 2009. – 36 s. URL: <https://docplayer.net/53278802-Kiljiskini-metodi-ekspertnogo-ocenyvannya.html>
2. Metodichni vkazivky do vykonannja laboratornykh robit z kursu –Teoriya system dlja studentiv naprjama pidghotovky 6.040106 “Ekologhija, okhorona navkolysnjogho seredovyshha ta zbalansovane pryrodokorystuvannja” / Ukl.: D.I. Petrenko, S.M. Leshhenko, O.M. Vasylykovskij, O.V. Anisimov – Kirovohrad; KNTU, 2014.– 63 s. URL: http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/2920/1/MV_Teorija%20sistem%202014%20%D1%80.pdf
3. **Burkov B.H.**, Enaleev. A. K., Bolshie sistemy: modelirovanie organizatsionnyh mehanizmov. Moskva, 1989. 248 s.
4. **Burkov V.N.** Osnovy matematicheskoy teorii aktivnyh sistem. Moskva, 1977. 255 s.
5. **Burkov V.N.** Chelovek. Upravlenie. Matematika. Moskva, 1988. 160 s.
6. **Burkov V.N.**, Kondratev V.V. Mehanizmy funkcionirovaniya organizatsionnyh sistem. Moskva, 1981. 384 s.
7. **Burkov V.N.**, Kondratev V.V., Tsyiganov V.V., Cherkashin A.M. Teoriya aktivnyh sistem i sovershenstvovanie hozyaystvennogo mehanizma. Moskva, 1984. 272 s.
8. **Burkov V.N.**, Novikov V.A. Kak upravlyat proektami. Moskva, 1997. 188 s.
9. **Burkov V.N.**, Novikov V.A. Teoriya aktivnyh sistem: sostoyanie i perspektivy. Moskva, 1999. 128 s.
10. **Burkov V.N.**, Novikov D.A. Kak upravlyat organizatsiyami. Moskva, 2004. 400 s.
11. **Burkov V.P.**, Polyulis N., Trasauskas E. Gibkie sistemy organizatsionnogo upravleniya. Vilnyus, 1990. 196 c.
12. **Barkalov S.A.**, Bakunets O.N., Gureeva I.V., Kolpachev V.N., Russman I.B. Optimizatsionnye modeli raspredeleniya investitsiy na predpriyatii po vidam deyatelnosti. Moskva, 2002. 68 s.

Сергій Григорович Вдовенко

Юрій Григорович Даник (доктор технічних наук, професор)

Олександр Юрійович Пермяков (доктор технічних наук, професор)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

КІБЕРПРОТИДІЯ РОБОТОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСАМ

Стрімкий розвиток, масове виробництво, прийняття на озброєння та зростаюча кількість фактів бойового застосування у воєнних діях та конфліктах сучасності високотехнологічних систем озброєння та робототехнічних систем (комплексів) РТС(К) вимагають здійснення низки заходів щодо створення ефективної системи протидії РТК. Зокрема, розробки стратегій та концепцій, теорії та тактики протидії РТК, переосмислення канонів оперативного мистецтва та тактики застосування існуючих засобів ППО в контексті боротьби з РТС(К), вироблення вимог щодо модернізації та розвитку систем (комплексів) боротьби з РТС(К) (С(К)Б РТС(К)), проведення наукових досліджень, науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт щодо створення засобів та систем (комплексів) протидії РТС(К), організацію підготовки кваліфікованих спеціалістів з їх експлуатації та бойового застосування, науково-педагогічних кадрів, тощо. Враховуючи, що за своїми ознаками РТС(К) є кіберфізичними системами (КФС) спеціального призначення, а їх системи управління – класичними кібернетичними системами, пріоритетними є підходи щодо створення єдиних засад боротьби з РТС(К) (тих типів і класів, з якими неможливо або неефективно боротися існуючими засобами) та систем для їх реалізації, що складаються із органів управління та відповідно оснащених підрозділів, які мають на озброєнні системи (комплекси) ОВТ з специфічними програмно-апаратними засобами та комплекси для вирішення зазначених задач.

В статті представлені результати: аналіз ефективності застосування існуючих систем озброєння для боротьби з безпілотними літальними апаратами (БПЛА) поля бою безпілотних авіаційних комплексів (БАК); аналіз вразливості складових РТС(К); аналіз тенденцій розвитку систем (комплексів) боротьби з РТС(К) (БПЛА БАК) провідних країн світу в контексті можливості та доцільності впровадження їх досвіду в Україні; здійснення розробки основних теоретичних положень формування систем кіберпротидії РТС(К) як КФС.

Ключові слова: *безпілотні авіаційні комплекси (БАК); безпілотні літальні апарати (БПЛА); бойове застосування робототехнічних систем (комплексів); виявлення робототехнічних комплексів (засобів); кіберсистеми; кіберфізичні системи (КФС); робототехнічні системи (комплекси) РТС(К); системи (комплекси) боротьби з робототехнічними системами (комплексами) С(К)Б РТС(К).*

Вступ

Постановка проблеми. В сучасних війнах та військових конфліктах значно зросли важливість та масштаби застосування високотехнологічних систем озброєння та робототехнічних комплексів (РТК), які вже стали обов'язковою складовою озброєння армій провідних країн світу. Відбувається інформатизація та роботизація військових формувань. У збройних силах багатьох країн світу створюють роботизовані підрозділи які, відповідно до цього, вимагають розвитку форм, способів і засобів ведення боротьби з ними. У 2015 р. Російська Федерація у ході командно-штабного навчання "Центр-2015", а у 2016 р. Велика Британія в ході військових навчань НАТО Unmanned Warrior 2016 ("Безпілотний воїн"), що були складовою найбільших у Європі військових навчань Joint Warrior) провели тренування з комплексним використанням роботів (повітряного, наземного та морського базування) та інших інноваційних розробок із застосуванням високо інтегрованих систем управління [1-3].

РТК(К) є сукупністю: апаратних засобів робототехнічних засобів (РТЗ) (наземних, повітряних, надводних, підводних тощо); програмно-алгоритмічних комплексів; систем управління, що забезпечують комплексну (дистанційну, автономну або змішану) автоматизацію виконання задач.

Фактично, будь-яка робототехнічна платформа, яка є носієм цільових систем і засобів, являє собою механізм, що контролюється або відстежується комп'ютерними алгоритмами і (у разі, якщо він не є цілком автономним), пов'язаний з пунктом управління (ПУ) та його користувачами. При цьому бортовий апаратно-програмний комплекс, який забезпечує її застосування, здійснює процеси отримання даних, їх обробки, збереження та обміну ними, а також здійснює управлінські впливи на бортові виконавчі засоби та цільові системи, які взаємодіють на різних часових та просторових рівнях та можуть мати різні, відмінні одна від одної моделі поведінки та взаємодіяти

одна з одної різними шляхами, які можуть змінюватися в залежності від контексту. Це є прямими ознаками будь-яких кібернетичних систем та є характерним для систем кіберфізичних. Особливістю робототехнічних систем (комплексів) (РТС(К)) є поєднання усіх функціональних і структурних елементів у єдину складну кіберсистему, що має свою мету, функції, завдання, структуру, функціональні та зворотні взаємозв'язки і можливості до адаптації. З точки зору теорії систем вони є складними багаторівневими ієрархічними системами з їх функціями, елементами та взаємозв'язками.

Таким чином, за своїми ознаками РТС(К) є кіберфізичними системами (КФС) спеціального призначення [9-11], а їх системи управління – класичними кібернетичними системами [4-8].

Процеси функціонування таких систем відбуваються одночасно у природних (сухопутному, морському, повітряному, космічному) просторах та у новому штучно утвореному віртуальному просторі – кіберпросторі, який доповнив існуючі та став сферою конфліктів і можливих бойових дій [12,13]. При цьому відбувається зміна традиційних форм і способів ведення протиборства.

Розглядаючи сферу оборони (військовий аспект), визначимо, що кіберпростір – це єдиний простір сформований з інформаційного, комунікаційного, віртуального комп'ютерно-мережного і соціотехнічного просторів та об'єднаний системою зв'язків, в якій відбувається створення, зберігання, модифікація та передача інформації, управління об'єктами (системами) та зброєю, вплив на об'єкти (системи) протидіючої сторони, захист власних об'єктів (систем) в існуючих фізичних полях та середовищах. З його утворенням в системному контексті значно зросли можливості та ефективність застосування РТС(К). Надзвичайно важливим чинником, який обумовлює значне зростання їх ролі під час виконання військами різноманітних завдань є те, що застосування РТС(К) в збройних конфліктах дозволяє мінімізувати втрати особового складу та зробити дії військ більш ефективними і раповими [14].

В операції Об'єднаних сил на території Донецької та Луганської областей, активні дії противника супроводжуються застосуванням безпілотних авіаційних комплексів (БАК) – “Орлан-10”, “Груша”, “Застава” (Bird Eye 400), “Форпост” (“IAI Searcher”), “Елерон”, “Птеро”, “Гранат-1”, “Гранат-2”, “Гранат-4”, квадрокоптер “Гранат-6”, “Тахіон” та інших з метою ведення розвідки, дорозвідки, здійснення цілевказівок, постановки завдань, або для доставки засобів ураження (табл.1). БПЛА БАК несуть серйозну загрозу і, зазвичай, застосовуються комплексно, по 2-3 у групі. Найбільш розповсюдженою моделлю застосування є така: один апарат провокує протиборчу сторону на активність, другий веде розвідку з висоти 1000—1500 м, третій, який

перебуває на висоті 4,5–5 км та більше – ретранслятор, який забезпечує управління та отримання розвідувальної, телеметричної і службової інформації на пункті управління БАК он-лайн. Часто в групах два апарати – розвідник та ретранслятор. Іноді до груп включають БПЛА, які виконують завдання РЕП. Для створення активних шумових перешкод на БПЛА-розвіднику може встановлюватися додаткове обладнання. Поодинокі БПЛА застосовуються на тактичному рівні для дорозвідки цілей, нанесення ураження об'єктам та особовому складу з використанням вибухових засобів та речовин. Особливо небезпечними є розвідувально-ударні та розвідувально-вогневі комплекси, у складі яких на Донбасі застосовуються БПЛА: “Орлан-10”, “Елерон”, “Гранат-6”. Вони здатні виявляти цілі та з високою точністю, у режимі реального часу, корегувати вогонь ствольної або реактивної артилерії та інших засобів кінетичного впливу, сприяти підвищенню ефективності застосування засобів некінетичного впливу. Наприклад, комплекс РЕБ РБ-341В “Леєр-3”, до складу якого входять 3 БПЛА “Орлан-10” (“Орлан-30”), крім виконання основних функцій – виявлення, придушення та імітації роботи станцій діапазонів GSM 900, 1800, 2000, 2500, спроможний в режимі on-line передавати артилерійським підрозділам для нанесення вогневого удару інформацію щодо координат виявлених абонентських точок.

З початку збройного конфлікту на сході України, станом на липень 2020 р., підтверджено знищення понад 40 БПЛА РФ. В табл. 2 представлені зведені дані щодо деструктивного впливу на БАК РТС(К) ЗС РФ. Дані щодо впливу противника на українські БПЛА у відкритих джерелах відсутні. Разом з тим, за цей період з боку 1, 2 армійських корпусів РФ зафіксовано понад 10 випадків перешкоджання виконання завдання безпілотниками ОБСС, з яких не менш двох – з втратою БПЛА.

Аналіз інформації табл.1 свідчить що деструктивний вплив на БАК (РТС(К)) противника можливий шляхом застосування існуючих засобів, що перебувають на озброєнні ЗС України. Разом з тим, боротьба з БПЛА противника здійснюється наразі безсистемно і з різним ступенем ефективності.

При цьому, якщо боротьба з бойовими БПЛА стратегічного, оперативного і навіть деякими типами тактичного рівня є питанням в достатньому ступені відпрацьованим, то протидіяти невеликим БПЛА (класів мікро-, міні-, апаратів поля бою та їм подібних) (табл.2), як суто військового призначення, так і цивільним і кустарно виготовленим, сучасними засобами ППО складно, дорого і в багатьох випадках неефективно.

Слід відмітити, що до початку бойових дій не були належним чином оцінені загрози від РТК та вжиті відповідні управлінські рішення щодо розвитку засобів і створення систем протидії їм.

Проведений аналіз і дослідження показали, що підвищення ефективності протидії БПЛА можливе за рахунок не лише збільшення масової частки існуючих, в т.ч. сучасних зразків озброєння, але насамперед, створення та розвитку комплексної системи протидії БАК, як КФС, з використанням засобів кібервпливу [15,16] (на елементи та процеси управління з метою його порушення), фізичного (вогневого, енергетичного) впливу, а

також утворення підсистеми виявлення – розпізнавання – супроводження – визначення найбільш раціонального виду впливу. Захист від мікро- та міні-БПЛА об'єктів протидії на власній території (органи військового управління, військові частини, арсенали, бази, склади) вимагає також утворення підсистеми оперативно-розшукового забезпечення із залученням структур сил безпеки держави.

Таблиця 1

РТК (БАК), БПЛА Російської Федерації, що застосовуються на Сході України

Назва, призначення, склад РТК (БАК)	Характеристики БПЛА		Оснащення, спроможності
Форпост (IAI Searcher) - розвідувальний оперативно-тактичний комплекс. БПЛА Форпост. Склад: станція управління, БПЛА - до 3.	Практична стеля, м	5800	Комплекс MOSP (Multimission Optronic Stabilised Payload) TV/FLIR з системою передачі для GCS в реальному часі або розвідувальним контейнером з радаром з синтезованою апертурою (SAR). Може комплектуватися кольоровою CCD відеокамерою.
	Максимальна швидкість, км/год	150	
	Практична дальність, км	250	
	Тривалість польоту, год	17	
Форпост (Searcher II) - розвідувальний оперативно-тактичний комплекс БПЛА Форпост-Р. Склад: станція управління, БПЛА - до 3.	Практична стеля, м	7010	
	Максимальна швидкість, км/год	200	
	Практична дальність, км	250	
	Тривалість польоту, год	15-18	
Леер-3 - комплекс РЕБ РБ-341В. Склад: базова станція (робочі місця операторів, радіообладнання управління і передачі даних), обладнання для технічного обслуговування і забезпечення старту БПЛА, бензоагрегат, БПЛА Орлан-10 (30) – до 3.	Практична стеля, м	5000	Корисне навантаження: Орлан-10 – 12 камер., Орлан-30: фотокамери (роздільна здатність 10-15 Мрх, кратність x 4 – 8) – 7; відеокамери – 10; курсові – 3, планові -3, поворотні -2, гіростабілізовані – 2; тепловізори (чуйність 0,005С°, дальність розпізнавання людини – 450 та 1150м. Можливості: одночасне управління з ПУ – до 4 БПЛА, будь-який БПЛА – ретранслятор; організація локальної мережі до 30 операторів для управління корисним навантаженням одночасно запущених БПЛА; створення карти місцевості в 3D і управління ходом бою.
	Максимальна швидкість, км/год	150	
	Практична дальність, км	120	
	Тривалість польоту, год	16	
Орлан-30 - Розвідувально-тактичний БПЛА	Практична стеля, м	5000	
	Максимальна швидкість, км/год	150	
	Практична дальність, км	500	
	Тривалість польоту, год	8-12	
Груша - малогабаритний розвідувальний комплекс. Склад: станція управління, 3 БПЛА, катапульта, комплект корисного навантаження (фото, відео).	Практична стеля, м	3000	Корисне навантаження: радіообладнання, фотоапарат (роздільна здатність 10Мрх, кратність – 4, відеокамери (здатність 720x576 рх) – 2. Здатний з висоти 300-500 м виявляти замасковані об'єкти на відстані до 15 км, корегувати вогонь РСЗВ, фіксувати результативність вогню.
	Максимальна швидкість, км/год	120	
	Практична дальність, км	5-10	
	Тривалість польоту, год	1,25	
Застава - тактичний безпілотний авіаційний комплекс, БПЛА - Застава (Bird-Eye 400). Склад: переносний пункт управління, комплекс зв'язку, цільова оптико-електронна апаратура, БПЛА - 3.	Практична стеля, м	2200	Корисне навантаження: або TV, або ІЧ-камера на гіростабілізованій платформі, що обертається. Здатний вести розвідку та корегувати вогонь артилерії на відстані прямого бачення.
	Максимальна швидкість, км/год	120	
	Практична дальність, км	10	
	Тривалість польоту, год	1	
Гранат-4 Комплекс дистанційного спостереження і ретрансляції. БПЛА Рубеж-20. Склад: комплекс наземних засобів управління, транспортно-пусковий комплекс, БПЛА. – 2	Практична стеля, м	4000	Корисне навантаження: або TV, або ІЧ-камера, або фотокамера, або блок РЕБ. Здатний вести спостереження та передавати інформацію на відстані до 100 км.
	Максимальна швидкість, км/год	140	
	Практична дальність, км	100	
	Тривалість польоту, год	6	
Гранат-1. Переносний комплекс дистанційного спостереження і ретрансляції. БПЛА - Гранат-1. Склад: Станція управління, комплект змінних модулів корисного навантаження, БПЛА - 2.	Практична стеля, м	3500	Корисне навантаження: або TV, або ІЧ-камера, або фотокамера. Здатний з висоти 1500 м виявляти цілі на відстані дальності до 15 км та надавати цілевказання до розвідувально-вогневих комплексів.
	Максимальна швидкість, км/год	75	
	Практична дальність, км	15	
	Тривалість польоту, год	1,4	

Таблиця 2

Класифікація БПЛА

За масштабом завдань, що вирішуються	Приклад	радіус дії (км)	Маса (кг)	тривалість польоту (год)	практична стеля (км)					
тактичні (Tactical Unmanned Aerial Vehicles)										
Тактичні	Нано-БПЛА	Perdix	Поля бою	до 1	Нано- (Nano, η) до 0,025	Малої тривалості (short duration)	до 1	Маловисотні (low altitude)	до 1	
	Мікро-БПЛА (Micro Air Vehicle)	T-4 Елерон		до 10	Мікро- (Micro, μ) до 5		1-1,5		1-2	
	міні-БПЛА (Mini Air Vehicle).	Груша Застава Bird-Eye 400		5-15	Міні- (Mini) до 15		до 2		1-4	
	близької дії (close range)	Тахіон Птеро	Ближнього радіусу	30-70	Мало- розмірні	25-150	2-4		4-6	
	малої дальності (short range).	RQ-7 Shadow	Малого радіусу	до 100	Середньо- розмірні	до 250	4-8			
з великою тривалістю польоту EUAV (Endurance Unmanned Aerial Vehicles)										
Оперативно-тактичні	середньої дії (medium range)	Ty-141 (Стриж) Форпост IAI Searcher Ваурактар Anka Орлан-10	Середнього радіусу (Medium Endurance)	до 200	Велико- розмірні	до 500	Середньої тривалості (medium duration)	6-12	Середньо- висотні (medium altitude).	4-8
Оперативні	великої дальності (long range)	MQ-1 Predator Ty-243(Рейс) Орлан-30		до 700		500 – 1500	Великої тривалості (long duration)	понад 12		6-12
Оперативно-стратегічні (MALE - Medium Altitude, Long Endurance)		Оріон Ваурактар TB2	Дальнього радіусу (Long Endurance)	понад 800	Важкі	1000 - 1500		понад 20.	Висотні (high altitude)	4-12
Стратегічні (HALE - High Altitude, Long Endurance)		RQ-4 Global Hawk MQ-9 Reaper		понад 2000		2500 - 5000		понад 30	Стратосферні (stratospheric)	понад 12

В основу класифікації, прийнятій в НАТО, покладено поділ БПЛА за висотою і тривалістю польоту. Крім того класифікувати військові БПЛА доцільно за: функціональними призначеннями (характером завдань) - розвідувальні, ударні, радіоелектронної боротьби, ретранслятори зв'язку; зв'язку, управління, комбіновані; за технічними ознаками: принципом керування – дистанційно пілотовані, автономно (за програмою), комбіновано пілотовані, дистанційно керовані авіаційною системою short range Air Vehicle

Таблиця 3

Дані щодо ураження БПЛА РФ на Сході України

кільк	тип	од	виявлено	вплив
2014				
7	IAI Searcher	2	В	А3
	Орлан-10	5		
2015				
8	IAI Searcher	1	В	А3
	Орлан-10	3	В - 2	А3
			НВ - 1	РЕП
	Форпост	2	В	А3
Застава	2	В-1	А3	
		КПЗТР-1	ЗУ	
2016				
2	Орлан-10	2	В - 1	А3
			КПЗТР-1	ЗУ
2017				
4	Орлан-10	3	В - 2	А3
			КПЗТР-1	ЗУ
Гранат-1	1	В	А3	
2018				
9	Орлан-10	9	РЛС - 8	ППО-7
				Мі-24-1
			КПЗТР-1	ЗУ
2019				
11	Гранат-2	1	КПЗТР	ЗУ
	Елерон	2	В	А3
	Фантом-4	1	В	А3
	Орлан-10	2	В	А3
	Гранат -6	4	КПЗТР	ЗУ
	саморобний	1	КПЗТР	ЗУ
2020 (перше півріччя)				
2	Орлан-10	1	В	А3
	Застава	1	КПЗТР	ЗУ

(В – візуально, НВ – не виявлено, КПЗТР – комплекс перешкоджання повітряним та наземним засобам технічної розвідки “Нота”, РЛС – радіолокаційні засоби, А3 – автоматична зброя, РЕП – радіо-електронне подавлення, ЗУ – захоплення управління, Мі-24 – гелікоптер, ППО – засоби ППО, цифрами вказана кількість БПЛА).

Проблема боротьби з РТС(К) противника є надзвичайно актуальною і вимагає якомога швидшого вирішення, для чого необхідне комплексне залучення наявного наукового та технічного потенціалу держави.

Зважаючи на це, крім розвитку форм і способів застосування власних РТК (БАК тощо) постає питання ефективної протидії аналогічним системам (засобам) противника. Тому в провідних країнах світу проводяться інтенсивні дослідження в цій сфері. Розроблені інноваційні та існуючі організаційні заходи, системи (комплекси) дозволяють в певному сенсі вирішувати зазначені питання, але необхідний рівень ефективності, як в організаційному, так і технічному плані, і досі не забезпечений. В Україні також проводяться заходи щодо дослідження і розробки засад та комплексів (засобів) боротьби із РТС(К) та РТЗ РТС(К) [14,18,19].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У теоретичному і практичному плані питання кібервпливів на кіберсистеми РТЗ розглянуті у відомих роботах Алмазова В.Д., Вакіна С.А.,

Максимова М.В., Палія А.І., Цурского Д.А. Значна кількість вітчизняних та зарубіжних фахівців пропонує здійснювати боротьбу з РТК шляхом виявлення та фізичного знищення цілі, або шляхом постановки ширококутових завад [20-22].

Фахівці Військової академії військової ППО ЗС РФ імені А. М. Василевського та Харківського Національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, до складових частин системи протидії міні- та мікро-БПЛА відносять “активну” (вогневе ураження БПЛА в повітрі й на землі) та “пасивну” (невогневу). Для створення останньої вважається за необхідне, між іншим, вжиття комплексу заходів з протидії системам розвідки, управління та бойового застосування БПЛА, а також розробка спеціалізованих, заснованих на нетрадиційних способах ураження, засобів й комплексів протидії малорозмірним цілям. До останніх відносять засоби кінетичного ураження: лазерні та мікрохвильові (НВЧ)-гармати, дрони-“камікадзе”, а також ручні засоби нейтралізації безпілотних літальних апаратів, виготовлені у вигляді гвинтівки [23,24].

Стратегія протидії БПЛА МО США (“The DOD’s counter-unmanned aircraft system (C-UAS) Strategy”) визначає комплекс організаційно-правових, режимно-обмежувальних, науково-технічних та безпосередньо воєнних заходів. Зазначається необхідність організації взаємодії з іншими федеральними інституціями, а також збройними силами країн-партнерів, в т.ч. у випадку ведення коаліційних воєнних дій. Звертається увага на забезпечення США та союзниками збереження в таємниці інформації щодо сучасних технологій, яка може надати імовірному противнику змогу у створенні перспективних БПЛА. Вказується на необхідність об’єднання усіх видів озброєння різних родів військ та скоординованого використання в операціях їх інформаційних та вогневих спроможностей, у поєднанні з обов’язковим виконанням заходів маскування від БПЛА-розвідників. Значна роль у протидії БПЛА визначається Кіберкомандуванню США та підрозділам радіоелектронної протидії. В короткостроковій (2020) перспективі Стратегія передбачає використання армійських та об’єднаних мереж обміну необхідною інформацією з підрозділами рівня взвод-рота. В довгостроковій (2025) – створення автоматизованої системи розподілу такої інформації до окремих військовослужбовців. Метою заходів визначена швидка й, так звана, безшовна інтеграція (розробка алгоритму обміну необхідними даними у зручних для споживання формі та форматі) усіх спроможностей та об’єднання зусиль щодо розробки й розгортання систем протидії БПЛА. Основні зусилля утворення таких систем направлені на модернізацію існуючих систем: управління (командних пунктів); виявлення; ідентифікації, в т.ч. державного впізнання; протидії. Алгоритми протидії,

включно фізичне ураження, мають забезпечити швидке та гарантоване ураження БПЛА противника та уникнення ураження власних дронів. При цьому, в Стратегії згадується про те, що підрозділи Армії США досі використовують візуальне та/або акустичне виявлення БПЛА. Тому, Стратегією сформульоване завдання щодо об'єднання радіоелектронних, оптоелектронних, інфрачервоних та акустичних сенсорів в єдину систему, що має бути інтегрована до єдиної системи C^XISR мережецентричної платформи управління воєнними діями NCW (Network-centric Warfare), наприклад у варіантах: C6ISR (Command, Control, Communication, Computers, Combat System, Cyber, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance), або C5IEWS&IM (Command, Control, Communications, Computers, Cyber, Intelligence, Electronic Warfare, Sensors and Information Management). Що дозволить автоматизованій системі та/або людині визначити тип БПЛА й задіяти/запропонувати варіанти застосування засобів впливу або ураження. На виконання Стратегії Пентагон визначив завдання створення 2-5 систем, які найбільш будуть придатні для протидії БПЛА та можуть бути застосовані за призначенням в усіх видах Збройних Сил. Визначено спектр технологій протидії БПЛА. Враховуючи розвиненість систем ППО, здатних протидіяти важким БПЛА, пріоритетними у розвитку систем протидії малим БПЛА, визнані технології: придушення систем БПЛА (EnforceAir C-UAS (counter-unmanned aircraft system)), та вдосконалена протидія малим БПЛА (D-Fend EnforceAir advanced C-sUAS (counter small unmanned aerial systems)). Система C-UAS – це вдосконалена автономна система, призначена для автоматичного виявлення, ідентифікації, визначення просторових параметрів БПЛА з наступним перехопленням управління ними та примусу до приземлення у безпечній зоні, або до відмови від виконання ними польотного завдання. Виявлення цілі передбачається здійснювати з використанням: 1) оптоелектронних, інфрачервоних та акустичних засобів; 2) радіолокаційних систем; та, з урахуванням проблем виявлення першими двома способами нано-, мікро- та міні-БПЛА, 3) радіочастотних датчиків бездротових сигналів, що використовуються для управління останніми. Ці методи мають поєднуватися, щоб забезпечити більш ефективне виявлення. Дана технологія не передбачає встановлення ширококутових завад або кінетичного ураження на відстані прямого бачення, натомість передбачає перешкоджання роботі електронних, електронно-механічних та кіберсистем БАК. Перспективними вважаються: НВЧ- та акустичні (на резонансних частотах гіроскопів) удари, а також спуфінг-атаки - нав'язування БПЛА хибної командної та геонавігаційної інформації (GPS-спуфінг).

Технологія C-UAS не виключає також нейтралізацію БПЛА за допомогою традиційних

систем ППО, спрямованої енергії, механічних перешкод (сіток), дронів-камікадзе, або навіть таких екзотичних, як навчені птахи (орли).

На виконання завдань Стратегії:

визначені спонсори (замовники) для протидронних систем: стаціонарних та портативних – види ЗС (US Army, US NAVY, US Air Force), для мобільного – корпус морської піхоти (US Marine Corps);

у 2019 р. на програму C-sUAS витрачено близько \$900 млн., у 2020 р. на фінансування програми C-sUAS лише для Міністерства внутрішніх справ США передбачено \$500 млн.;

у 2020 р. в інтересах МО США передбачено придбання та утримання однієї стандартизованої системи управління протидії БПЛА, 7 оборонних систем C-sUAS, понад 40 польових систем C-sUAS;

у 2021 р. МО (DOD) планує витратити щонайменше \$ 404 млн на C-UAS дослідження та розробки та в щонайменше \$ 83 млн на закупівлі C-UAS;

US NAVY спільно з командою DDS (Defense Digital Service), заснованою в Пентагоні у 2015 р. з метою впровадження сучасних науково-технічних рішень для посилення національної оборони, розпочав роботу з розробки програмного забезпечення з підтримкою кіберпрофілю систем C-UAS призначених для впливу на перспективні БПЛА;

у Крістал-Сіті штат Вірджинія поблизу Пентагону створено підрозділ чисельністю 60 осіб під керівництвом двозіркового генерала, відомий як Спільний офіс C-sUAS (JCO).

Армія США опублікувала власну Стратегію боротьби з БПЛА (US Army Counter-Unmanned Aerial Systems), яка основну роль в боротьбі з БПЛА визначає засобам ППО, але наголошує, що й інші підрозділи повинні бути здатними до їх виявлення та ураження. Підрозділи на полі бою мають бути здатні застосовувати власні засоби розвідки і впізнавання та обмінюватися з пунктами управління інформацією щодо будь-яких загроз від БПЛА. Зазначається, що загроз від БПЛА противника найкраще уникати шляхом превентивного знищення наземних станцій управління та операторів.

Для боротьби з БПЛА США розміщують на закордонних базах лазерні системи HELWS (High-Energy Laser Weapon System) з багато спектральними системами наведення HELWS (High-Energy Laser Weapon System), електромагнітні системи THOR та імпульсні системи PHASER. HELWS може робити кілька десятків пострілів на одному заряді та відрізняється підвищеною точністю. PHASER здатна виводити з ладу дрони за одну мікросекунду та дозволяє атакувати кілька цілей одночасно. Завдання електромагнітної системи THOR — знищення груп безпілотників. Системи випробовуються в бойових умовах на базах в Іраку

і Сирії, після чого будуть розміщені на базах у США.

По програмі D-Fend EnforceAir advanced C-sUAS США здійснює військово-технічне співробітництво з іншими країнами, зокрема – Ізраїлем. Дослідження та розробки з цього напрямку здійснюються також у Великій Британії, Німеччині, Австралії, Канаді.

В провідних країнах світу здійснюється цілеспрямована робота щодо теоретичного обґрунтування, прийняття стратегій, концепцій, створення засобів цільового призначення протидії КФС. З метою підвищення рівня захищеності своїх КФС, а також збільшення рівня ефективності впливу на КФС противника, створюються науково-дослідні установи, як то Лабораторія кіберфізичних систем Академії ВМС США. Під патронатом та за фінансування Агентства передових оборонних дослідницьких проєктів DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) МО США з 2012 р. здійснюється розробка стійких до кібервпливу БАК. В рамках програми HACMS (High-Assurance Cyber Military Systems), що буквально перекладається як високонадійні кіберсистеми військового призначення, розроблена операційна система seL4 з імітостійким ядром. Наприкінці 2019 р. компанії Rockwell Collins, Boeing и 3D-Robotics провели випробування квадрокоптера Iris и безпілотного гелікоптера Little Bird з таким програмним забезпеченням[25].

В РФ не розглядається питання щодо утворення окремої системи для боротьби з БПЛА БАК, які традиційно вважаються засобами повітряного нападу. Разом з тим, з 2016 р. малорозмірні БПЛА визнаються основними об'єктами ураження для підрозділів взвод-рота. Задачі з виявлення БПЛА в ЗС РФ виконують радіолокаційні та оптичні системи виявлення зенітно-ракетних комплексів, засоби РЕР тощо. Концепція боротьби з БПЛА визначає завдання щодо вдосконалення систем ППО та РЕБ. В т.ч. щодо створення гібридних комплексів ППО, призначених для протидії БПЛА. Вважається, що у перспективних комплексах, розміщених на одній платформі, будуть інтегровані: засоби радіоелектронних та оптоелектронних систем виявлення, різні типи озброєння, від засобів РЕБ та НВЧ-впливу до вогнепальної зброї. Створення лазерних систем боротьби з РТК в близькій перспективі в РФ не розглядається з причин залежності від кліматичних умов, аерозольно-маскувальних спроможностей, та головним чином – потреби у великій енергетичній потужності, що наразі для РФ є невіршеним. Перспективні зразки мають ознаки кіберсистем.

На озброєнні російської армії перебуває декілька сучасних систем РЕБ, спеціально розроблених, або функціонально спроможних протидіяти БПЛА різних типів. Окремі з них (РБ-341В “Леер-3”, Р-330Ж “Житель”, 1Л269

“Красуха-2”, “Репеллент-1”, “Шиповник-АЭРО”) пройшли бойові випробування в Сирії та Україні.

Р-330Ж “Житель” (на базі КамА3) – комплекс РЕБ, призначений для виявлення, пеленгування та радіоподавлення: базових станцій стандарту GSM 900/1800/1900; мобільних станцій супутникового зв'язку Inmarsat та Iridium; навігаційної апаратури користувачів систем супутникового зв'язку NAVSTAR (GPS). Ефективна дальність придушення – в радіусі 20-30 км. В ході випробувань та навчань “Щит Союзу-2015” застосовувався для протидії БПЛА.

1Л269 “Красуха-2” (3 автомобіля КамА3) – уніфікований наземний комплекс перешкоджання авіаційним РЛС (аналоговий) призначений для постановки активних перешкод і протидії бортовим радарам ударної, розвідувальної авіації та БПЛА в КХ та УКХ діапазонах, а також перешкоджання роботі транкінгового зв'язку. Радіус просторової дії 360°*180° не менш ніж 300 км. Комплекс здатний об'єднувати інші комплекси РЕБ та РЕР в єдину мережу, що значно підвищує ефективність застосування засобів.

1РЛ257 “Красуха-4” (2 автомобіля КамА3) – багатофункціональний мобільний комплекс радіоелектронного придушення (цифровий) з характеристиками аналогічними 1Л269.

“Репеллент-1” (на базі КамА3) – комплекс РЕБ з малорозмірними БПЛА оснащено потужною оптоелектронною системою кругового огляду з ІЧ-модулем, здатним виявляти цілі в будь-яких погодних умовах вдень і вночі, засобами РТР та РЕБ, з дальністю виявлення та впливу – до 30 км, та імітатором сигналів команд управління БПЛА.

“Шиповник-АЭРО” (на базі КамА3) – багатоцільовий комплекс РЕБ призначений для перехоплення управління БПЛА. Може бути застосований для придушення станцій телевізійних та радіомовлення, каналів зв'язку командних пунктів, мобільного зв'язку, Wi-Fi, WiMAX, DECT. Функції комплексу: автоматизований пошук цілей; виявлення; пеленгування; ідентифікація та визначення типів сигналів ліній управління БПЛА з дистанційним керуванням; формування каталогу частот; класифікація БПЛА; його захоплення та супроводження; аналіз та визначення характеристик каналів управління БПЛА; придушення каналів управління. Придушення здійснюється шляхом комплексного застосування трьох методів: 1) блокування перешкодами каналу GPS-навігації; 2) безпосереднє придушення каналу управління БПЛА; 3) перехоплення управління БПЛА за рахунок імітації хибних сигналів в каналі управління.

Комплекс забезпечує широку та вузьку направлене придушення сигналів та частот, викривлення інформації первинного джерела в тракті приймача. Здатний виявляти та ідентифікувати сигнали управління БПЛА в радіусі до 10 км. На підставі аналізу параметрів цілі обирається найбільш ефективний тип

перешкоди. Спроможний зламати коди управління бортових систем БПЛА та взяти під контроль управління ним.

“Луч-ПРО” – стаціонарний комплекс протидії БПЛА направленої дії призначений для цілеспрямованого впливу на канали управління, навігації та передачі інформації БПЛА, приведення їх у неробочий стан з метою перешкодження функціонування БПЛА в повітряному просторі об’єкту, що захищається. Радіус дії - до 6 км.

“Купол-ПРО” – переносний комплекс протидії БПЛА призначений для захисту важливих об’єктів шляхом загороджувального електромагнітного впливу на бортові радіоелектронні системи БПЛА та приведення їх у неробочий стан. Радіус просторової дії 360°*180° не менш ніж 2,5 км.

“Пищаль-ПРО” – портативна система протидії, призначена для цілеспрямованого впливу на канали управління, навігації та передачі інформації БПЛА з метою зриву його польотного завдання. Маса – 3 кг. Дальність ефективної протидії – 2,5 км.

“Таран-ПРО” – переносний комплекс протидії БПЛА для впливу на канали управління, навігації декільком БПЛА. Дальність придушення каналів управління та навігації – 2,7 км. Є ефективним у разі масованого нападу БПЛА з кількох напрямів. При їх виявленні комплекс створює над об’єктом, що захищається захисний “купол” радіусом не менш ніж 900 м.

“Рубеж-Автоматика” - перспективний переносний комплекс протидії БПЛА з елементами штучного інтелекту, здатний виявляти та нейтралізувати БПЛА без участі людини. До складу комплексу входять засоби радіолокаційного та оптоелектронного виявлення, радіотехнічної розвідки та адаптивні засоби радіоелектронного придушення.

“Палантин-К” – перспективний оперативно-тактичний мобільний комплекс РЕБ нового покоління призначений для ведення радіоелектронної розвідки та придушення в КХ- та УКХ-діапазонах існуючих та перспективних систем зв’язку, які побудовані на платформі SDR (Software-defined radio – програмно визначасмо радіосистема), а також утворення перешкод мобільному та транкінговому зв’язку.

Комплекс здатний об’єднувати різні комплекси РЕБ та РЕР в єдину бойову мережу, що значно підвищує ефективність їх застосування. В ньому реалізована сучасна система підтримки прийняття рішення, що дозволяє без участі оператора обирати оптимальний алгоритм виконання задачі, оптимально розподіляти ресурси та функціональне навантаження кожної з машин. Після успішного завершення військових випробувань “Палантин-К” поступив на озброєння Західного ВО ЗС РФ.

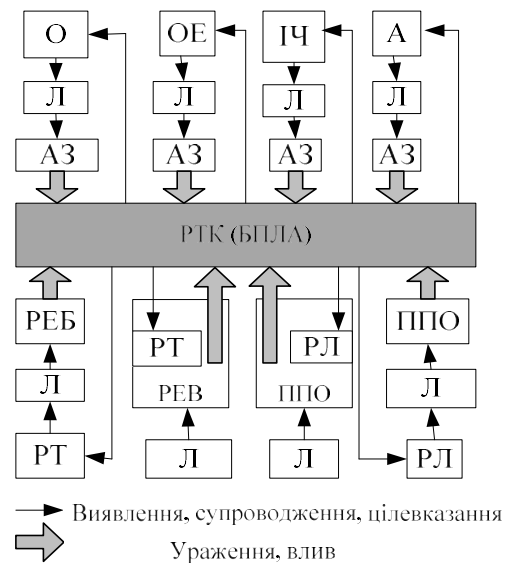
“Егида” – перспективний комплекс боротьби з БПЛА, що створюється на базі розроблених та випробуваних зразків озброєння, таких як:

пасивний когерентний локалатор (ПКЛ) призначений для виявлення рухомих об’єктів, в т.ч. таких, що не використовують GPS, за сигналами, які відбиваються. Не має демаскуючого випромінювання та є ефективним навіть в умовах міста;

модуль радіомоніторингу “Черемуха” призначений для встановлення факту обміну інформацією між виявленим та іншим об’єктом, ідентифікації об’єкт як БПЛА, прогностичного визначення місця знаходження пункту керування з похибкою 2 град.;

модуль радіоелектронного придушення “Серп” призначений для автоматичного супроводження БПЛА та перешкодження роботі його системам управління та зв’язку шляхом придушення сигналів GPS и ГЛОНАСС (L1, L2, L5), GSM900, Wi-Fi. Дальність ефективної протидії – 20 км.

Тактико-технічне завдання на комплекс “Егида” передбачає його спроможність виявляти та перешкоджати роботі БПЛА що використовують криптографічно захищені канали обміну інформації. Спеціальне програмне забезпечення комплексу дозволяє визначити тип БПЛА (літаковий, гелікоптерний, аеростатичний) та спрогнозувати траєкторію його приземлення після придушення сигналів управління [26].



(Л – людина; засоби виявлення: О – оптичні, ОЕ – оптоелектронні, ІЧ – інфрачервоні, А – акустичні, РТ – радіотехнічні, РЛ – радіолокаційні; засоби впливу: РЕБ – радіоелектронного, ППО – засоби ППО, АЗ – автоматична зброя.)

Рис. 1.Схема застосування наявних засобів виявлення та протидії (ураження) БПЛА

В Україні для протидії БПЛА використовуються окремі можливості існуючих в т.ч. деяких новітніх зразків озброєння (рис.1). При цьому, розробляються і впроваджуються не стратегії та концепції, а лише окремі елементи засад, форм, способів, методів, тактики бойового застосування окремих існуючих, не зведених у бойову систему, засобів протидії. Однак, з урахуванням недостатньої кількості діючих

засобів протидії РТС(К) противника з одного боку та їх недостатньою ефективністю і малими ресурсними можливостями з іншого, проблема утворення та бойового застосування систем комплексної кіберпротидії РТС(К) противника досі залишається невирішеною.

До теперішнього часу протидія БПЛА розглядалася як боротьба із засобами повітряного нападу. Дослідження останнього часу свідчать про доцільність та необхідність вирішення проблеми шляхом створення спеціалізованих систем боротьби з РТС(К) та РТЗ РТС(К) противника для забезпечення їх своєчасного виявлення, ідентифікації та протидії їм як КФС. Тому, пріоритетними є підходи щодо створення єдиних засад боротьби з РТС(К) (тих типів і класів, з якими неможливо або неефективно боротися існуючими засобами) та систем для їх реалізації, з органами управління та відповідно оснащеними підрозділами, які мають у своєму складі специфічні технічні засоби для вирішення зазначених задач.

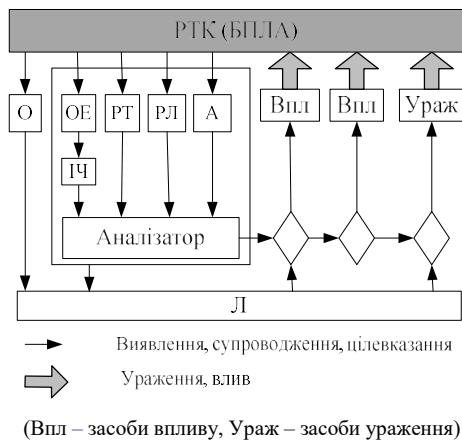


Рис. 2. Перспективна схема побудови системи комплексної протидії РТС(К) (БПЛА)

Характерною рисою підходів, які розглядаються, є комплексність використання засобів виявлення, видачі цілевказівок, наведення та ураження, кібервпливу на функціональні системи РТС(К), які функціонують на різних фізичних принципах. Комплексність та системність при цьому забезпечується шляхом об'єднання інформаційних потоків, сумісної обробки отриманих даних про типи об'єктів, їх окремі характеристики, стан функціонування РТС(К) противника, виявлення в РТК вразливих елементів та зв'язків між ними, здійснення розподілено-зосередженого кібервпливу з метою зміни параметрів функціонування РТС(К), перехоплення управління ним, досягнення запуску деструктивних ланцюгових ефектів в процесі комплексного впливу [16] (рис.2).

Враховуючи це, метою статті є розробка обґрунтованих підходів та формування засад раціонального бойового застосування засобів комплексної кіберпротидії кіберсистемам РТС(К) противника.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В статті модель РТС(К) противника буде розглядатися на прикладі безпілотних авіаційних комплексів (БАК), як таких, що знайшли широке застосування в бойових (воєнних) діях сучасності.

Безпілотний РТС(К) (рис.3) у мінімальній конфігурації включає до свого складу:

платформу-носіє (наземну, повітряну, морську) з цільовою апаратурою, бортовими системами прийому/передачі даних, системою керування та іншими апаратними засобами:

наземний, бортовий: корабельний або повітряний віддалений комплекс управління (ВКУ), з комплектом апаратури, який складається з антенної системи (систем), програмно-апаратних комплексів для виконання завдань: управління безпілотним апаратом, корисним навантаженням та обробки інформації;

зовнішні системи інформаційного забезпечення РТК;

зовнішні системи його обслуговування та забезпечення бойового застосування.

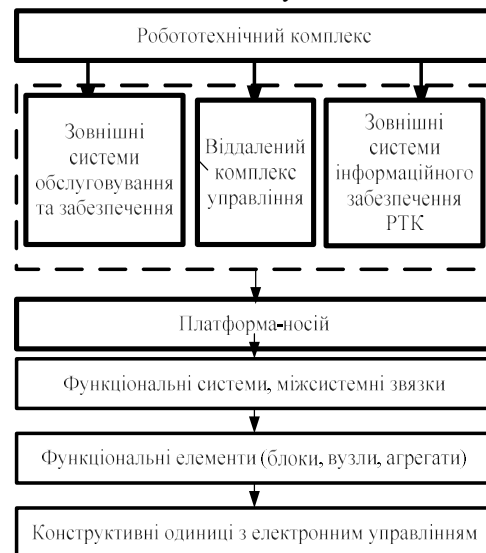


Рис 3. – Структура безпілотного РТС(К).

Бортова складова підсистеми управління представляє собою сукупність функціональних вузлів (окремих систем) і містить інерціальні навігаційні засоби; засоби автономного керування (за програмою); засоби дистанційною (ручного) керування. До складу обов'язкового бортового обладнання БПЛА входять бортова електронно-обчислювальна машина або спеціальні обчислювачі чи спеціальні процесори, приймач сигналів радіонавігаційної системи, висотомір, гіровертикаль, сервомеханізми, бортові сенсори для забезпечення польоту, енерго-силове обладнання, приймально-передавальну апаратуру, засоби безпечного запуску та посадки, рульові машинки.

Функціональна схема бортового обладнання безпілотного апарату, наземної (бортової) системи управління та обробки сигналів, наведена на рис. 4.

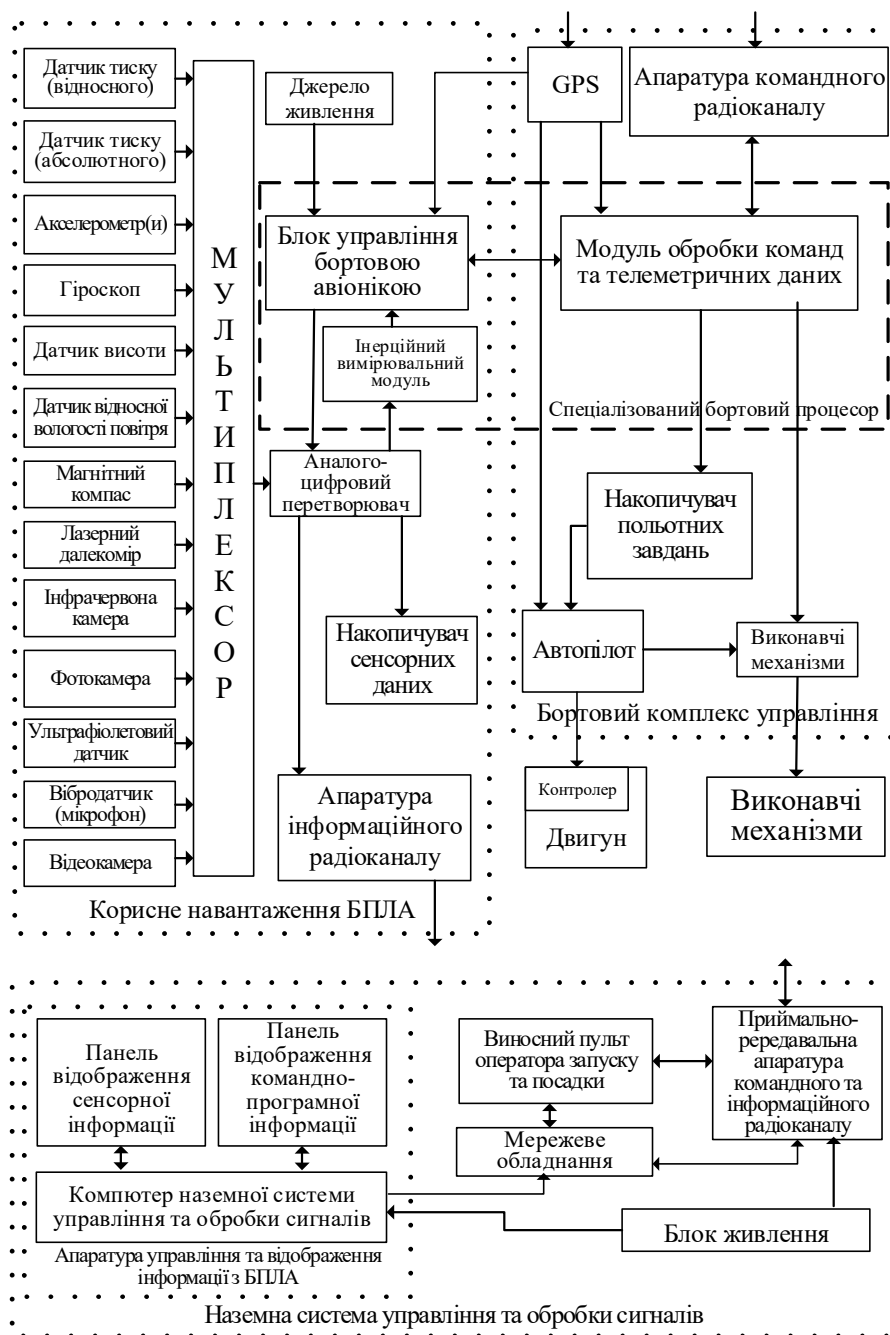


Рис 4 - Функціональна схема бортового обладнання БПЛА, наземної системи управління та обробки сигналів

Віддалений відео термінал (ВВТ; від англ. RVT – Remote Video Terminal) – портативна система, призначена для прийому і відображення розвідувальної інформації та телеметрії з борту БПЛА. ВВТ може приймати радіосигнал власною антеною або через апаратні засоби ВКУ.

Підсистема зв'язку (прийому та передачі даних) з БПЛА, як правило, складається з двох радіоканалів: командного та інформаційного, утворених відповідними радіолініями і апаратурою прийому, обробки і передачі даних.

Командний радіоканал призначений для передачі сигналів керування з ВКУ на бортову

апаратуру БПЛА з метою його маневрування, зміни висоти, курсу, швидкості польоту, режимів роботи розвідувальної та іншої апаратури. Дальність прийому УКХ сигналів на частотах 910–920 МГц становить біля 10–15 км

Телеметричний канал призначений для обміну інформацією щодо просторового положення, стану систем та керованості об'єкту (БПЛА).

Інформаційний канал використовується для передачі в КХ та УКХ діапазонах, з використанням супутникового зв'язку тощо, інформації від бортових систем корисного навантаження БПЛА на ПУ. Як правило,

інформаційний і телеметричний канали об'єднані в один зворотний радіоканал.

Для обміну інформацією між декількома БПЛА застосовуються радіомодеми, які відрізняються між собою вихідною потужністю (для передатчиків), чутливістю (для приймачів), робочим діапазоном частот, споживаною потужністю та швидкістю передачі даних.

Вирішуючи завдання забезпечення функціональної стійкості та функціональної спроможності РТС(К), що виконує завдання в умовах апіорної невизначеності, розробник (противник) буде намагатися побудувати систему комплексного захисту РТС(К), на принципах доцільності, раціональності та розумної достатності. Такі системи створюються з урахуванням наступних основних вимог:

- безперервність функціонування;
- комплексність (реалізація організаційних, організаційно-технічних й інженерно-технічних засобів та заходів);
- уніфікація програмно-апаратних та алгоритмічних рішень систем захисту;
- автономність функціонування технічної компоненти системи захисту;
- реалізація багаторівневої системи контролю безпеки та захисту від помилок персоналу;
- забезпечення обмеження кола осіб щодо виконання ними повноважних функцій;
- дотримання розумного балансу між завданням швидкої обробки великих обсягів інформації в системі за мінімальний наявний проміжок часу та необхідністю витривання значного ресурсу на досягнення мети функціонування систем захисту;
- забезпечення багаторівневого захисту відповідно до загроз [27-30].

Спрощено модель загроз РТС(К) КФС може бути представлена, як представлено (рис.5):

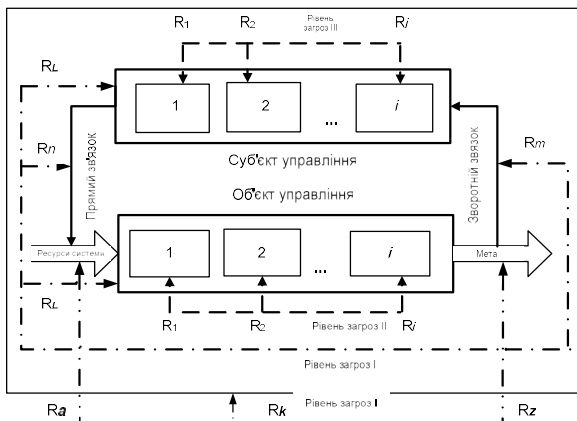


Рис. 5. Модель R-загроз складній системі.

Разом з тим, аналіз ефективності бойового впливу на БПЛА (табл.3) свідчить, що їх бортові системи, особливо такі, що складаються з декількох сенсорів та процесорів, побудовані на контролерах ArduPilotMega (APM) та Pixhawk компаній 3D Robotics, Multiwii, OpenPilot, DJI

Naza, є вразливими. Вплив на них дозволяє перехоплювати управління БПЛА, як у режимі дистанційного управління, так й автономно-програмними, за умов незахищеності каналів обміну інформацією.

Для вирішення задачі подолання систем захисту та подальшого впливу на РТС(К) противника необхідно спочатку виявити його у визначеній зоні небезпеки, визначити його місце положення в просторі, розпізнати та розпочати аналіз параметрів, які необхідно оцінити для подальшого комплексного впливу на РТС(К), здійснити комплексний вплив на кіберсистему РТС(К), включно питання формування цілевказівок та команд на фізичне ураження та/або подавлення. Структурно-логічна схема комплексу протидії РТК противника може бути представлена (рис.6)

Будь якому матеріальному об'єкту, у тому числі й БПЛА, притаманні демаскуючі ознаки, які виділяють його серед інших, та надають можливість здійснювати спостереження за ним. Виявлення РТС(К) (БПЛА) може бути здійснено шляхом застосування методів і засобів радіолокації, радіоелектронної розвідки, пасивного акустичного, оптичного та інфрачервоного виявлення в різних діапазонах спектру електромагнітних й звукових хвиль. Оскільки рішення задач виявлення, розпізнавання, супроводження цілей в різних діапазонах спектру базується на різних математичних алгоритмах це суттєво впливає на вирішення єдиної комплексної задачі виявлення, розпізнавання та деструктивного впливу на РТС(К).

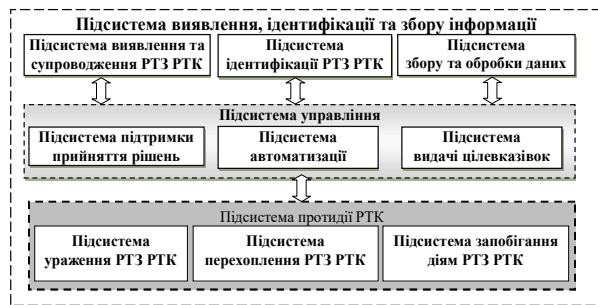


Рис. 6. Структурно-логічна схема комплексу боротьби з РТС(К) (варіант)

Ступінь спостережності визначається сукупністю характеристик його випромінювань в радіочастотному, акустичному, інфрачервоному (ІЧ) та видимому діапазонах хвиль. Як правило, невеликі БПЛА виготовлені з використанням багатопшарових композитних матеріалів, пофарбовані спеціальними фарбами та оснащені бензиновими або електричними двигунами, що виділяють мало тепла та є мало шумними. Вони мають невеликі значення ефективності поверхонь розсіювання (ЕПР) та інтенсивність власного випромінювання [31,32].

Серед способів та методів виявлення та розпізнання БПЛА виділяють:

Акустичний. Виявлення та супроводження БПЛА за акустичними випромінюваннями його механічних складових, насамперед двигуна та гвинта, в бойових умовах вкрай ускладнено, але за окремих умов – можливо, а інколи - доцільно [33, 34].

Оптичний. Оптичне виявлення БПЛА не завжди є ефективним, оскільки значною мірою залежить від природно-кліматичних, просторових та часових факторів, якості оптоелектронного (ОЕ) обладнання та обмежень зони пошуку при використанні вузькосекторних ОЕ засобів. Разом з тим, в комплексі з іншими, більш ефективними засобами виявлення, оптичні та ОЕ засоби можуть ефективно використовуватися для супроводження, наведення на ціль засобів ураження, спостереження за маневрами БПЛА [31,35].

Інфра-червоний. Тепло від двигуна БПЛА, меншою мірою – від електричних та електронних складових та тертя о повітря механічних складових (гвинта, елеронів) може бути джерелом його виявлення. Але, по-перше, потребує спеціального обладнання, по-друге – залежить від багатьох факторів та умов, наприклад таких характеристик БПЛА, як особливості його конструкції щодо зменшення напрямку та інтенсивності випромінювання, контрастності фону тощо. ІЧ спосіб виявлення може бути використаний як додатковий, в комплексі з іншими, за певних визначених умов (наприклад, вночі) [31, 35,36].

Радіолокаційний. Спосіб виявлення, розпізнання та супроводження БПЛА, спостереження за його маневрами за допомогою РЛС достатньо ефективний. Забезпечує значну дальність виявлення багатьох цілей. Але - досить енерговитратний, оскільки сучасні БПЛА мають невеликі ЕПР і тому низькі показники коефіцієнту відбиття радіохвиль. Суттєвим недоліком є висока розвіддоступність та низький рівень захищеності РЛС від ураження противником [31,36,37].

Радіотехнічний. Виявлення, розпізнання та супроводження БПЛА за випромінюваннями засобів навігації, радіолокації, РЕБ, управління, передачі телеметричної та корисної інформації можливе на значній відстані. Спосіб потребує мінімальних енергозатрат, дозволяє за короткий час встановити пеленг та характеристики руху цілі та забезпечити необхідною інформацією інші засоби виявлення (РЛС, оптичні, ІЧ), а також засоби ураження [31,37].

Аналіз недоліків та переваг зазначених способів виявлення БПЛА дозволяє стверджувати, що для виявлення, розпізнання та наступного супроводження для здійснення деструктивного впливу на БАК, зокрема на базову платформу-

носій (БПЛА), слід застосовувати комплексний підхід.

Комплекси боротьби з наземними, повітряними, надводними та підводними РТС(К) противника повинні забезпечувати виконання таких основних завдань:

1. Визначення найбільш імовірних напрямків, маршрутів руху та тактики дій РТЗ РТС(К) противника.

2. Виявлення, розпізнання і захоплення на супровід відповідних (наземних, повітряних, надводних або підводних) РТЗ РТС(К) противника у контрольованій зоні за допомогою наявних засобів.

3. Здійснення автоматизованого управління засобами виявлення та протидії РТЗ РТС(К) в режимі часу, близькому до реального.

4. Автоматизоване здійснення обробки та комплексування розвідувальних даних, формування сигнатур об'єктів.

5. Визначення просторових координат РТЗ РТС(К) противника.

6. Визначення засобів та порядку дій щодо протидії РТЗ РТК противника

7. Здійснення видачі цілевказівок засобам протидії.

8. Організація виконання спеціальних заходів боротьби з РТК противника.

Традиційно вважається, що боротьба з РТЗ РТС(К) противника передбачає поетапне вирішення завдань та здійснення процедур їх виявлення (В), захоплення на супроводження та супроводження (С), ідентифікацію (І), видачу цілевказівок та ураження (У) (рис. 7).

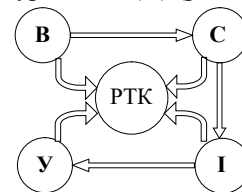


Рис. 7. Існуюча модель ведення боротьби з РТЗ РТС(К) противника

Але застосування традиційних підходів призводить або до несвоєчасного виявлення РТС(К) РТК противника, або ж до неможливості їх ураження за допомогою існуючих засобів.

Крім цього, така модель боротьби має принциповий недолік, який полягає у відсутності можливості запобігання діям РТЗ РТС(К) противника без їх фізичного знищення або знешкодження.

Для усунення зазначених недоліків пропонується розглядати процес боротьби з РТЗ РТК противника як єдину систему, додатковими процедурами якої є прогнозування дій (ПД) РТС(К) та комплексна протидія (КП) ним.

Виявлення факту застосування противником РТЗ РТС(К) є важливим завданням як для

збереження прихованості і раптовості дій військ (сил), так і забезпечення їхньої живучості. Однак застосування існуючих засобів для виявлення сучасних РТЗ РТС(К), які мають малі розміри, виготовляються з композитних матеріалів та можуть діяти в різних умовах обстановки, виявилось проблематичним. З урахуванням зазначеного, підсистема виявлення РТЗ РТС(К) противника повинна являти собою сукупність різнотипних технічних засобів розвідки об'єднаних єдиною системою управління, а запорукою її якісного функціонування є забезпечення принципів формування правил вибору тих засобів, які для заданих умов обстановки забезпечать максимальне значення імовірності правильного виявлення РТЗ РТС(К) противника.

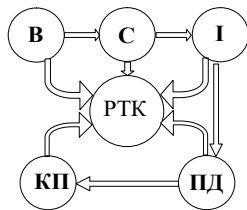


Рис. 8. Перспективна модель ведення боротьби з РТЗ РТС(К) противника

Отже, найбільш дієвим підходом для вирішення завдання виявлення РТЗ РТС(К) противника є застосування комплексних систем, до складу яких можуть входити: комплекси засобів радіолокації (оснащені засобами пасивної радіолокації, засобами активної радіолокації і засобами державної системи радіолокаційного впізнавання); комплекси засобів виявлення супутніх слідів (оснащені ультрафіолетовими приймачами і лазерами); комплекси засобів акустичної розвідки (оснащені засобами виявлення у звуковому діапазоні хвиль і засобами виявлення у ультразвуковому діапазоні хвиль); комплекси засобів оптоелектронної розвідки (оснащені засобами виявлення у видимому діапазоні хвиль, засобами виявлення (ЗВ) в інфрачервоному діапазоні хвиль і засобами виявлення в ультрафіолетовому діапазоні хвиль).

Відповідно до закону кібернетики “необхідної різноманітності”, що розкривається, наприклад, в [38], застосування складних систем, якими є робототехнічні системи (комплекси) та системи (комплекси) боротьби з ними (як перші так і другі є в сучасному уявленні кіберфізичними системами), здійснюється керуючими системами, що характеризується різноманітністю цілей застосування, структур, технологій управління тощо. Звідси, на основі [39], моделі РТС(К) і С(К)Б РТС(К), як специфічних КФС можуть бути представлені через зазначені складові та формалізовані таким чином:

$$S = \langle Z, Str, Tech, Cond, Hmn \rangle, \quad (1)$$

де $Z = \{z_i\}$ – сукупність цілей застосування (функцій РТС(К) і С(К)Б РТС(К));

$Str = \{Str_w, Str_{org}, \dots\}$ – сукупність засобів, що реалізують цілі застосування (Str_w – виробнича, Str_{org} – організаційна і т.п.);

$Tech = \{meth, means, alg, \dots\}$ – сукупність інформаційних технологій ($meth$ – методи, $means$ – засоби, alg – алгоритми і т.п.), що реалізуються системою;

$Cond = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ – умови існування системи (φ_{ex} – зовнішні, φ_{in} – внутрішні);

Hmn – сукупність показників, що характеризують обслуговуючий персонал (в рамках даного дослідження враховуватися не буде).

При цьому, синтез РТС(К) і С(К)Б РТС(К) передбачає об'єднання складових (1) в єдине ціле відповідно до сукупності цілей застосування.

Сукупністю цілей застосування РТС(К) і С(К)Б РТС(К) є виконання цільових задач за призначенням РТС(К) і протидія цьому С(К)Б РТС(К). Для їх реалізації здійснюється низка узгоджених процесів: інтеграції РТС(К) і С(К)Б РТС(К) до єдиного інформаційно-бойового простору; формування комутаційної матриці вузлів інформаційно-комунікаційної мережі як РТС(К) так і С(К)Б РТС(К); збору відомостей, обробки даних, зберігання інформації в кожній системі (комплексі); управління спеціалізованими базами даних; контролю спроможності виконання складовими РТС(К) і С(К)Б РТС(К) поставлених завдань; оперативних (оперативно-тактичних) розрахунків; забезпечення їх застосування актуальною, достовірною та своєчасною інформацією; інформаційно-аналітичної підтримки прийняття управлінських рішень, що ґрунтується на технологіях моделювання, аналізу ситуацій, прогнозування сценарію їх розвитку тощо; формування сигналів, команд комутації вузлів комунікаційних матриць РТС(К) і С(К)Б РТС(К); захищеного обігу інформації в середині РТЗ РТС(К) та С(К)Б РТС(К).

Далі пропонується об'єднати в загальному для РТС(К) та С(К)Б РТС(К) алгоритмі застосування інформаційні технології моделювання складних динамічних систем, підтримки прийняття рішення, управління тощо.

Так, завдання щодо визначення раціональних структур РТС(К) та С(К)Б РТС(К) може бути сформульоване таким чином: необхідно визначити такий склад підсистем, при якому векторний критерій ефективності

$$Q = \langle I, D, W, O \rangle, \quad (2)$$

де I – показники інформативності, D – показники ефективності планування застосування сил і засобів РТС(К) та С(К)Б РТС(К) за призначенням,

W – показники ефективності виконання активних дій (кінетичного, некінетичного ураження), O – показники оперативності управління, приймає такі значення, які необхідні для забезпечення максимально ефекту від цільового застосування РТС(К) та С(К)Б РТС(К).

Рішення цієї задачі можливо через реалізацію такого рекурентного алгоритму

$$u = \varphi(A_T, \Theta, UR_{\Sigma}),$$

$$u_{N+1} = \varphi(u_N, A_T, \Theta, UR_{\Sigma}), u_{N+1} > u_N. \quad (3)$$

де A_T – потреби, що необхідно задовільними для виконання цільового завдання, $A_T = (a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_I)$, a_i стан і-ї потреби, що характеризує її сутність;

Θ – вектор показників умов виконання завдань;

UR_{Σ} наявні засоби, що можуть бути представлені у вигляді об'єднання:

$$UR_{\Sigma} = \bigcup (UEX, UDc, UA_c, SC), \quad (4)$$

де UEX – засоби отримання інформації про об'єкти розвідки, $UEX = \{UEX_1, UEX_2, \dots, UEX_K\}$;

UDc – засоби управління, $UDc = \{UDc_1, UDc_2, \dots, UDc_M\}$;

UA_c – засоби, які виконують активні дії (кінетичне ураження, радіоелектронне придушення тощо), $UA_c = \{UA_c_1, UA_c_2, \dots, UA_c_N\}$.

Детально алгоритм (3) відносно систем ситуаційного управління розглянуто в [40].

Декомпозиція алгоритму (3) для РТС(К) і С(К)Б РТС(К) призводить до такої схеми:

1. З'ясування необхідних засобів РТС(К) і С(К)Б РТС(К) для задоволення потреб A_T для виконання цільового завдання

$$I_{UR_{\Sigma}}^0 : \{ \langle UR_i, UC_i \rangle | i = \overline{1, M} \}, \quad (5)$$

де UR_i – ідентифікатор і-го засобу;

$UC_i = UT_i \cup UH_i$ – нормативні спроможності засобів.

2. Оцінювання поточного стану наявних засобів РТС(К) і С(К)Б РТС(К) $I_{UR_{\Sigma}}^*(t)$, середовища виконання завдань $I_{\Theta}(t)$,

$$I_{UR_{\Sigma}}^*(t) = D_{UR}(UR_{\Sigma}, t), \quad (6)$$

$$I_{\Theta}(t) = D_{\Theta}(\Theta, t), \quad (7)$$

де D_{UR} , D_{Θ} – алгоритми оцінювання.

3. Визначення мети управління Z^* для виконання цільових задач РТС(К) та С(К)Б РТС(К)

$$Z^* = \varphi(A_T, I_{\Theta}(t), I_{UR_{\Sigma}}^*(t), I_{UR_{\Sigma}}^0). \quad (8)$$

У залежності від ситуації метою управління є визначення структури РТС(К) та С(К)Б РТС(К) Z_{org} (синтез), її адаптація до змін середовища Z_{ad} ,

реорганізація у разі неможливості задовольнити потреби Z_{reorg} поточною структурою, синхронізація діяльності підсистем РТС(К) та С(К)Б РТС(К) Z_{cc} , тобто:

$$Z^* = (Z_{\text{or}}, Z_{\text{ad}}, Z_{\text{org}}, Z_{\text{cc}}). \quad (9)$$

Пошук варіантів (альтернатив) структур РТС(К) та С(К)Б РТС(К) S,

$$S = \left(\bigcup_k UEX_k \bigcup_n UDc_n \bigcup_m UA_{c_m} \right) \cap SC, \quad (10)$$

спроможних задовольнити потреби

$$a_i(\Theta, UR) \xrightarrow{u \in U} \min. \quad (11)$$

4. Вибір альтернативи з найкращим системним ефектом SA, синтез структури РТС(К) та С(К)Б РТС(К), утворення комунікаційної матриці V^* :

$$CA(A_T, S, \Theta) \rightarrow \max. \quad (12)$$

На основі моделі оптимального розподілу ресурсів, що наведена в [41], пропонується така цільова функція забезпечення найбільшого ефекту SA в умовних одиницях від задоволення РТС(К) та С(К)Б РТС(К) потреб:

$$CA = \sum_{i=1}^n C_i G_i(t) - \sum_{i=1}^n D_i G_i(t) - \sum_j^m Z_j (1 - G_j(t)) \rightarrow \max, \quad (13)$$

$$S_q > \sum_{i=1}^n UR_i + \sum_{j=1}^m UR_j, \quad (14)$$

де n – кількість потреб, що мають бути задоволені;

C_i – вартість ефекту від задоволення потреби;

m – кількість об'єктів розвідки (впливу) або прикриття;

D_i – витрати на задоволення і-ї потреби;

Z_j – вартість розвідки (впливу) або прикриття j-го об'єкта;

S_q – сумарний ресурс q-ї підсистеми,

$q \in \{Ex, Dc, Ac\}$;

UR_i – кількість ресурсів, необхідних для задоволення і-ї потреби (цільової діяльності);

UR_j – кількість ресурсів, необхідних для розвідки (впливу) або збереження j-го об'єкта;

$G(t)$ – індекс функціональної спроможності, сутність та зміст якого розкривається в [42].

На кожному кроці рівень витрат для забезпечення потреб повинен зменшуватися доти, доки не досягне гранично можливого для заданої ефективності виконання завдань та результатів, що очікуються:

$$D_i(A_T, \Theta, UR_{\Sigma}, u_{N+1}) < D_i(A_T, \Theta, UR_{\Sigma}, u_N) \quad (15)$$

Тоді, на основі (1) та (13) задача синтезу може бути представлена таким чином:

$$Z_{or} : \begin{cases} CA(A_T, S, \Theta) \rightarrow \max \\ Q(I, D, W, O) \rightarrow \text{extr}Q\{\bullet\} \end{cases} \quad (16)$$

Для розв'язання такої багатокритеріальної задачі оптимізації пропонується використовувати метод послідовних поступок [43]. Для цього слід провести ранжирування часткових критеріїв відносно їх важливості у порядку убутання O, I, D, W .

Запропонований підхід до синтезу моделей РТС(К) та С(К)Б РТС(К), як КФС, які діють та конфліктують в єдиному інформаційно-бойовому просторі з єдиних позицій, дозволяє в рамках теорій конфліктів та ігр дослідити ефективність застосування як РТС(К) так і С(К)Б РТС(К) в певних умовах, в залежності від їх характеристик, а також визначити вимоги до них.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Основоположною тенденцією у воєнній справі на теперішній час та на стратегічну перспективу, є глобальна інформатизація та інтенсивна роботизація військових формувань і створення високоінтегрованих систем управління. Це обумовлено: постійним зростанням можливостей та мініатюризацією комп'ютерних та електронних засобів їх використання практично в усіх зразках озброєння та бойової техніки (від високоточної до особистої зброї та спорядження),

впровадженням засобів штучного інтелекту в системи воєнного призначення, інтеграцією, на основі продуктів високих технологій, систем розвідки, управління та ураження, від підрозділу (одиниці бойової техніки) до командування всіх ланок управління.

РТС(К), в яких інтегровано всі зазначені досягнення в сфері високих технологій, стали невід'ємною складовою сучасної збройної боротьби, що вимагає створення ефективних концепцій, стратегій, форм, способів, методів, тактики і засобів боротьби з ними. Зважаючи, що РТС(К) діють як в природних просторах, так одночасно і в кіберпросторі, і всі вони є, за всіма ознаками, КФС з потужними кіберсистемами управління, то - боротьбу з ними доцільно здійснювати з урахуванням зазначених фактів та на основі пошуку їх кіберфізичних вразливостей і здійснення найбільш раціональних комплексних кібервпливів на них. Проведений аналіз РТС(К) та С(К)Б РТС(К) показав, що зазначений підхід є основоположним при створенні засобів С(К)Б РТС(К), але при цьому і досі відсутні основи теорії і системний підхід до створення С(К)Б РТС(К). В статті надані основоположні підходи до вирішення зазначених питань та запропонований новий підхід до моделювання цих систем, який дозволяє на основі теорій конфліктів та ігор дослідити ефективність застосування як РТС(К) так і С(К)Б РТС(К) в певних умовах, в залежності від їх характеристик, а також визначити вимоги до них.

Література

1. Современные военные роботы: боевые системы будущего [Електронний ресурс] <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/boevye-mashiny/voennye-boevye-roboty>.
2. В ходе СКШУ "Центр-2015" впервые применена робототехника инженерных войск. [Електронний ресурс]: http://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12056386@egNews
3. "Unmanned Warrior 2016 Technology Fact Sheets", [Електронний ресурс]: <https://www.onr.navy.mil/en/Media-Center/unmanned-warrior>
4. Енциклопедія кібернетики: [у 2 т.] / ред.: **В. М. Глушков** (відп. ред) [та ін.]; АН Української РСР. – К. Голов. ред. Укр. рад. енцикл. — 1973.
5. **Глушков В.М.** (ред.) Словарь по кибернетике. К.: - 1979
6. Социологический словарь / отв. ред. **Г.В. Осипов, Л.Н.Москвичев.** М.: - 2014, с. 417.
7. [Електронний ресурс] https://uk.wikipedia.org/wiki/Безпilotний_літальний_апарат,
8. Secretary of State Hillary Rodham Clinton On the Release of President Obama Administration's International Strategy for Cyberspace. May 16, 2011. – [Електронний ресурс]: <http://www.state.gov/secretary/rm/2011/05/163523.htm>
9. **S.Neema.** Symbiotic Design for Cyber Physical Systems. Defense Advanced Research Projects Agency Program Information
10. [Електронний ресурс] <https://www.darpa.mil/program/symbiotic-design-for-cyber-physical-systems>.
11. [Електронний ресурс]: https://uk.wikipedia.org/wiki/Кіберфізична_система
12. Warsaw Summit Communiqué. Issued by the Heads of State and Government participating in the meeting

of the North Atlantic Council in Warsaw 8-9 July 2016 09 Jul. 2016 -Press Release (2016) 100 Issued on 09 Jul. 2016 Last updated: 29 Mar. 2017 10:55. Режим доступу: https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_133169.htm

13. Стратегія національної безпеки України, затверджена Указом Президента України від 26.05.2015 № 287/2015.
14. **В.Г.Радецький, І.С.Руснак, Ю.Г.Даник** Безпілотна авіація в сучасній збройній боротьбі. Монографія / В.Г.Радецький, І.С.Руснак, Ю.Г.Даник // К.: -2008, НАОУ – 224 с.
15. **С.Вдовенко, Ю.Даник, С.Фараон.** Дефініційні проблеми термінології у сфері кібербезпеки і кібероборони та шляхи їх вирішення. // Електронний журнал політики відкритого доступу "Комп'ютерні науки та кібербезпека" Харків, ХНУ ім. В.Н.Каразіна – 2019, №1 (12), с.17-29.
16. **Ю.Даник, С.Вдовенко** "Ланцюгові ефекти в кібердіях" // Збірник наукових праць ВІКНУ ім. Т. Шевченка - 2019, випуск 64, с. 71-90.
17. **Даник Ю.Г., Дупелич С.О.** (2016), Патент UA104494 U. Система виявлення, розпізнавання, супроводження повітряних та наземних цілей. Київ. 4 с.
18. **Даник Ю.Г., Дупелич С.О.**(2016), Патент UA104662 U. Переносний засіб ураження повітряних малорозмірних цілей. Київ.6 с.
19. **Ю.Г.Даник, Г.А.Дробаха, В.І.Карпенко** та ін. Теорія і техніка протидії безпілотним засобам повітряного нападу – Х. : ХВУ, 2002. – 260 с.
20. **Saravanakumar A.** Exploitation of Acoustic signature of low flying Aircraft using Acoustic

- Vector sensor / A. Saravanakumar, K. Senthilkumar // Defence Science Journal. – March 2014. – Vol. 64, No. 2. – P. 95–98. **21. W. Shi, G. Arabadjis, B. Bishop, P. Hill / Detecting, Tracking and Identifying Airborne Threats with Netted Sensor Fence // Sensor Fusion – Foundation and Applications. – Rijeka, Croatia : InTech Europe, 2001. – P. 139–158. 22. Ю.Г.Даник.** Основи побудови безпілотних роботизованих систем спеціального призначення : навч. посіб. / Ю.Г.Даник, П.П.Топольницький, І.В.Пулеко та ін. – Житомир: ЖВІ – 2016 – 292 с. **23. Ерёмин Г.В., Гаврилов А.Д., Назарчук И.И.** Организация системы борьбы с малоразмерными БПЛА, Смоленск, ВАВП - 2014 // «Арсенал Отечества» № 6 (14). Режим доступу:<https://arsenal-otechestva.ru/article/389-antidrone>
- 24. Р.В.Королюк, Н.О. Королюк, О.В. Петров, К.В. Сюлев.** Аналіз сучасних засобів знищення безпілотних літальних апаратів Харків, ХНУПС – 2017 // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил — 2017 — № 4(53). Режим доступу: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/17779> **25.** [Електронний ресурс]: <https://fas.org/sdp/crs/weapons/IF11426.pdf>; <https://lechaim.ru/news/izrailskaya-kompaniya-po-borbe-s-bespiilotnikami-predostavit-svoi-sistemy-dlya-fbr-i-amerikanskih-voennyh/>; <https://defensesystems.com/articles/2019/12/11/counter-uas.aspx>; <https://russiandrone.ru/news/v-pentagone-vystupili-protiv-dronov-utverdiv-spisok-protivodronnykh-sistem/>; <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1071111.pdf>; <http://droneflyers.ru/2020/07/13/v-pentagone-vystupili-protiv-dronov-utverdiv-spisok-protivodronnykh-sistem-3/>; <https://www.marketresearch.com/MarketsandMarkets-v3719/Network-Centric-Warfare-Platform-Land-10188278/>; <http://acronymsandslang.com/definition/24656/BMC4ISR-meaning.html>; <http://droneflyers.ru/2020/07/13/v-pentagone-vystupili-protiv-dronov-utverdiv-spisok-protivodronnykh-sistem-3/>; [cyber-physical systems lab. Weapons, Robotics, and Control Engineering; https://www.usna.edu/wrc/cpsl/index.php](https://www.usna.edu/wrc/cpsl/index.php); <https://thebabel.com.ua/news/41889-sshaozgotayut-protidronovi-lazerni-sistemi-na-zarubizhnyh-bazah/>; <https://lechaim.ru/news/izrailskaya-kompaniya-po-borbe-s-bespiilotnikami-predostavit-svoi-sistemy-dlya-fbr-i-amerikanskih-voennyh/>; <https://www.darpa.mil/program/high-assurance-cyber-military-systems> **26.** <http://bastion-karpenko.ru/luch-pro-antibla/>; <https://oborona.ru/includes/periodics/defense/2019/0628/123826958/detail.shtml>; <https://defence-ua.com/index.php/statii/publikatsiji-partneriv/5119-cekretnisistemy-reb-rf-na-donbasi-i-chomu-smm-obsye-dala-yim-14-dniv-fory>; <http://www.ntc-reb.ru/repelent.html>; <https://robonews.su/21999-Cheremuha-nahodit-ne-tol-ko-dron-no-i-ego-operatora.html>; <http://bastion-karpenko.ru/pishal-mfk/>; <https://www.ao-avtomatika.ru/catalog/products/pishchal-pro/>; <http://bastion-karpenko.ru/taran-bla-pro/>; <http://bastion-karpenko.ru/kupol-pro-antibla/>; <http://bastion-karpenko.ru/krasuha-4/ru/kupol-pro-antibla/>; <http://foto-i-mir.ru/sipovnik-aero/> **27. Вдовенко С.Г. Даник Ю.Г.,** Концептуальні напрями комплексного вирішення проблеми захисту інформації в системі скритого управління Збройних сил // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. К.: - 2017, НУОУ, № 2(29), с. 98–106. **28. В.М.Шлюкін, С.В.Малахов, О.Л. Гостев, А.Г.Снісаренко, С.Г.Вдовенко, О.М.Присяжний.** Загальносистемні питання санкціонування застосування ракетних комплексів Сухопутних військ // Системи озброєння і військова техніка, Харків – 2012, ХУПС. № 2 (30), с. 95–103. **29. Горбенко І.Д.** Прикладна криптологія. Теорія. Практика. Застосування. монографія / І. Д. Горбенко, Ю. І. Горбенко // Харків. ХНУРЕ, ЗАТ «Ін-т інформ. технологій». – Х. : Форт, 2012. Вид. 2-ге, перероблене й доповнене – 868 с. **30. Вдовенко С.Г. Даник Ю.Г.,** Концептуальні напрями комплексного вирішення проблеми захисту від несанкціонованого доступу в складних системах спеціального призначення, Зб. мат. Шостої МНТК Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації, Вінниця, ВНТУ - 2017, С. 61–64. **31. Даник Ю.В, Бугайов М.В.** Аналіз ефективності виявлення тактичних безпілотних літальних апаратів пасивними та активними засобами спостереження// Збірник наукових праць ЖВІ ДУТ. Інформаційні системи'15. Вип.10. - 2015. – С.5-20. **32. Ю.Г. Даник, І.В.Пулеко, М.В.Бугайов.** Виявлення безпілотних літальних апаратів на основі аналізу акустичних та радіолокаційних сигналів//Вісник ЖДТУ - 2014, № 4 (71). С.71-80. **33. В.М.Олейніков, О.В.Зубков, В.М.Карташов, І.В. Корытцев, С.І.Бабкин, С.О.Шейко.** Исследование эффективности обнаружения и распознавания малоразмерных беспилотных летательных аппаратов по их акустическому излучению Радиотехника. 2018 Вип. 195. Режим доступу: https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Scientific_editions/rvmnts_2018_195_23.pdf **34. В.М.Карташов, В.М.Олейніков, С.О.Шейко, С.І.Бабкин, І.В. Корытцев, О.В.Зубков** Особенности обнаружения и распознавания малых беспилотных летательных аппаратов Радиотехника. 2018. Вип. 195: https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Scientific_editions/rvmnts_2018_195_26.pdf **35. Соловьев В. А.** Проблемы обнаружения беспилотных летательных аппаратов оптико-электронными устройствами / В. А. Соловьев // Электронный математический и медико-биологический журнал. – Т. 10, 2011. – Вып. 3. – С. 1–13. **36. Moses A.** Radar-based detection and identification for miniature air vehicles / A. Moses, M. J. Rutherford, K. P. Valavanis // IEEE International Conference on Control Applications **37. Zelnio A.M.** Detection of small aircraft using an acoustic array. Thesis. B.S. / A.M. Zelnio. – Electrical Engineering, Wright State University. - 2007. – 55 p. **38. Пьявченко Т.А., Финаев В.И.** Автоматизированные информационно-управляющие системы. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007. 271 с. **39. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д.** Основи системного аналізу: підручник. Київ: Видавнича група ВНУ, 2007. 544 с. **40. Даник Ю.Г, Шестаков В.І.** Методологія синтезу ситуаційних розвідувально-ударних комплексів. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 2019. №2(35). С. 13–22. **41. Литвак Б.Г.** Разработка управленческого решения. Изд. 3-е., испр. Москва: Дело, 2002. 392 с. **42. Даник Ю.Г, Шестаков В.І.** Методологія синтезу ситуаційних розвідувально-ударних комплексів. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 2019. №2(35). С. 13–22. **43. Воронин А.Н., Зиятдинов Ю.К., Кукпинский М.В.** Многокритериальные решения: модели и методы: монография. Киев: НАУ, 2011. 348 с.

КИБЕРПРОТВОДЕЙСТВИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСАМ

Сергей Григорьевич Вдовенко

Юрий Григорьевич Даник (доктор технических наук, профессор)

Александр Юрьевич Пермяков (доктор технических наук, профессор)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Стремительное развитие, массовое производство, принятие на вооружение и растущее число фактов боевого применения в военных конфликтах современности высокотехнологичных систем вооружения и робототехнических систем (комплексов) (РТС(К)) требуют осуществления мероприятий по созданию эффективной системы противодействия РТК. В частности, разработки стратегий и концепций, теории и тактики противодействия РТК, переосмысление канонов оперативного искусства и тактики применения существующих средств ПВО в контексте борьбы с РТС(К), предъявления требований по модернизации и развитию систем (комплексов) борьбы с РТС(К) (С(К)БРТС(К)), проведения научных исследований, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию средств и систем (комплексов) противодействия РТС(К), организации подготовки квалифицированных специалистов по их эксплуатации и боевому применению, научно-педагогических кадров и т.д. Учитывая, что по своим признакам РТС(К) являются киберфизическими системами (КФС) специального назначения, а их системы управления - классическими кибернетическими системами, приоритетными являются подходы по созданию единых принципов борьбы с РТС(К) (тех типов и классов, с которыми невозможно или неэффективно бороться существующими средствами) и систем для их реализации, состоящих из органов управления и подразделений, имеющих на вооружении системы (комплексы) ВВТ со специфическими программно-аппаратными средствами и комплексы для решения указанных задач.

В статье представлены результаты: анализ эффективности применения существующих систем вооружения для борьбы с БПЛА поля боя беспилотных авиационных комплексов (БАК); анализ уязвимости составляющих РТС(К); анализ тенденций развития систем (комплексов) борьбы с РТС(К) (БПЛА БАК) ведущих государств в контексте возможности и целесообразности внедрения их опыта в Украине; представление основных теоретических положений формирования систем киберпротодействия РТС(К) как КФС.

Ключевые слова: *беспилотные авиационные комплексы (БАК), беспилотные летательные аппараты (БПЛА), боевое применение робототехнических систем (комплексов), выявление робототехнических комплексов (средств), киберсистемы, киберфизические системы (КФС), робототехнические системы (комплексы) (РТС(К)), системы (комплексы) борьбы с робототехническими системами (комплексами) С (К) Б РТС (К).*

CYBER COUNTERACTION TO ROBOTIC COMPLEXES

Serhii Vdovenko

Yurii Danyk (Doctor of Technical Science, Professor)

Oleksandr Permiakov (Doctor of technical sciences, Professor)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The rapid development, mass production, adoption and the growing number of facts of combat use in hostilities and conflicts of modern high-tech weapons systems and robotic systems (complexes) require a number of measures to create an effective system to counter them.

In particular, the development of strategies and concepts, theories and tactics of countering robotic technical complexes, rethinking the canons of operational art and tactics of existing air defense in the context of combating robotic technical complexes, developing requirements for modernization and development of systems (complexes) to combat them, research, research and development work on the creation of means and systems (complexes) of counteraction to robotic complexes, organization of training of qualified specialists in their operation and combat use, scientific and pedagogical staff, etc.

Given that robotic systems are special-purpose cyber physical systems and their control systems are classical cybernetic systems, priority is given to approaches to creating a single framework for combating robotic systems (those types and classes that cannot or ineffectively deal with existing means) and systems for their implementation, consisting of management bodies and appropriately equipped units, which are armed with systems (complexes) of armaments and military equipment with specific software and hardware and complexes to solve these problems.

The article presents the results: analysis of the effectiveness of the use of existing weapons systems to combat small unmanned aerial vehicles of unmanned aerial complexes; vulnerability analysis of components of robotic complexes; analysis of development trends in the world's leading countries of systems (complexes) to combat robotic systems (for example, unmanned aerial vehicles of unmanned aerial complexes) in the context of the possibility and feasibility of implementing their experience in Ukraine; development of basic theoretical provisions for the formation of cyber counteraction systems for robotic technical complexes as cyber physical systems

Keywords: *cyber systems, cyber physical systems, combat use of robotic systems (complexes), detection of robotic complexes (means), systems (complexes) counter, combat robotic systems, unmanned aerial complex, unmanned aerial vehicle.*

References

1. Modern soldiery robots are the battle systems of the future [Sovremennyye voennyye roboty – boevyye sistemy budushchego], available at: <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/boevye-mashiny/voennyye-boevye-roboty>. 2. During manoeuvres "Center-2015" robotics of engineering troops is first used [V hode SKShU «Tsentr-2015» vperyye primenyaetsya robototekhnika inzhenernykh voysk], Access mode: https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12056386@egNews 3. Unmanned Warrior 2016 / Technology Fact Sheets”, Access mode: <https://www.onr.navy.mil/en/Media-Center/unmanned-warrior> 4. Entsiklopediia kibernetiky [Encyclopedia of Cybernetics] (1973) [in 2 volumes] / ed. : **VM Glushkov** (ed.) [Etc.]; Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. - K. Golov. ed. Ukr. rad. encyclical. 5. **Glushkov VM** (ed.) (1979) / Slovar po kibernetikyke [Dictionary of Cybernetics]. 6. Sotsyolohycheskyi slovar (2014) [Sociological dictionary] / resp. ed. **G.V.Osipov, LN.Moskvichev**. p.417. 7. Access mode: https://uk.wikipedia.org/wiki/Безпілотний_літальний_апарат, 8. Secretary of State Hillary Rodham Clinton On the Release of President Obama Administration's International Strategy for Cyberspace. May 16, 2011. – Access mode: <http://www.state.gov/secretary/rm/2011/05/163523.htm> 9. **S.Neema**. Symbiotic Design for Cyber Physical Systems. Defense Advanced Research Projects Agency Program Information 10. Access mode: <https://www.darpa.mil/program/symbiotic-design-for-cyber-physical-systems>. 11. available at: https://uk.wikipedia.org/wiki/Кіберфізична_система 12. Warsaw Summit Communiqué. Issued by the Heads of State and Government participating in the meeting of the North Atlantic Council in Warsaw 8-9 July 2016 09 Jul. 2016 -Press Release (2016) 100 Issued on 09 Jul. 2016 Last updated: 29 Mar. 2017 10:55. Access mode: https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_133169.htm 13. Stratehiia natsionalnoi bezpeky Ukrainy / [National Security Strategy of Ukraine], approved by the Decree of the President of Ukraine dated 26.05.2015 № 287/2015. 14. **VG Radetsky, IS Rusnak, YG Danyk**. (2008) Bezpilotna aviatsiia v suchasni zbroinii borotbi. [Unmanned aerial vehicles in modern armed struggle]. Monograph / VG Radetsky, IS Rusnak, YG Danyk // 224 p. 15. **S. Vdovenko, Y. Danik, S. Faraon**. (2019). Definitivni problemy terminologii u sferi kibernetiky i kibernetiky ta shliakhy yikh vyrishennia. [Definitive problems of terminology in the field of cybersecurity and cyber defense and ways to solve them.] // Electronic Journal of Open Access Policy "Computer Science and Cybersecurity" Kharkiv, KhNU. VNKarazin, №1 (12), p.17-29. 16. **Yu. Danyk, S. Vdovenko** (2019) Lantsiuhovi efekty v kibernetiky. [Chain effects in cyber actions.] // Collection of scientific works of the WINDOW named after T. Shevchenko, issue 64, p. 71-90. 17. **Danyk Yu. H., Dupelych S. O.** (2016), Patent of UA104494 U. Systema vyavleniia, rozpoznavanniia, suprovodzhennia povitrianykh ta nazemnykh tsilei. [System of exposure, recognition, accompaniment of air and surface aims.], Kyiv, 6 p. 18. **Danyk Yu.G., Dupelych S.O.** (2016), Patent of UA104662 U. Perenosnyi zasib urazhennia povitrianykh malorozmirnykh tsilei [Portable decimator of air littlesize aims.], Kyiv, 4 p. 19. **YG Danyk, GA Drobakha, VI Karpenko** and others. (2002). Teopiia i tekhnika protydyi bezpilotnym zasobam povitrianoho napadu. [Theory and technique of counteracting unmanned aerial vehicles], Kharkiv - 260 p. 20. **Saravanakumar A.** Exploitation of Acoustic signature of low flying Aircraft using Acoustic Vector sensor / A. Saravanakumar, K. Senthilkumar // Defence Science Journal. – March 2014. – Vol. 64, No. 2. – P. 95–98. 21. **W.Shi, G.Arabadjis, B.Bishop, P.Hill** (2001) / Detecting, Tracking and Identifying Airborne Threats with Netted Sensor Fence // Sensor Fusion – Foundation and Applications. – Rijeka, Croatia : InTech Europe, – P. 139–158. 22. **YG Danyk PP Topolnytsky, IV Puleko** and others (2016). Osnovy pobudovy bezpilotnykh robotyzovanykh system spetsialnoho pryznachennia. [Fundamentals of construction of unmanned robotic systems for special purposes:] / textbook / Zhytomyr — 292 p. 23. **Eremin GV, Gavrilov AD, Nazarchuk II.** Orhanyzatsiia systemy borby s malorazmernymi BPLA [Organization of the system of control of small UAVs] (2014), Smolensk, // Arsenal of the Fatherland, № 6 (14). Access mode: <https://arsenal-otechestva.ru/article/389-antidrone/> 24. **RV Korolov, NO Koroliuk, OV Petrov, KV Sulev.** (2017). Analiz suchasnykh zasobiv znyschennia bezpilotnykh litalnykh aparativ. [Analysis of modern means of destruction of unmanned aerial vehicles] / Kharkiv // Collection of scientific works of Kharkiv National University of the Air Force № 4 (53). Access mode: http://www.hups.mil.gov.ua/periodic_app/article/17779 25. Access mode: <https://fas.org/sdp/crs/weapons/IF11426.pdf>; <https://lechain.ru/news/izrailskaya-kompaniya-po-borbe-s-bespilotnikami-predostavit-svoi-sistemy-dlya-fbr-i-amerikanskih-voennykh/>; <https://defensesystems.com/articles/2019/12/11/counter-uas.aspx>; https://russiadrone.ru/news/v_pentagone_vystupili_protiv_dronov_utverdiv_spisok_protivodronnykh_sistem/; <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/107111.pdf>; <http://droneflyers.ru/2020/07/13/v-pentagone-vystupili-protiv-dronov-utverdiv-spisok-protivodronnykh-sistem-3/>; <https://www.marketresearch.com/MarketsandMarkets-v3719/Network-Centric-Warfare-Platform-Land-10188278/>; <http://acronymsandslang.com/definition/24656/BMC4ISR-meaning.html>; <http://droneflyers.ru/2020/07/13/v-pentagone-vystupili-protiv-dronov-utverdiv-spisok-protivodronnykh-sistem-3/>; cyber-physical systems lab. Weapons, Robotics, and Control Engineering; <https://www.usna.edu/wr/cpsl/index.php>; <https://thebabel.com.ua/news/41889-sshaozgotayut-protidronovi-lazerni-sistemi-na-zarubizhnykh-bazah/>; <https://lechain.ru/news/izrailskaya-kompaniya-po-borbes-bespilotnikami-predostavit-svoi-sistemy-dlya-fbr-i-amerikanskih-voennykh/>; <https://www.darpa.mil/program/high-assurance-cyber-military-systems> 26. Access mode: <http://bastion-karpenko.ru/luch-pro-antibla/>; <https://oborona.ru/includes/periodics/defense/2019/0628/123826958/detail.shtml>; <https://defence-ua.com/index.php/statti/publikatsiji-partneriv/5119-cekretnisystemy-reb-rf-na-donbasi-i-chomu-smm-obsye-dala-yim-14-dniv-fory>; <http://bastion-karpenko.ru/taran-bla-pro/>; <http://www.ntc-reb.ru/repelent.html>; <https://robonews.su/21999-Cheremuha-nahodit-ne-tol-ko-dron-no-i-ego-operatora.html>; <http://bastion-karpenko.ru/pishal-mfk/>; <https://www.ao-avtomatika.ru/catalog/products/pishchal-pro/>; <http://bastion-karpenko.ru/taran-bla-pro/>; <http://bastion-karpenko.ru/kupol-pro-antibla/>; <http://bastion-karpenko.ru/krasuha-4/ru/kupol-pro-antibla/>; <http://foto-i-mir.ru/shipovnik-aero/> 27. **Vdovenko SG Danyk Yu.G.**, (2017). Kontseptualni napriamy kompleksnoho vyrishennia problemy zakhystu informatsii v systemi skrytoho upravlinnia Zbroinykh syl. [Conceptual directions of complex solution of the problem of information protection in the system of covert management of the Armed Forces] // Modern information technologies in the field of security and

- defense. Kyiv, № 2 (29), с. 98-106. **28. VM Shlyukin, SV Malakhov, OL Gostev, AG Snisarenko, SG Vdovenko, OM Prisyazhny.** (2012). Zahalnosystemni pytannia sanktsionuvannya zastosuvannya raketnykh kompleksiv Sukhoputnykh viisk [General system issues of authorizing the use of missile systems of the Land Forces] // Weapons Systems and Military Equipment, Kharkiv. № 2 (30), p. 95-103. **29. ID Gorbenko** (2012). Prykladna kryptolohiia. Teoriia. Praktyka. Zastosuvannya. [Applied cryptology. Theory. Practice. Application.] Monograph / ID Gorbenko, YuI Gorbenko // Kharkiv, CJSC "Inst of Inform. technologies". Fort. Kind. 2nd, revised and supplemented - 868 p. **30. SG Vdovenko Yu.G Danik.** (2017). Kontseptualni napriamky kompleksnoho vyryshennia problemy zakhystu vid nesanktsionovanoho dostupu v skladnykh systemakh spetsialnoho pryznachennia. [Conceptual directions of the complex decision of a problem of protection against unauthorized access in difficult systems of special purpose] // Collection of materials of the Sixth ISTC Kontseptualni napriamky kompleksnoho vyryshennia problemy zakhystu vid nesanktsionovanoho dostupu v skladnykh systemakh spetsialnoho pryznachennia [Methods and means of coding, protection and consolidation of the information], Vinnytsia., P. 61–64. **31. Danik Yu.V., Bugayov MV** (2015) Analiz efektyvnosti vyaviavlennia taktychnykh bezpilotnykh litalnykh aparativ pasyvnymy ta aktyvnymy zasobamy sposterezhennia [Analysis of the effectiveness of detection of tactical unmanned aerial vehicles by passive and active means of surveillance] // Zhytomyr. Collection of scientific works of ZhVI DUT. Information Systems'15. Issue 10. - P.5-20. **32. Yu.G. Danyk, IV Puleko, MV Bugayov** (2014) Vyaviavlennia bezpilotnykh litalnykh aparativ na osnovi analizu akustychnykh ta radiolokatsiinykh syhnaliv [Detection of unmanned aerial vehicles based on the analysis of acoustic and radar signals.] / Zhytomyr. Bulletin of ZhSTU, № 4 (71). P.71-80.**33. VM Oleynikov, OV Zubkov, VM Kartashov, IV Korytsev, SI Babkin, SO Sheiko** (2018). Issledovaniye effektivnosti obnaruzheniya i raspoznavaniya malorazmernykh bespilotnykh letatelnykh apparatov po ikh akusticheskomu izlucheniyu [Research of efficiency of detection and recognition of small-sized unmanned aerial vehicles on their acoustic radiation.] // Radio engineering. Vol. 195. Access mode: https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Scientific_editions/rvmnts_2018_195_23.pdf **34. VM Kartashov, VM Oleynikov, SO Sheiko, SI Babkin, IV Korytsev, OV Zubkov** (2018). Osobennosti obnaruzheniya i raspoznavaniya malykh bespilotnykh letatelnykh apparatov [Features of detection and recognition of small unmanned aerial vehicles] / Radio engineering. Vol. 195. Access mode: https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Scientific_editions/rvmnts_2018_195_26.pdf **35. Soloviev VA** (2011). Problemy obnaruzheniya bespilotnykh letatelnykh apparatov optiko-elektronnymi ustroystvami [Problems of detection of unmanned aerial vehicles by optoelectronic devices] / VA Soloviev // Electronic mathematical and medical-biological journal. - Vol. 10. Issue. 3. - P. 1–13. **36. Moses A.** Radar-based detection and identification for miniature air vehicles / A. Moses, M. J. Rutherford, K. P. Valavanis // IEEE International Conference on Control Applications **37. Zelnio A.M.** Detection of small aircraft using an acoustic array. Thesis. B.S. / A.M. Zelnio. – Electrical Engineering, Wright State University. - 2007. – 55 p. **38. Pyavchenko TA, Finaev VI** (2007) Avtomatizirovannyye informatsionno-upravlyayushchiye sistemy. [Automated information and control systems] Taganpog: TRTU Publishing House. 271 p. **39. Zgurovsky MZ, Pankratova ND** (2007). Osnovy systemnoho analizu / [Fundamentals of systems analysis]: a textbook. Kyiv: University Publishing Group, 2007. 544 p. **40. Danyk Yu.G., Shestakov VI** (2019) / Metodolohiia syntezy situatsiinykh rozvidualno-udarnykh kompleksiv. [Methodology of synthesis of situational reconnaissance and strike complexes.] / Modern information technologies in the field of security and defense. №2 (35). Pp. 13–22.**41. Litvak BG** Razrabotka upravlencheskogo resheniya. [Development of a management decision.] (2002). Ed. 3rd, corrected. Moscow: Delo, 392 p.**42. Danyk Yu.G., Shestakov VI** (2019) Metodolohiia syntezy situatsiinykh rozvidualno-udarnykh kompleksiv. [Methodology of synthesis of situational reconnaissance and strike complexes] / Modern information technologies in the field of security and defense. №2 (35). Pp. 13–22. **43. Voronin AN, Ziatdinov Yu. K., Kukpinsky MV** (2011). Mnogokriterialnyye resheniya: modeli i metody/[Multicriteria solutions: models and methods]: monograph. Kyiv: NAU, p. 348.

Дмитро Георгійович Шевченко (кандидат військових наук)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

СУКУПНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КІБЕРБЕЗПЕКИ В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

В статті розглянуто актуальне питання удосконалення сукупності показників системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах. Проаналізовані останні дослідження і публікації з цього питання. Проведений аналіз та досвід проведення антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил на сході України, свідчить про те, що в умовах сучасних бойових дій ефективне функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах буде у суворих часових рамках на збільшених просторових відстанях між інформаційно-телекомунікаційними вузлами та в умовах радіоелектронного й вогневого впливу противника. Також виявлено, що в загальному випадку кількість показників ефективності функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах перевищує кілька десятків. В статті проведено систематизацію та групування їх по відповідним ознакам.

В статті розглядається методичний підхід для вирішення прикладної задачі, який оснований на застосуванні методу згортки показників ефективності. Пропонується інтегральний показник ефективності та критерій оцінювання ефективності функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах Збройних Сил України.

Запропонована удосконалена сукупність показників ефективності функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах Збройних Сил України, яка на відміну від існуючих враховує додаткові показники, які обумовлені особливостями проведення операцій в сучасних умовах, а також комплексно характеризує ефективність функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах Збройних Сил України. Це дає можливість всебічно оцінити ефективність функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах Збройних Сил України в цілому, окремих елементів та її складових та їх внесок у загальний рівень ефективності функціонування системи зв'язку.

Ключові слова: зв'язок; інформаційно-телекомунікаційна мережа; кібербезпека.

Вступ

Постановка проблеми. Матеріальною основою системи кібербезпеки (далі – СКБ) в інформаційно-телекомунікаційних мережах (далі – ІТМ) Збройних Сил України (далі – ЗС України) є комплекси, системи та засоби автоматизації (далі – КСЗ), які об'єднують та групують з метою вирішення визначених завдань [1]. Основним стимулом її розвитку є постійне збільшення кількості викликів та загроз у кіберпросторі та відповідно розширення множини задач D , які необхідно вирішити. Це в свою чергу передбачає відповідний розвиток комплексів, систем та засобів автоматизації, програмного та інформаційного забезпечення системи кібербезпеки в ІТМ. При цьому мають місце такі взаємопов'язані процеси: процес виключення з множини D задач, які втратили актуальність; процес включення в множини D нових і

модифікованих задач; процес вирішення задач множини D за їх надходженням.

Передбачається, що з оперативних міркувань визначений мінімально допустимий рівень функціональної ефективності P_d системи кібербезпеки загалом. Отже, завдання управління функціональною ефективністю системи кібербезпеки зводиться до підтримання цієї ефективності на рівні не нижче заданого

$$P_f(t) \geq P_d, \quad 0 \leq t \leq \infty \quad (1)$$

Стан системи кібербезпеки в ІТМ, при якому виконується наведена нерівність (1) – стан функціональної придатності системи. Протилежний стан визначатиме стан функціональної непридатності.

Природно, що вирішення завдання управління ефективністю має місце протягом всього

життєвого циклу системи кібербезпеки в ІТМ. Це означає, що в кожному органі управління в якому розгорнуті КСЗ, повинен бути фахівець(ці), персонально відповідальний за її вирішення, а сукупність таких фахівців в рамках СКБ в ІТМ ЗС України утворить службу управління функціональною ефективністю. Отже, існує нагальна потреба створити інструмент для оцінювання та підтримання ефективності функціонування СКБ в ІТС ЗС України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню дослідження ефективності функціонування СКБ в ІТС присвячено багато робіт та публікацій [2-4, 6-10].

Результати проведеного аналізу та досвід проведення АТО та ООС показали, що в умовах сучасних бойових дій ефективно функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах буде у суворих часових рамках на збільшених просторових відстанях між інформаційно-телекомунікаційними вузлами та в умовах радіоелектронного й вогневого впливу противника.

Мета статті: удосконалення сукупності показників ефективності функціонування СКБ в ІТМ ЗС України.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Особливостями проведення операцій в сучасних умовах та факторами, які значно впливають на СКБ в ІТС ЗС України, крім відомих, у цих умовах будуть:

випереджаюча відносно пунктів управління готовність зв'язку;

вибір раціональних позицій розгортання елементів СКБ в ІТМ ЗС України, і відповідно необхідність забезпечення кібернетичної безпеки ІТМ ЗС України на великому театрі воєнних дій;

необхідність у короткий проміжок часу спланувати та змінити топологію мережі смузів операції;

складна радіоелектронна обстановка, широке застосування противником засобів РЕБ;

дотримання скритності зв'язку для максимального ускладнення ведення радіо- і радіотехнічної розвідки та РЕБ противника.

Вищезазначене зумовило необхідність удосконалення сукупності показників ефективності функціонування СКБ в ІТС ЗС України.

Ефективність функціонування СКБ в ІТС ЗС України розглядається як функціонал

$$P_f(t) = f\{R, A, O, Q, S, M, C, E, \Psi_{\text{ду}}\} \quad (2)$$

де $\{R\}$ – множина показників розмаху;

$\{A\}$ – ступінь автоматизації;

$\{O\}$ – множина показників оперативності;

$\{Q\}$ – множина показників якості управління;

$\{S\}$ – множина показників безпеки управління;

$\{M\}$ – множина показників мобільності;

$\{C\}$ – множина показників безперервності управління;

$\{E\}$ – множина показників економічності;

$\{\Psi_{\text{ду}}\}$ – множина додаткових умов, які важко формалізуються, але які потрібно враховувати під час ведення операцій в сучасних умовах.

Для їх систематизації всі вони зведені до схеми, яка наведена на рис. 1.

Розглянемо їх детальніше.

Показники розмаху – число ланок, число об'єктів (центрів кіберзахисту), площа, яку охоплює система. Ці показники суттєві при проектуванні та оцінці СКБ в ІТС ЗС України. У цьому випадку ця група показників задана і фіксована.

Ступінь автоматизації – число автоматизованих процесів і задач, приводить до скорочення трудовитрат, скорочення штатів органів управління та військових частин.

Перелічені характеристики на жаль мало інформативні і слабо пов'язані з кінцевою метою – підвищення ефективності функціонування СКБ в ІТМ ЗС України.

Оперативність – одне з найважливіших питань властивостей систем управління військового призначення. Пропонується оцінювати її часом розв'язання завдань і функцій, ймовірністю своєчасного виконання, вирашем в оперативності. Такі показники отримали широке розповсюдження на практиці завдяки своїй простоті та наочності.

Але більш детальне вивчення вказує на присутні йому недоліки. Перший з цих показників – час розв'язання задачі. Він, очевидно, є випадковою величиною і тому характеризувати властивості системи не може. Можна говорити про математичне очікування часу розв'язання задачі. Але в цьому випадку виникають труднощі, оскільки система розв'язує множину задач і, таким чином, даний показник є вектором великої розмірності.

Виграш в оперативності може оцінюватись для однієї задачі відношенням математичних очікувань часу її розв'язання після і до автоматизації. Але для множини таких завдань побудова аналогічної оцінки ускладнюється (вона приймає векторний характер), тому наочність втрачається. Більш того, фактично цей показник оцінює не ефективність СКБ, а ефективність автоматизації.

Рис. 1. Сукупність часткових показників ефективності функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційній мережі

Заслугує уваги показник ймовірності своєчасного розв'язання задачі. Але тут виникають труднощі, оскільки в системі вирішується не одна, а множина D задач. Крім того, говорити про час розв'язання задачі без формулювання вимог до якості її розв'язання не зовсім коректно. Більш коректно оцінювати оперативність СКБ в ІТМ в умовах, коли множина D задач, що розв'язуються, а також вимоги до часу і якості їх розв'язання задані. У цьому випадку показник оперативності визначається через показник P_f ефективності функціонування системи як

$$P_{om} = \frac{P_f}{P_{f0}}, \quad (3)$$

де P_{f0} – показник ефективності функціонування системи, визначений за умов, що всі отримані задачі вирішені за час, не більше заданого.

Якість управління – головна властивість системи управління, що підлягає найбільш ретельній оцінці. Пропонується оцінювати її через достовірність і точність розв'язання задач, а також через ступінь використання оптимальних рішень.

У даному випадку нас цікавить якість управління в площині, яка може характеризуватись як:

бойова ефективність СКБ в ІТМ ЗС України взагалі, як оцінка P_y пристосованості системи до вирішення заданої множини D_y завдань бойового управління по мірі їх отримання за час і з якістю не гірше заданих;

функціональна ефективність інформаційно-розрахункової системи, як оцінка P_f ступеня пристосованості цієї системи до вирішення заданої множини завдань D по мірі їх отримання за час і з якістю не гірше заданих.

під час використання такого підходу достовірність та точність є частковими характеристиками окремих задач, а не системи взагалі. Ступінь використання оптимальних рішень визначається на етапі формування множин D_y та D . Треба підкреслити, що на етапі експлуатації системи вони незмінні.

Безпека управління – найважливіша властивість, що визначає умови і обмеження, в яких вирішуються задачі множин D_y та D . Вона оцінюється через:

розвідзахищеність – оцінюється як математичне очікування часу розкриття противником пункту управління;

закриття інформації – оцінюється ймовірністю розкриття інформації за час, поки та має цінність;

імітостійкість – здатність протистояти

дезінформаційним діям противника;

захист від несанкціонованого доступу – здатність протистояти використанням без права доступу.

Крім перерахованих, для характеристики СКБ в ІТМ ЗС України використовуються й інші показники оперативно-тактичного і економічного змісту.

Мобільність – час, що потрібний для переміщення і розгортання (згортання) у просторі [5].

Безперервність, як властивість дієздатності оцінюється гнучкістю, а саме здатністю перебудови відповідно до умов, що змінилися, тобто часом перебудови.

Стійкість – ймовірність не порушення безперервності, оцінюється через живучість (функціонування в умовах радіоелектронного та вогневого впливу), надійність і завадостійкість.

Економічність – витрати і економічний ефект.

Введений показник P_f функціональної ефективності СКБ в ІТМ ЗС України є її узагальнюючою характеристикою, яка описує найбільш загальні властивості системи і пов'язує з її ефективністю функціонування. Разом з тим, у практичній роботі використовується множина часткових показників ефективності, кожний з яких характеризує окрему властивість системи. Зазначимо, що перехід до часткових показників не тільки вимушений, але і необхідний, оскільки саме їх використання дає можливість визначити шляхи підвищення ефективності функціонування СКБ в ІТМ ЗС України.

Висновки й перспективи подальших досліджень

У статті визначена удосконалена сукупність показників системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах, які обумовлені особливостями проведення операцій в сучасних умовах, а також комплексно характеризує ефективність функціонування СКБ в ІТМ ЗС України. Це дає можливість всебічно оцінити ефективність функціонування СКБ в ІТМ ЗС України в цілому, окремих елементів та її складових та їх внесок у загальний рівень ефективності функціонування системи зв'язку.

В перспективі планується удосконалити методику оцінювання ефективності функціонування системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах з урахуванням удосконаленої сукупності показників системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах.

Література

1. Шевченко Д.Г., А.О. Зінченко, І.Ю. Розум Комплекси, системи і засоби військових телекомунікаційних мереж. Київ, НУОУ. – 2019.– 320 с. 2. Основи кібернетичної безпеки: монографія/за заг. ред. Ю. Г. Даника. Житомир. 2016. 636 с. 3. Кіберпростір як новий вимір геополітичного суперництва: монографія/Дубов Д. В. Київ, 2015. 328 с. 4. Світова гібридна війна: український фронт: монографія/під заг. ред. В. П. Горбуліна. Київ. 2017. 496 с. 5. Зв'язок військовий. Терміни та визначення. ДСТУ В-3265-95. Київ: Держстандарт України. 1996. 23 с. 6. NIST SP 800-53 National Institute of Standards and Technology. Special Publication Security and Privacy Controls for Federal

information Systems and Organizations. 7. NIST SP 800-115 National Institute of Standards and Technology. Technical issues of IS level assessment. Assessment tools, self-assessment, internal audit, external audit, evaluation, analysis of results, use of results during the development of IS organization. 8. NIST SP 800-137 National Institute of Standards and Technology. IS monitoring in federal information systems. 9. NIST SP 800-184 National Institute of Standards and Technology. Functions and categories of identifiers. 10. DoD 8530.01. Department of Defense. Indicators. Defend the nation from attack. Secure national security and military systems.

СОВОКУПНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ

Шевченко Дмитрий Георгиевич (кандидат военных наук)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье рассмотрен актуальный вопрос усовершенствования совокупности показателей системы кибербезопасности в информационно-телекоммуникационных сетях. Проанализированы последние исследования и публикации по этому вопросу. Поведенный анализ и опыт проведения антитеррористической операции и операции Объединенных сил на востоке Украины, показывает, что в условиях современных боевых действий эффективное функционирование системы кибербезопасности будет в суровых временных рамках и увеличенных пространственных расстояниях между информационно-телекоммуникационными узлами и в условиях радиоэлектронного и огневого воздействия противника. Также обнаружено, что в общем случае количество показателей эффективности функционирования системы кибербезопасности в информационно-телекоммуникационных сетях превышает нескольких десятков. В статье проведена их систематизация та группирование по соответствующим признакам.

В статье рассматривается методический подход для решения прикладной задачи, который основан на применении метода свертки показателей эффективности. Предлагается интегральный показатель эффективности критерий оценивания эффективности функционирования системы кибербезопасности в информационно-телекоммуникационных сетях Вооруженных Сил Украины.

Предложенная усовершенствованная совокупность показателей эффективности функционирования системы кибербезопасности в информационно-телекоммуникационных сетях Вооруженных Сил Украины, которая в отличие от имеющихся учитывает дополнительные показатели, которые обусловлены особенностями проведения операций в современных условиях и также комплексно характеризует эффективность функционирования системы кибербезопасности в информационно-телекоммуникационных сетях Вооруженных Сил Украины. Это дает возможность всесторонне оценить эффективность функционирования системы кибербезопасности в информационно-телекоммуникационных сетях Вооруженных Сил Украины в целом, отдельных элементов и ее составляющих и их вклад в общий уровень эффективности функционирования системы связи.

Ключевые слова: *связь; информационно-телекоммуникационная сеть; кибербезопасность.*

THE SET OF INDICATORS OF THE CYBER SECURITY SYSTEM IN INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORKS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

Dmytro Shevchenko (Candidate of Military Sciences)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The article discusses the topical issue of improving the set of indicators of the cyber security system in information and telecommunication networks. Analyzed the latest research and publications on this issue. The analysis and experience of the anti-terrorist operation and the operation of the Joint Forces in the East of

Ukraine shows that in the conditions of modern hostilities, the effective functioning of the cyber security system will be in a harsh time frame and increased spatial distances between information and telecommunication nodes and in conditions of electronic and fire exposure of the enemy.

It was also found that, in the general case, the number of indicators of the effectiveness of the functioning of the cyber security system in information and telecommunication networks exceeds several dozen. The article presents their systematization and grouping according to the relevant criteria. The article discusses a methodological approach to solving an applied problem, which is based on the application of the method of convolution of performance indicators. An integral indicator of efficiency is proposed, a criterion for assessing the efficiency of the functioning of the cyber security system in the information and telecommunication networks of the Armed Forces of Ukraine.

The proposed improved set of indicators of the effectiveness of the functioning of the cyber security system in the information and telecommunication networks of the Armed Forces of Ukraine, which, in contrast to the existing ones, takes into account additional indicators that are due to the peculiarities of conducting operations in modern conditions and also comprehensively characterizes the effectiveness of the functioning of the cyber security system in the information and telecommunication networks of the Armed Forces of Ukraine. This makes it possible to comprehensively assess the effectiveness of the functioning of the cyber security system in the information and telecommunication networks of the Armed Forces of Ukraine as a whole, individual elements and its components and their contribution to the overall level of efficiency of the communication system.

Keywords: connection; information and telecommunication network; cyber security.

References

1. Shevchenko D.Gh., A.O. Zinchenko, I.Ju. Rozum Kompleksy, systemy i zasoby vijsjkovykh telekomunikacijnykh mrezh. Kyjiv, NUOU. 2019.– 320 s.
2. Osnovy kibernetichnoji bezpeky: monohrafija/za zagh. red. Ju. Gh. Danyka. Zhytomyr. 2016. 636 s.
3. Kiberprostir jak novyj vymir gheopolitychnogho supernyctva: monohrafija/Dubov D. V. Kyjiv, 2015. 328 s.
4. Svitova ghibrydna vijna: ukrajinskyj front: monohrafija/pid zagh. red. V. P. Ghorbulina. Kyjiv. 2017. 496 s.
5. Zvjazok vijsjkovyj. Terminy ta vyznachennja. DSTU V-3265-95. Kyjiv: Derzhstandart Ukrainy. 1996. 23 s.
6. NIST SP 800-53 National Institute of Standards and Technology. Special Publication Security and Privacy Controls for Federal information Systems and Organizations.
7. NIST SP 800-115 National Institute of Standards and Technology. Technical issues of IS level assessment. Assessment tools, self-assessment, internal audit, external audit, evaluation, analysis of results, use of results during the development of IS organization.
8. NIST SP 800-137 National Institute of Standards and Technology. IS monitoring in federal information systems.
9. NIST SP 800-184 National Institute of Standards and Technology. Functions and categories of identifiers.
10. DoD 8530.01. Department of Defense. Indicators. Defend the nation from attack. Secure national security and military systems.

Алі Енверович Бекіров (кандидат технічних наук)

Катерина Андріївна Кругляк

Марія Михайлівна Юзьвяк

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна

СЕЛЕКЦІЯ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Стаття присвячена дослідженню актуального питання прогнозування відмов бортового обладнання. Ефективність виконання бойових завдань екіпажами повітряних суден Збройних Сил України залежить в тому числі від оперативної і якісної підготовки бортового обладнання до польотів. Великий термін експлуатації існуючого парку літальних апаратів потребує постійного аналізу технічного стану обладнання для попередження відмов. Існуючі методи прогнозування пов'язані зі аналізом статистичних даних та метриками вірогідності. Можливим альтернативним способом контролю працездатності обладнання є використання нейронних мереж. Проблематика побудови топології нейронної мережі прогнозування відмов пов'язана з необхідністю селекції значимих факторів, які впливають на обладнання в процесі експлуатації. В статті розглядаються найбільш важливі фактори впливу з позиції умов застосування, якості та умов експлуатації. Виявляються залежності між параметрами для одного об'єкту дослідження та параметрами об'єктів одного типу при різних умовах застосування. Здійснюється вибір наступних параметрів обладнання для використання при побудові нейронної мережі: загальний час напрацювання обладнання, час напрацювання обладнання після останнього відновлення, загальна кількість циклів включення вимикання та коефіцієнт циклічності відмови. Для кожного з параметрів наводяться вирази, які сформульовані з врахування особливостей технічної та льотної експлуатації повітряних суден. Так, значення напрацювання об'єкту розраховується як сумарний час роботи обладнання в польоті і на землі при виконанні всіх видів робіт. Кількість циклів включення-вимикання пропонується розраховувати на основі обліку мінімальної кількості разів застосування обладнання в процесі експлуатації. Також вводиться коефіцієнт циклічності відмови, який пропонується обчислювати на основі частотного аналізу порядкового номеру відмови та часу напрацювання об'єкту до конкретної відмови.

Ключові слова: нейронна мережа; працездатність обладнання; прогнозування відмов.

Вступ

Постановка проблеми. Якісне та своєчасне технічне обслуговування повітряних суден авіації Повітряних Сил Збройних Сил України безпосередньо пов'язано з ефективним виконанням бойових завдань. Одним із напрямків роботи інженерно-авіаційної служби є заходи по підтриманню та підвищенню надійності авіаційної техніки. Під надійністю тут розуміють властивість об'єкта зберігати значення всіх параметрів в межах встановлених показників. Працездатність обладнання повітряного судна характеризується зміною технічного стану під впливом конструктивно-виробничих та експлуатаційних факторів [1,2].

Не дивлячись на те, що метрики, які характеризують вплив конструктивно-виробничих факторів, для однакового обладнання приблизно еквівалентні, фактично обладнання має різний технічний стан навіть в умовах однакового напрацювання або календарного строку служби. Це пов'язано зі зміною технічного стану обладнання під неоднорідним впливом експлуатаційних факторів. Крім факторів, які піддаються

математичному опису та моделювання існує цілий спектр впливів, які мають слабо прогнозований характер, наприклад дії інженерно-технічного складу [2,3].

Велика кількість факторів, не монотонність та вибірковість їх впливу ускладнює роботу інженерно-технічного складу з утримання бортового радіоелектронного обладнання у справності і постійній готовності до ведення бойових дій. Тут актуальним напрямком досліджень є розробка способів та математичних методів виявлення закономірностей зміни параметрів обладнання під впливом експлуатаційних факторів, які потенційно можуть призвести до непрацездатного стану обладнання [2,4].

Одним із можливих напрямків вирішення задачі прогнозування є використання нейронних мереж [9-12]. Нейронна мережа уявляє собою сукупність елементів, які поєднані між собою та з зовнішнім середовищем зв'язками, які характеризуються ваговими коефіцієнтами. Залежність вихідних параметрів нейронної мережі від вхідних

характеризується її побудовою та навчанням. З математичної точки зору етап навчання нейронної мережі уявляє собою багатопараметричну задачу нелінійної оптимізації. Тут фактично відбувається поступова зміна вагових коефіцієнтів зв'язків вхідного шару з вихідним шаром на основі навчальної вибірки до моменту досягнення ступеню найбільшої схожості [13-16].

Ефективне вирішення нейронною мережею задачі прогнозування обумовлено помилками функціонування внаслідок неякісної вибірки та оптимізації вхідних параметрів, нераціональної побудови топології нейронної мережі та обмеженої кількістю навчальної вибірки.

Метою статті є вибір та оптимізація вхідних параметрів при побудові нейронної мережі прогнозування відмов бортового радіоелектронного обладнання з позиції умов застосування.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз впливу умов застосування на працездатність об'єкту. Весь спектр експлуатаційних факторів можна умовно поділити на два класи: суб'єктивні та об'єктивні. До

суб'єктивних відносяться фактори, які пов'язані з впливом обслуговуючого персоналу, а саме:

повнота, своєчасність та правильність технічного обслуговування та ремонту обладнання;

кваліфікація технічного персоналу, досвід роботи;

умови роботи обслуговуючого персоналу;

укомплектованість підрозділів особовим складом фахівців інженерно-авіаційної служби [3,4].

Серед основних об'єктивних факторів можна виділити наступні:

умови роботи об'єкту, значення та періодичність повторення експлуатаційних навантажень;

температурні режими;

фізико-хімічні властивості робочих рідин;

вплив навколишнього середовища (температура, вологість, тиск) [2,3].

Іншою можливою класифікацією експлуатаційних факторів є розгляд їх з наступних позицій: з позиції умов експлуатації, якості експлуатації та умов застосування (рис. 1) [2,3].



Рис 1. Варіант класифікації експлуатаційних факторів

Розглянемо життєвий цикл об'єкту А з позиції умов застосування від моменту $Q_0 = 0$ прийняття в експлуатацію до моменту Q_N , який описує

момент життєвого циклу об'єкту при кількості N відмов (рис. 2).

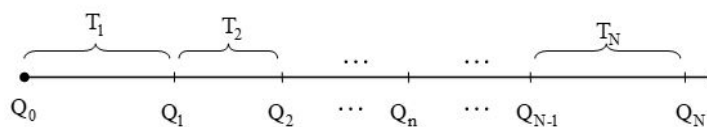


Рис 2. Графічна інтерпретація життєвого циклу об'єкту

Реальне напрацювання T_n об'єкту, $n = \overline{1; N}$, дорівнює проміжку часу між моментом життєвого циклу Q_{n-1} , у який було відновлена працездатність об'єкту після $n-1$ відмови та

моментом часу Q_n в який відбулася n -та зміна технічного стану об'єкту (відмова). Враховуючи не рівномірність впливу експлуатаційних факторів

на об'єкт, імовірність $P(T_{n-\xi} = T_n)$ того що напрацювання між моментами $Q_{n-\xi-1}$, $Q_{n-\xi}$ та Q_{n-1} , Q_n життєвого циклу об'єкту A є однаковим буде приймати мінімальне значення, а саме $P(T_{n-\xi} = T_n) \rightarrow \min$.

Так само розглянемо напрацювання $T_n^{(1)}$ та $T_n^{(2)}$ для двох різних об'єктів A_1 та A_2 , які належать до одного типу обладнання (рис. 3).

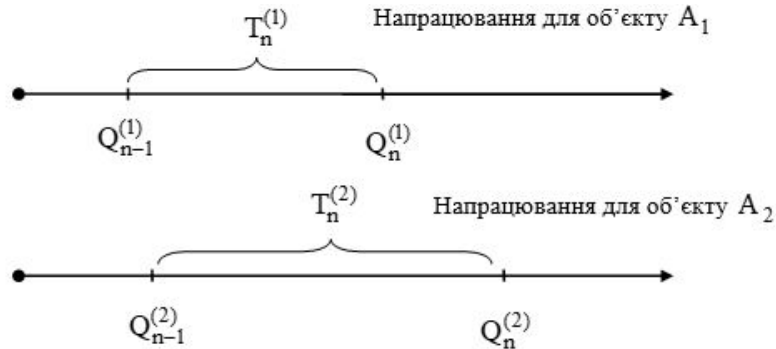


Рис 3. Графічна інтерпретація напрацювання для двох об'єктів

Імовірність $P(T_n^{(1)} = T_n^{(2)})$ того, що напрацювання для двох об'єктів при однаковій кількості n попередніх відмов буде рівним так само буде приймати мінімальне значення:

$$P(T_n^{(1)} = T_n^{(2)}) \rightarrow \min.$$

В обох варіантах, як для випадку порівняння подій життєвого циклу одного об'єкту, так і для різних об'єктів, імовірність отримання однакових значень незначно мала. Іншими словами потік відмов об'єкту є ординарним.

Якщо розглядати вплив факторів на об'єкт A_1 в період життєвого циклу від моменту $Q_{n-1}^{(1)}$ до моменту $Q_n^{(1)}$, то значення $T_n^{(1)}$ фактичного напрацювання може бути описано на основі функціонального перетворення $f(\bullet)$:

$$T_n^{(1)} = f_1(x_1^{(T_n^{(1)})}, \dots; x_j^{(T_n^{(1)})}, \dots; x_M^{(T_n^{(1)})}), \quad j = \overline{1, M},$$

де $f_1(\bullet)$ - умовне функціональне перетворення для отримання напрацювання $T_n^{(1)}$ об'єкту A_1 до відмови $Q_n^{(1)}$; $x_j^{(T_n^{(1)})}$ - j -й експлуатаційний фактор, який впливає на об'єкт A_1 в період часу від $Q_{n-1}^{(1)}$ до $Q_n^{(1)}$, $j = \overline{1, M}$.

У випадку, коли напрацювання для об'єктів A_1 та A_2 не еквівалентно, для функціонального перетворення $f(\bullet)$ справедливим є наступне твердження:

$$\begin{aligned} T_n^{(1)} &= f(x_1^{(T_n^{(1)})}, \dots; x_j^{(T_n^{(1)})}, \dots; x_M^{(T_n^{(1)})}) \neq \\ &\neq f(x_1^{(T_n^{(2)})}, \dots; x_j^{(T_n^{(2)})}, \dots; x_M^{(T_n^{(2)})}) = T_n^{(2)} \end{aligned}$$

Звідси випливає, що фактори $x_j^{(T_n^{(1)})}$ та $x_j^{(T_n^{(2)})}$ з великою імовірністю приймають різні значення, тобто

$$x_j^{(T_n^{(1)})} \neq x_j^{(T_n^{(2)})}; \quad j = \overline{1, M}; \quad n = \overline{1, N}.$$

Значить для проектування нейронної мережі прогнозування відмов обладнання необхідно визначити вектор вхідних параметрів, як сукупність кількісних або якісних експлуатаційних факторів $X = (x_1; \dots; x_j; \dots; x_M)$ з позиції умов застосування обладнання.

Формування вектору вхідних параметрів нейронної мережі з позиції умов застосування. Загальне напрацювання об'єкту до відмови. включає сумарне напрацювання об'єкту від моменту початку життєвого циклу $Q_0^{(1)}$ до моменту $Q_{n-1}^{(1)}$ n -ої відмови об'єкту і визначається на основі виразу:

$$T_{com}^{(1)} = \sum_{n=0}^N T_n^{(1)} = \sum_{n=0}^N Q_n^{(1)} - Q_{n-1}^{(1)}.$$

Показник $T_{com}^{(1)}$ вимірюється у одиницях часу, як правило годинах. Відповідно до нормативної документації інженерно-авіаційної служби напрацювання визначається за лічильниками, у разі наявності, або за загальним напрацюванням повітряного судна у повітрі [7,8]. Але даний варіант обліку напрацювання не завжди якісно враховує реальне навантаження на об'єкт. Крім роботи при виконанні польоту повітряним судном, функціонування об'єкту відбувається на землі під час технічного обслуговування. Обсяги та час періодичного обслуговування при якому об'єкт піддається циклу включення-вимикання визначається єдиним регламентом технічного обслуговування для типу повітряного судна. В загальному випадку час T_n напрацювання можна визначити на основі виразу:

$$T_n = T_{ПС} + T_{підг} + T_{регл} + T_{нпрд},$$

де $T_{ПС}$ - час напрацювання об'єкту під час виконання польоту повітряним судном; $T_{підг}$ - час

напрацювання об'єкту при виконанні видів підготовок повітряного судна до польоту; $T_{\text{регл}}$ - час напрацювання об'єкту під час виконання періодичних та регламентних робіт; $T_{\text{нпрд}}$ - час напрацювання під час виконання робіт по зберіганню, контрольно-відновлювальних робіт, робіт по бюлетеням.

Розглянемо кожну складову виразу для визначення часу T напрацювання окремо.

Час напрацювання $T_{\text{ПВ}}$, як правило, визначається з високою точністю на основі аналізу результатів роботи бортової системи реєстрації польотних даних. Це пов'язано з необхідністю обліку ресурсу повітряного судна [4,5].

Час $T_{\text{підг}}$ характеризується сукупним значенням напрацювання об'єкту під час попередньої підготовки повітряного судна, підготовки до повторного вильоту та післяпольотної підготовки, а саме:

$$T_{\text{підг}} = T_{\text{ПП}} + T_{\text{ПдП}} + T_{\text{ПВ}} + T_{\text{ПсП}}.$$

Тут $T_{\text{ПП}}$ - сукупне напрацювання об'єкту під час виконання попередньої підготовки повітряного судна за календарний строк Z_n ; $T_{\text{ПдП}}$ - час роботи об'єкту в процесі виконання передпольотних підготовок до льотних змін за час Z_n ; $T_{\text{ПВ}}$ - сумарне значення часу роботи об'єкту під час підготовки повітряного судна до повторного вильоту за період Z_n ; $T_{\text{ПсП}}$ - загальний час функціонування об'єкту в процесі виконання всіх післяпольотних підготовок за строк Z_n .

Середнє значення часу t роботи об'єкту під час кожної перевірки визначається відповідними технічними картами видів підготовок. Сукупне значення часу роботи залежить від кількості льотних змін та їх напруженості за календарний строк Z_n і може бути визначено на основі наступних виразів:

- загальний час $T_{\text{ПП}}$ та $T_{\text{ПдП}}$ напрацювання об'єкту під час виконання відповідно попередньої та перед польотної підготовки за календарний строк експлуатації Z_n :

$$T_{\text{ПП}} = T_{\text{ПдП}} = \sum_{\rho=1}^P t_{\rho}^{(\text{ПП})},$$

де $t_{\rho}^{(\text{ПП})}$ - напрацювання об'єкту під час попередньої (передпольотної) підготовки повітряного судна до ρ -ої льотної зміни, який визначається відповідно до технічної документації, $\rho = \overline{1; P}$; P - кількість льотних змін за період Z_n ;

- час $T_{\text{ПВ}}$, який характеризує період функціонування об'єкту під час виконання всіх підготовок до повторного вильоту за період Z_n і визначається на основі виразу:

$$T_{\text{ПВ}} = \sum_{\rho=1}^P t_{\rho}^{(\text{ПВ})} \cdot k_{\rho}^{(B)} - 1,$$

де $t_{\rho}^{(\text{ПВ})}$ - час напрацювання об'єкту за одну підготовку до повторного вильоту ρ -ої льотної зміни, $\rho = \overline{1; P}$; $k_{\rho}^{(B)}$ - кількість вильотів за ρ -ту льотну зміну;

- напрацювання $T_{\text{ПсП}}$ об'єкту під час післяпольотної підготовки за період Z_n :

$$T_{\text{ПсП}} = \sum_{\rho=1}^P t_{\rho}^{(\text{ПсП})},$$

де $t_{\rho}^{(\text{ПсП})}$ - напрацювання об'єкту під час післяпольотної підготовки по виконанню ρ -ої льотної зміни, $\rho = \overline{1; P}$.

Тепер перепишемо формулу для напрацювання $T_{\text{підг}}$ об'єкту з врахуванням сформульованих виразів. В цьому випадку отримаємо:

$$T_{\text{підг}} = 2 \cdot \sum_{\rho=1}^P t_{\rho}^{(\text{ПП})} + \sum_{\rho=1}^P (t_{\rho}^{(\text{ПВ})} \cdot k_{\rho}^{(B)} - 1) + \sum_{\rho=1}^P t_{\rho}^{(\text{ПсП})},$$

$$\rho = \overline{1; P}.$$

Наступний етап розрахунку напрацювання $T_{\text{підг}}$ об'єкту під час підготовки передбачає оцінку часу роботи при виконанні регламентних та періодичних робіт. Проаналізуємо напрацювання $T_{\text{регл}}$ об'єкту, яке включає сумарний час роботи об'єкту в процесі циклу включення-вимкнення при виконання регламентних або періодичних робіт через термін R і визначається за формулою:

$$T_{\text{регл}} = \sum_{\eta=1}^N t_{\eta}^{(\text{регл})}, \quad N = \left[\frac{R}{Z_n} \right].$$

Тут $t_{\eta}^{(\text{регл})}$ - час напрацювання об'єкту в процесі виконання перевірки під час η -х періодичних робіт; N - кількість періодичних робіт за календарний строк Z_n , $\eta = \overline{1; N}$.

Для врахування часу функціонування об'єкту під час неперіодичних робіт на авіаційній техніці у разі відсутності лічильника напрацювання використовується величина $T_{\text{нпрд}}$, яка описує тривалість роботи під час робіт по зберіганню, робіт по сезонному обслуговуванню, робіт за бюлетенями, робіт по відновленню встановлених показників та інших нециклічних обслуговувань. Виконання визначених робіт відбувається відповідно до розпорядження посадових осіб інженерно-авіаційної служби або при виконанні умов щодо необхідності їх проведення. Тому завдання аналітичного опису величини $T_{\text{нпрд}}$ є достатньо складним. Облік напрацювання при цьому виконується за фактичним часом функціонування обладнання.

Час напрацювання $T_n^{(1)}$ об'єкту від моменту

життєвого циклу Q_{n-1} , у який відбулося відновлення працездатності об'єкту $A^{(1)}$. На відміну від параметра $T_{com}^{(1)}$, показник $T_n^{(1)}$ показує реальне напрацювання об'єкту не за весь строк експлуатації Q_N , а від моменту відновлення працездатності до відмови n , яка аналізується. Залежність між параметрами $T_{com}^{(1)}$ та $T_n^{(1)}$ має наступний вигляд:

$$T_n^{(1)} = T_{com}^{(1)} - \sum_{n=0}^{n-1} T_n^{(1)} = \sum_{i=0}^{n-1} Q_i^{(1)} - Q_{i-1}^{(1)} - Q_n^{(1)} - Q_{n-1}^{(1)}.$$

При цьому справедливою є система нерівностей:

$$\begin{cases} T_n^{(1)} \ll T_{com}^{(1)}, & n \rightarrow \max; \\ T_n^{(1)} = T_{com}^{(1)}, & n = 1. \end{cases}$$

Іншими словами, для випадку коли відбулась перша зміна технічного стану об'єкту з моменту початку життєвого циклу, тобто $n = 1$ реальний час напрацювання до відмови та загальне напрацювання об'єкту приймають однакове значення [8,9].

Необхідність врахування загальної кількості $H_{com}^{(1)}$ циклів включення-вимикання об'єкту пов'язана з появою перехідних процесів в електричних колах та напівпровідниках в результаті зміни їх стаціонарних станів в результаті включення або вимикання. В процесі технічної та льотної експлуатації повітряних суден не визначається порядок обліку кількості циклів включення-вимикання. Але в той же, час для розробки нейронної мережі прогнозування відмов обладнання, врахування впливу перехідних процесів на працездатність є важливим фактором забезпечення точності прогнозування. При цьому для забезпечення виявлення закономірностей на етапі навчання нейронної мережі значимим є не фактична кількість циклів включення-вимикання обладнання, а розраховане на основі єдиної методики значення $H_{com}^{(1)}$ для всіх об'єктів одного типу для формування навчальної вибірки.

Як один з можливих варіантів пропонується порядок розрахунку величини $H_{com}^{(1)}$ на основі обліку мінімальної можливої кількості циклів включення-вимикання обладнання в процесі технічної та льотної експлуатації об'єкту $A^{(1)}$ за календарний строк $Z_{com} = \{Z_n\}$ від моменту початку експлуатації та до моменту n -ї зміни стану об'єкту. Сумарне значення $H_{com}^{(1)}$ в цьому випадку буде визначатись на основі виразу

$$H_{com}^{(1)} = \sum_{n=1}^N H_n^{(1)}.$$

Тут під значенням $H_n^{(1)}$ розуміється кількість циклів включення вимикання з моменту відновлення стану об'єкту до наступної n -ї відмови за календарний період Z_n .

В свою чергу значення $H_n^{(1)}$ розраховується на

основі обчислення мінімальної можливої кількості $H_n^{(TO)}$ циклів в процесі технічного обслуговування та експлуатації та кількості $H_n^{(ЛЕ)}$ циклів включення вимикання об'єкту під час льотної експлуатації повітряного судна:

$$H_n^{(1)} = H_n^{(TO)} + H_n^{(ЛЕ)}.$$

Розглянемо кожен складову виразу для отримання значення $H_n^{(1)}$ окремо. Кількість циклів включення-вимикання $H_n^{(TO)}$ об'єкту в процесі технічного обслуговування та експлуатації включає цикли роботи об'єкту під час приведення його в установлений ступінь готовності, підтримання справності чи працездатності і в загальному випадку може визначатись за допомогою виразу:

$$H_n^{(TO)} = h_n^{(ПП)} + h_n^{(ПдП)} + h_n^{(ПВ)} + h_n^{(ПсП)} + h_n^{(регл)} + h_n^{(нпрд)}.$$

Тут $h_n^{(ПП)}$ - сумарна кількість циклів включення-вимикання об'єкту під час попередньої підготовки повітряного судна до польоту за календарний період Z_n ; $h_n^{(ПдП)}$ - сумарна кількість циклів включення-вимикання об'єкту під час підготовки обладнання до повторного вильоту за календарний час Z_n ; $h_n^{(ПВ)}$ - загальна кількість циклів під час виконання підготовки обладнання до повторного вильоту за період календарного строку Z_n ; $h_n^{(ПсП)}$ - кількість циклів включення-вимикання об'єкту під час виконання всіх післяпольотних підготовок повітряного судна за період Z_n ; $h_n^{(регл)}$ - кількість циклів включення-вимикання під час проведення регламентних та періодичних робіт за період часу Z_n експлуатації об'єкту; $h_n^{(нпрд)}$ - кількість циклів включення-вимикання при виконанні неперіодичних робіт за період часу Z_n .

Порядок виконання та об'єм операцій при здійсненні видів підготовок визначається на основі регламенту технічного обслуговування. Звідси при обчисленні кількості h_n необхідно враховувати кількість циклів включення-вимикання об'єкту при виконанні однієї підготовки. У випадку, якщо підготовка обладнання вимагає одного циклу включення-вимикання об'єкту, величина h_n може бути обчислена з використанням загальної кількості P льотних змін за період календарного строку Z_n . Тоді кількість h_n циклів для кожного виду робіт буде визначатись наступним чином:

- кількість $h_n^{(ПП)}$, $h_n^{(ПдП)}$ та $h_n^{(ПсП)}$ відповідно для всіх попередніх підготовок, передпольотних підготовок та післяпольотних підготовок буде визначатись на основі рівняння:

$$h_n^{(ПП)} = h_n^{(ПдП)} = h_n^{(ПсП)} = P,$$

де P - кількість виконаних льотних змін або окремих вильотів за календарний строк Z_n ;

- кількість $h_n^{(ПВ)}$ циклів включення-вимикання об'єкту при виконанні підготовки до повторних вильотів за період Z_n розраховується наступним чином:

$$h_n^{(ПВ)} = \sum_{\rho=1}^P k_{\rho}^{(B)} - 1,$$

де $k_{\rho}^{(B)}$ - кількість вильотів за ρ -ту льотну зміну;

- кількість $h_n^{(регл)}$ циклів включення-вимикання при проведенні регламентних та періодичних робіт за календарний строк Z_n

$$h_n^{(регл)} = \left[\frac{R}{Z_n} \right],$$

де R - термін виконання періодичних або регламентних робіт;

- кількість $h_n^{(нпрд)}$ циклів включення-вимикання під час неперіодичних робіт (роботи по зберіганню, роботи за бюлетенями, роботи по сезонному обслуговуванню і т.д.) розраховується за фактичною кількістю.

Перепишемо формулу для отримання $H_n^{(ТО)}$ з врахуванням розглянутих виразів. В цьому випадку отримаємо:

$$H_n^{(ТО)} = 3 \cdot P + \sum_{\rho=1}^P (k_{\rho}^{(B)} - 1) + \left[\frac{R}{Z_n} \right] + h_n^{(нпрд)}.$$

Розрахунок кількості $H_n^{(ЛЕ)}$ циклів включення-вимикання об'єкту під час льотної експлуатації повітряного судна можливо здійснити за рахунок обліку кількості вильотів повітряного судна за період Z_n , в яких здійснювалось вмикання обладнання. Для випадку, коли вмикання обладнання здійснювалось у кожному вильоті кількість $H_n^{(ЛЕ)}$ буде розраховуватись по формулі:

$$H_n^{(ЛЕ)} = P.$$

Розраховане на основі запропонованого правила значення $Hcom^{(1)}$ об'єкту $A^{(1)}$ може відрізнятись від реального значення $Hcom'^{(1)}$ кількості циклів включення-вимикання. Тоді величина $D(Hcom; Hcom')$, яка характеризує ступінь відмінності реальної кількості $Hcom'^{(1)}$ та кількості $Hcom^{(1)}$, розрахованої на основі запропонованого правила, буде приймати значення $0 \leq D(Hcom; Hcom') \leq 1$ і розраховується наступним чином:

$$D(Hcom; Hcom') = \frac{Hcom}{Hcom'}.$$

Фізичний сенс метрики $D(Hcom; Hcom')$ полягає в тому, що показується яку частину складає величина $Hcom$ від реальної кількості $Hcom'$ циклів за період часу Z_n . У якості прикладу можна привести значення метрики

$D(Hcom; Hcom')$ для випадку, коли

$$Hcom^{(1)} = Hcom'^{(1)} \text{ та } Hcom^{(1)} = \frac{Hcom'^{(1)}}{2} :$$

$$D(Hcom; Hcom') = \begin{cases} 1, & \rightarrow Hcom^{(1)} = Hcom'^{(1)}, \\ 0,5 & \rightarrow Hcom^{(1)} = \frac{Hcom'^{(1)}}{2}. \end{cases}$$

Особливістю визначеної метрики є те, що для кількості циклів $Hcom$ та $Hcom'$ різних об'єктів значення $D(Hcom; Hcom')$ буде еквівалентним, а саме:

$$D(Hcom^{(1)}; Hcom'^{(1)}) \approx D(Hcom^{(2)}; Hcom'^{(2)}).$$

Це обумовлено тим, що метрика $D(Hcom; Hcom')$ може розглядатись в тому числі, як показник, який характеризує точність та адекватність запропонованого правила визначення кількості $Hcom$ і прийматиме однакове значення для різних об'єктів з однаковими умовами застосування.

Також пропонується при формуванні вектору вхідних параметрів враховувати коефіцієнт циклічності відмов ϵ_n . Коефіцієнт ϵ_n формується на основі спектрального аналізу залежності напрацювання до відмову T_n типу обладнання від порядкового номеру відмови n , $n = 1; \bar{N}$. На основі коефіцієнт ϵ_c можливо виявити періодичність при кожній n -ій відмові. Іншими словами коефіцієнт ϵ_c можна інтерпретувати спектральну щільність напрацювання T через кожні n -ті відмови. Коефіцієнт ϵ_c розраховується на основі наступного виразу:

$$\epsilon_n = \sum_{i=1}^N T_n \left[\cos\left(\frac{2\pi n}{N} n\right) - i \sin\left(\frac{2\pi n}{N} n\right) \right],$$

де T_n - напрацювання об'єкту за період від моменту часу до Q_{n-1} моменту Q_n ; n - порядковий номер відмови.

Подальші дослідження щодо виявлення значущих факторів умов експлуатації обладнання з позиції умов експлуатації пов'язані з врахування можливості роботи одного типу обладнання на різних типах повітряних суден.

Висновки і перспективи подальших досліджень

На основі проведеного аналізу порядку технічної експлуатації в умовах виконання бойових завдань виявлено, що для своєчасної підготовки повітряних суден питання прогнозування відмов бортового обладнання набуває актуального значення. Як один із можливих варіантів для забезпечення розрахунку напрацювання конкретного об'єкту до відмови пропонується використовувати нейронні мережі.

Для виявлення значущих факторів, які впливають на працездатність обладнання, розглянуто класифікацію експлуатаційних факторів з позицій умов застосування, якості та

умов експлуатації. Розглянуті особливості впливу об'єктивних факторів на об'єкт дослідження. Проведено аналіз функціонування двох об'єктів одного типу в умовах еквівалентного впливу експлуатаційних факторів. Одними із складових вектору вхідних параметрів нейронної мережі запропоновано використовувати наступні параметри та показники обладнання: загальний час напрацювання об'єкту з моменту введення в експлуатацію, напрацювання з моменту останнього відновлення працездатності, загальна кількість циклів включення-вимикання об'єкту.

В основі розрахунку загального напрацювання об'єкту та напрацювання з моменту останнього відновлення працездатності об'єкту покладено облік напрацювання під час кожного вильоту повітряного судна, а також на землі при виконання робіт, які виконуються на авіаційній техніці

Література

1. Фененко О.О., Борисенко В.С., Трошин О.Н. Аналіз підготовки та застосування повітряних суден Збройних Сил України в антитерористичній операції. Харків. 2017. С. 3. 2. Соловійов В.І. Організація експлуатації військової авіаційної техніки :С-60 підруч. / [В. І. Соловійов, І. П. Коровін, С. М. Коротін та ін.]; за ред. В. І. Соловійова. - К. : НУОУ ім. Івана Черняховського. С. 2016. С. 196. 3. Правила інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України, затверджених наказом Міністерства оборони України від 05 липня 2016 № 343, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 08 серпня 2016 року за № 1101/29231; 4. Методичні рекомендації державної авіації з питань організації та виконання заходів інженерно-авіаційного забезпечення польотів та інших робіт на авіаційній техніці (МРДА-07/17) – наказ Начальника Управління регулювання діяльності державної авіації України (з основної діяльності) 08.09.2017 м. Київ № 40. 5. Павлюк О Прогнозування ймовірності роботи та відмови за заданої умови готовності симетричних ієрархічних систем, галужених до 4-го рівня, за допомогою штучних нейронних мереж. Львів. 2014. С. 2 6. Калініна І.О. Дослідження алгоритмів навчання

відповідно до документації інженерно-авіаційної служби.

Кількість циклів включення вимикання запропоновано розраховувати шляхом обліку мінімальної кількості вмикавання обладнання під час льотної та технічної експлуатації.

Аналіз значень напрацювання об'єкту показав можливість виявлення циклічності при кожній відмові. Для цього пропонується розраховувати коефіцієнт циклічності відмови на основі спектрального аналізу вектору напрацювання об'єктів для кожної конкретної відмови.

Наступний аналіз, щодо виявлення значущих факторів при побудові вектору вхідних параметрів нейронної мережі пов'язаний з виявленням особливостей застосування об'єктів одного типу.

нейронних мереж у задачах прогнозування. Київ. 2009. С. 2. 7. Кириченко А.А. Нейропакеты – современный интеллектуальный инструмент исследователя, 2013. С. 183. 8. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд., испр. : Пер. с англ. : ООО "И.Д. Вильямс", 2006. С. 1104. 9. Шмідхубер Дж. Глибоке навчання в нейронних мережах: огляд // Нейрові мережі. 2015. Вип. 61. С. 85–117. 10. Міколов Т., Карафіат М., Бургет Л., Чернокі Дж., Худанпур С. Мовна модель, що базується на нейромережевій мережі // 11-а щорічна конференція Міжнародної асоціації мовного спілкування. Японія. 2010. С. 1045–1048. 11. Даніл В. Прохоров. Нейронні мережі. 2008. № 21. С. 458–465. 12. Чернотуб А.Н. Оптична пам'ять та нейронні мережі (інформаційна оптика). 2012. № 2. С. 126-131. 13. Хайкін С. Нейронні мережі та навчальні машини. Prentice Hall. Нью-Йорк. 2009. №3 С. 936. 14. Нік Бостром. Суперінтелект: Шляхи, Небезпеки, Стратегії. Оксфорд University Press, 2014. 15. Рохас Р. Нейронні мережі: систематичний вступ. Спрингер. 2006. С. 113. 16. Барский, А.Б. Логічні нейронні мережі: Учебное пособие / А.Б.Барский: Біном, 2013. С. 352.

СЕЛЕКЦИЯ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Али Энверович Бекиров (кандидат технических наук)

Екатерина Андреевна Кругляк

Мария Михайловна Юзьвяк

Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Харьков, Украина

Статья посвящена исследованию актуального вопроса прогнозирования отказов бортового оборудования. Эффективность выполнения боевых задач экипажами воздушных судов Вооруженных Сил Украины зависит, в том числе от оперативной и качественной подготовки бортового оборудования к полетам. Большой срок эксплуатации существующего парка летательных аппаратов требует постоянного анализа технического состояния оборудования для предупреждения отказов. Существующие методы прогнозирования связаны с анализом статистических данных и метриками вероятности. Возможным альтернативным способом контроля работоспособности оборудования является использование нейронных сетей. Проблематика построения топологии нейронной сети прогнозирования отказов связана с необходимостью селекции значимых факторов, влияющих на оборудование в процессе эксплуатации. В статье рассматриваются наиболее важные факторы влияния с позиции условий применения, качества и условий эксплуатации. Выявляются зависимости между параметрами для одного объекта исследования и параметрами объектов одного типа при различных условиях применения. Осуществляется выбор следующих параметров оборудования для использования при построении нейронной сети: общее время наработки оборудования, время наработки оборудования

после последнего восстановления, общее количество циклов включения выключения и коэффициент цикличности отказа. Для каждого из параметров приводятся выражения, которые сформулированы с учетом особенностей технической и летной эксплуатации воздушных судов. Так, значение наработки объекта рассчитывается как суммарное время работы оборудования в полете и на земле при выполнении всех видов работ. Количество циклов включения-выключения предлагается рассчитывать на основе учета минимального количества применения оборудования в процессе эксплуатации. Также вводится коэффициент цикличности отказа, который предлагается вычислять на основе частотного анализа порядкового номера отказа и времени наработки объекта до конкретного отказа.

Ключевые слова: нейронная сеть, работоспособность оборудования, прогнозирование отказов.

SELECTION OF INPUT PARAMETERS OF THE NEURAL NETWORK FOR FORECASTING ONBOARD EQUIPMENT FAILURES

Ali Bekirov (Doctor of philosophy)
Kateryn Kruhliak
Mariia Yuzviak

Kharkiv National University of Air Force named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, Ukraine

The article is devoted to the study of the urgent issue of forecasting onboard equipment failures. The effectiveness of combat missions by aircraft crews of the Armed Forces of Ukraine depends on the operational and high-quality preparation of on-board equipment for flights. The long life of the existing fleet of aircraft requires constant analysis of the technical condition of the equipment to prevent failures. Existing forecasting methods are associated with the analysis of statistical data and probability metrics. A possible alternative way to monitor the health of equipment is to use neural networks. The problems of constructing the topology of the failure forecasting neural network is associated with the need to select significant factors affecting the equipment during operation. The article discusses the most important factors of influence in terms of application conditions, quality and operating conditions. Dependencies between the parameters for one object of study and the parameters of objects of the same type under various conditions of application are revealed. The following equipment parameters are selected for use in the construction of a neural network: total equipment operating time, equipment operating time after the last restoration, total number of on-off cycles and a failure cycle coefficient. For each of the parameters, expressions are given that are formulated taking into account the characteristics of the technical and flight operation of aircraft. So, the value of the operating time of the facility is calculated as the total time of the equipment in flight and on the ground when performing all types of work. The number of on-off cycles is proposed to be calculated based on the minimum amount of equipment used during operation. A failure cyclicity factor is also introduced, which is proposed to be calculated on the basis of a frequency analysis of the serial number of the failure and the operating time of the object to the specific failure.

Key words: neural network, equipment performance, failure forecasting.

References

- Fenenko O.O., Borisenko V.S., Troshin O.N.** (2017). Analysis of the preparation and use of aircraft of the Armed Forces of Ukraine in the anti-terrorist operation – Kharkiv. 3 p.
- Soloviev V.I.** (2016). Organization of operation of military aviation equipment: C-60 textbook. / [V. I. Solovyov, IP Korovin, SM Korotin, etc.]; in a row. VI Solovyov. - K.: NGOs them. Ivan Chernyakhovsky. S.196 p.
- The rules of engineering and aviation support** of the State Aviation of Ukraine, approved by the order of the Ministry of Defense of Ukraine dated July 05 (2016), No. 343, registered at the Ministry of Justice of Ukraine on August 08, 2016 under No. 1101/29231;
- State Aviation Methodological Recommendations** on the Organization and Implementation of Aviation Engineering and Aviation Measures (MRDA-07/17) - Order of the Head of the State Aviation Regulatory Authority of Ukraine (Main Activity) (08.09.2017), Kyiv No. 40
- Pavliuk. O.** (2014). Prediction of probability of failure and failure under a given condition of readiness of symmetric hierarchical systems, branching up to level 4, using artificial neural networks. Lviv. 2 p.
- Kalinina I.O.** (2009). Investigation of neural network training algorithms in forecasting tasks. Kiev. 113 p.
- Kirichenko A.A.** (2013) Neuropackages - a modern intellectual tool of a researcher. 183 p.
- Khaykin S.** (2006). Neural networks: a complete course, 2nd ed., Ispr. : Trans. with English. - M.: ID Williams LLC, 1104 p.
- Schmidhuber J.** (2015). Deep Learning in Neural Networks: An Overview // Neural Networks. Vol. 61. 85–117 p.
- Mikolov T., Karafiat M., Burget L.** (2010). Cernocky J., Khudanpur S. Recurrent neural network based language model // 11th Annual Conference of the International Speech Communication Association. Japan. 1045–1048 p.
- Danil V. Prokhorov.** Neural Networks. (2008). № 21. 458-465 p.
- Chernodub A.N.** (2012). Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). № 2. 126-131 p.
- Haykin S.** (2009). Neural Networks and Learning Machines, Third Edition. New York: Prentice Hall. 936 p.
- Nick Bostrom.** (2014). SuperIntelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press.
- Rojas R.** (2006). Neural Networks: A Systematic Introduction. Springer.
- Barsky A.B.** (2013). Logical neural networks: Textbook / AB Barsky: Binom, 352 p.

Юрій Васильович Кравченко (доктор технічних наук, професор)¹

Максим Георгійович Тищенко (кандидат технічних наук)¹

*Олександр Олександрович Шапран*¹

*Євген Олександрович Судніков*¹

*Валентин Геннадійович Твардовський*²

¹*Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна*

²*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

МЕТОДИКА РОЗРОБКИ WEB-ДОДАТКУ НА ОСНОВІ ПОРТАЛУ LIFERAY

Сервіси, доступні через веб-інтерфейс, стали невід'ємною складовою частиною сучасного світу. У зв'язку зі зростанням числа Web-додатків, їх підтримка і адміністрування стає все більш складним завданням. Таким чином, рано чи пізно практично перед будь-якою організацією постає завдання інтеграції цих сервісів.

Оптимальним варіантом вирішення описаної вище проблеми є розгортання корпоративного порталу, який забезпечить централізований доступ до всіх веб-сервісів організації.

В переважній більшості, розробники Web-додатків для вирішення зазначених задач використовують корпоративний портал Liferay, який є потужною та сучасною платформою з відкритим вихідним кодом. На теперешній час є одним з найбільш популярних рішень при побудові корпоративних порталів.

Але у розробників виникає проблема із наявністю у вільному доступі матеріалів та документації, яка б у повній мірі розкривала весь можливий спектр реалізації функціоналу платформи.

Отже, існує необхідність в детальному аналізі функціоналу та прикладів реалізації на основі порталу Liferay для розробки Web-додатків.

В статті проведено аналіз базового принципу розробки Web-додатків, його реалізацію в досліджуваному корпоративному порталі Liferay, а також в доступних для розробників модулях. Розкрито функціонал інструменту для розробки проектів Liferay Digital Experience Platform (DXP).

Проаналізована базова структура основних компонентів порталу для розробки корпоративних задач Liferay і на основі цієї інформації проаналізовані ефективні приклади реалізації цих компонентів, які можна застосовувати для створення структури Web-додатків будь-якого типу з будь-якими задачами.

Ключові слова: *Liferay; Web-додаток; Model View Controller; Liferay Digital Experience Platform.*

Вступ

У сучасному світі практично у кожної людини є доступ до Інтернету і велика частина з них користується ним майже кожен день. Веб-програмування швидко стає привабливою і високооплачуваною сферою діяльності в нашому світі. І одна з найбільш неприємних проблем, з якими зіштовхуються веб-програмісти – це постійне повторення написання базового коду при створенні нових Web-додатків.

Кожен новий проект має приблизно однакову початкову структуру: розробник пише новий набір таблиць баз даних, новий API, новий набір класів CSS та HTML, новий набір функцій JavaScript. Переважно всі додатки чи сайти мають опцію реєстрації на сайті, а також вхід до свого профілю та вихід з нього. Коли розробники дотримуються кращих практик реалізації такого функціоналу – він, переважно, співпадає з написаним кодом у всіх сайтах та додатках. Фактично відбувається повторюваність одних і тих самих дій, що може

привести до типових помилок, а програмування на те й існує, щоб автоматизувати процеси, в яких людина може створити помилку. Існує необхідність щоб існувала платформа, яка б надавала базовий набір функцій, що дадуть розробнику для початкового розроблення усього того функціоналу і, відповідно, коду, що повторюється. На сьогодні існують такі платформи: IBM Websphere, SharePoint, Drupal, Liferay, Adobe Experience Manager, Magento, Jahia [2, 4, 5, 7].

Постановка проблеми. Враховуючи базову структуру основних компонентів порталу для розробки корпоративних задач Liferay, необхідно розробити ефективні приклади реалізації цих компонентів, які можна застосовувати для створення Web-додатків. Ці реалізації мають бути без спеціалізованого налаштування і підходити для будь-якого типу Web-додатку. Потрібно розробити реалізацію загального варіанту

контролера типу Model View Controller (MVC) Portlet, а також окремі реалізації для спеціалізованих контролерів, таких як MVC команди дії, MVC команди візуалізації, MVC команди ресурсів, які мають опрацьовувати конкретні бізнес процеси в додатках. А для взаємодії будь-якого додатку з базою даних, не прив'язуючись до конкретної реалізації базою даних, необхідно розробити реалізацію такого компоненту, як Service Builder. Використовуючи всі ці реалізації основних компонентів Liferay Portal, розробник зможе розуміти принципи та ідеї, закладені в спеціальну реалізацію шаблону MVC від Liferay, і застосовувати ці компоненти в будь-якому Web-додатку, а також використовувати та модернізувати вже існуючі в Liferay DXP загальні програми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Матеріали для початку роботи з цією платформою обмежуються лише офіційною документацією Liferay Portal [1] та декількома посібниками Йонаса Юань [15,16].

У роботі Саміра Бхатт [17] розглянуті архітектурні варіанти та найкращі практики. Зосереджено увагу про наслідки різних архітектурних варіантів, про те, як налаштувати портал Liferay для роботи в кластерному середовищі. Обговорюються різні варіанти, доступні в конфігурації кластера. Також зазначені різні варіанти конфігурації різних компонентів, які доступні для підвищення продуктивності.

Нажаль, всі ці матеріали доступні лише англійською мовою та не в повному обсязі дають змогу зрозуміти архітектуру побудови Web-додатків.

Отже, ця стаття може допомогти українським розробникам швидше навчитись використовувати цей потужний інструмент для розробки власних проектів та для проведення досліджень при створенні Web-додатків на базі Liferay Portal або в разі необхідності доопрацювати або модернізувати вже створені проекти, що базуються на цьому корпоративному порталі

Метою статті є проведення аналізу основних інструментів для розробки в корпоративному порталі Liferay та розкриття функціональності компонентів MVC Portlet, MVC Action Command, MVC Render Command, MVC Resource Command та Service Builder, що презентуватимуть варіант ефективного використання portalу Liferay для розробки сайтів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Портал Liferay – платформа для розробки програмного забезпечення Open Source Enterprise, заснована на сучасній технології J2EE. Liferay простіший за WebSphere [5] і гнучкіший, ніж SharePoint [6]. Це як динамічна, так і високо масштабна платформа, за допомогою якої створюються красиві інтерактивні веб-сайти та портали підприємств. Liferay DXP містить кілька

функціональних підрозділів під назвою портлет, які пропонують широкую підтримку багатьох мов програмування, таких як Java, C++, PHP, .NET та багато інших. Цих причин достатньо, щоб розглянути можливість впровадження порталів Liferay у своїх організаціях, проте є багато інших переконливих, таких як:

1. Повне рішення потреб підприємств. Є два видання Liferay. Видання Community та видання Enterprise. Видання Enterprise надає всю підтримку управління організацією для всіх заходів, пов'язаних із розробкою веб-порталів, оскільки вся програма може бути розроблена без написання єдиного рядка коду. У виданні Community Liferay є багато портлетів та доповнень, які працюють на стимулювання між різними розробками порталів Enterprise.

2. Ефективність. Ви можете розробити свій корпоративний портал, не сплачуючи ні копійки. Liferay – це рішення з низьких витрат на розробку portalу, оскільки воно не передбачає витрат на ліцензування як таких. Однак, можливо, вам доведеться заплатити за Enterprise видання, щоб мати можливість використовувати всі його готові реалізації.

3. Проста реалізація. Liferay базується на платформі Java. Таким чином, реалізувати свою програму легко, використовуючи безліч ресурсів, які вже доступні на ринку як в Інтернеті, так і в автономному режимі.

4. Гнучкість розвитку. Liferay може інтегруватися практично з усіма застарілими системами ERP та CMS. Він також передбачає інтеграцію із сучасними та старими технологіями, такими як JBoss, Spring, Hibernate та інші бази даних [11]. Це дозволяє ефективно розробникам змінювати конфігурації та параметри системи для використання відповідно до ваших вимог.

5. Сумісність з UI/UX. Він може працювати з CSS, XHTML, HTML5 та низкою інших технологій проектування. Крім того, динамічна функція “Drag and Drop” робить цікавою для розробників та користувачів переміщувати різні об'єкти на своїх порталах.

6. Персоналізований досвід. Liferay дозволяє користувачам персоналізувати сторінки своїх веб-сайтів та веб-порталів. Це дозволяє надійній системі управління вмістом підприємства легко додавати (редагувати або видаляти) та змінювати вміст на порталах та веб-сайтах з можливістю зробити його загальнодоступним або приватним, що робить його найкращою платформою цифрового досвіду.

7. Упорядкований робочий процес. Liferay надає унікальні API робочого процесу для кращого користувацького досвіду. Використовуючи ці інструменти, користувач може заощадити час та уникнути небезпеки розвитку. Liferay дозволяє користувачам створювати та застосовувати власний робочий процес із спеціальними сутностями.

8. Вихідні модулі. Інструмент Liferay постачається з більш ніж 60 готовими до використання портлетами. Ці портлети завжди в режимі перетягування та розгортання. І той же портлет може використовуватися для адміністрування різних веб-сайтів одним користувачем.

Створення Liferay MVC Portlet. Що для цього знадобиться:

модуль, який публікує компонент портлета з необхідними властивостями;

код контролера для обробки запиту та відповіді;

JSP для реалізації шару перегляду.

Попутно потрібно знати, як викликати сервіси зі свого контролера та як передавати інформацію з рівня перегляду в контролер. Важливо не забувати, що для реалізації портлету Liferay MVC наявні два шляхи. Якщо додаток є невеликим за функціональністю, який не буде важким для логіки контролера (можливо, всього лише кілька способів дій), то можна помістити весь код свого контролера в клас – Portlet. Якщо є більш складні потреби (безліч дій, складна логіка візуалізації для реалізації або, можливо, навіть якийсь код обслуговування сервісу), краще подумати про розбиття контролера на класи MVC Action Command, MVC Render Command та MVC Resource Command [12-14].

MVC Action Command (команда дії). Liferay MVC фреймворк дозволяє розділити методи дії вашого портлету на окремі класи. Це може бути дуже корисно для портлетів, які мають багато дій. Кожна URL-адреса дії в JSP-програмах вашого портлету тоді викликає відповідний клас дій, коли це необхідно.

Спочатку використовується тег `<portlet:actionURL>`, щоб створити URL-адресу дії у своєму JSP. Наприклад, дія редагування запису в щоденнику в додатку “Блоги Liferay” визначається у файлі `edit_entry.jsp` таким чином:

```
<portlet:actionURL name="/blogs/edit_entry"
    var="editEntryURL" />
```

Коли запускається URL-адреса дії, відповідний клас дій обробляє дію. Потрібно реалізувати дію, створивши клас, який реалізує інтерфейс `MVCActionCommand`. Щоб уникнути написання кодів кодової панелі, клас `*MVCActionCommand` повинен поширити клас `BaseMVCActionCommand` замість того, щоб безпосередньо застосовувати `MVCActionCommand`. Клас `BaseMVCActionCommand` вже реалізує `MVCActionCommand` і надає багато корисних реалізацій методів. Надавати ім'я класу `*MVCActionCommand` враховуючи дію, яку він виконує, є хорошою практикою. Наприклад, якщо дія редагує якийсь запис, можна назвати її клас `EditEntryMVCActionCommand`.

MVC Render Command (команда візуалізації). Для використання команд візуалізації MVC потрібні такі речі:

впровадження інтерфейсу `MVCRenderCommand`;

URL-адреса відображення портлету у шарі представлення;

компонент, який публікує послугу `MVCRenderCommand` з двома властивостями.

MVC Resource Command (команда ресурсів). Використовуючи Liferay MVC фреймворк, можна створювати URL-адреси ресурсів у JSP для отримання зображень, XML або будь-якого іншого виду ресурсу з екземпляра Liferay. Потім URL-адреса ресурсу викликає відповідний командний клас ресурсу MVC (`*MVCResourceCommand`), який обробляє запит та відповідь на ресурс.

Спочатку використовується тег `<portlet:resourceURL>`, щоб створити URL-адресу ресурсу в JSP. Наприклад, файл `/login-web/src/main/resources/META-INF/resources/navigation/create_account.jsp` портлету для входу визначає наступну URL-адресу ресурсу для отримання образу CAPTCHA під час створення облікового запису:

```
<portlet:resourceURL id="/login/captcha"
    var="captchaURL" />
```

Коли запускається URL-адреса ресурсу, клас `*MVCResourceCommand`, що відповідає, обробляє запит та відповідає. Можна створити цей клас, застосувавши інтерфейс `MVCResourceCommand` або розширивши клас `BaseMVCResourceCommand`. Останнє може заощадити час, оскільки воно вже реалізує `MVCResourceCommand`.

Крім того, непогано назвати клас `*MVCResourceCommand` відповідно ресурсу, яким він обробляє, і додати як суфікс до `MVCResourceCommand`. Наприклад, командний клас ресурсу, що відповідає попередній URL-адресі ресурсу CAPTCHA в портлеті входу, є `CaptchaMVCResourceCommand`. У додатку з декількома класами команд MVC це допоможе розрізнити їх.

Service Builder – компонент для взаємодії з БД. Першим кроком у використанні `Service Builder` [8] є визначення модельних класів та їх атрибутів у файлі `service.xml`. Розташування цього файлу зазвичай знаходиться в кореневій папці `*`-сервісного модуля, хоча розробник може налаштувати інструмент збирання, щоб розпізнати його з інших каталогів. У термінології `Service Builder` класи моделей називаються об'єктами. Наприклад, програма “Закладки” має два об'єкти: `BookmarksEntry` та `BookmarksFolder`. Вимоги до кожного з цих об'єктів визначені в службі модуля закладок `service.xml`, вказаному в елементах `<column />`.

Після того як `Service Builder` прочитає файл `service.xml`, розробник може визначити свої сутності. `Liferay Developer Studio` дозволяє легко визначити об'єкти у файлі `service.xml` для програми. Щоб визначити спеціальну сутність, потрібно виконати ряд дій.

Визначення інформації про глобальну службу. Глобальна інформація сервісу стосується

всіх її суб'єктів, тому це хороше місце для початку. У Liferay Developer Studio необхідно вибрати вузол Service Builder у верхньому лівому куті режиму огляду файлу service.xml. На рис.1

представлена форма Service Builder, в якій можна вводити глобальну інформацію сервісу. Як видно нижче з рис.1, поля містять шляхи пакета сервісу, автора та простору імен.

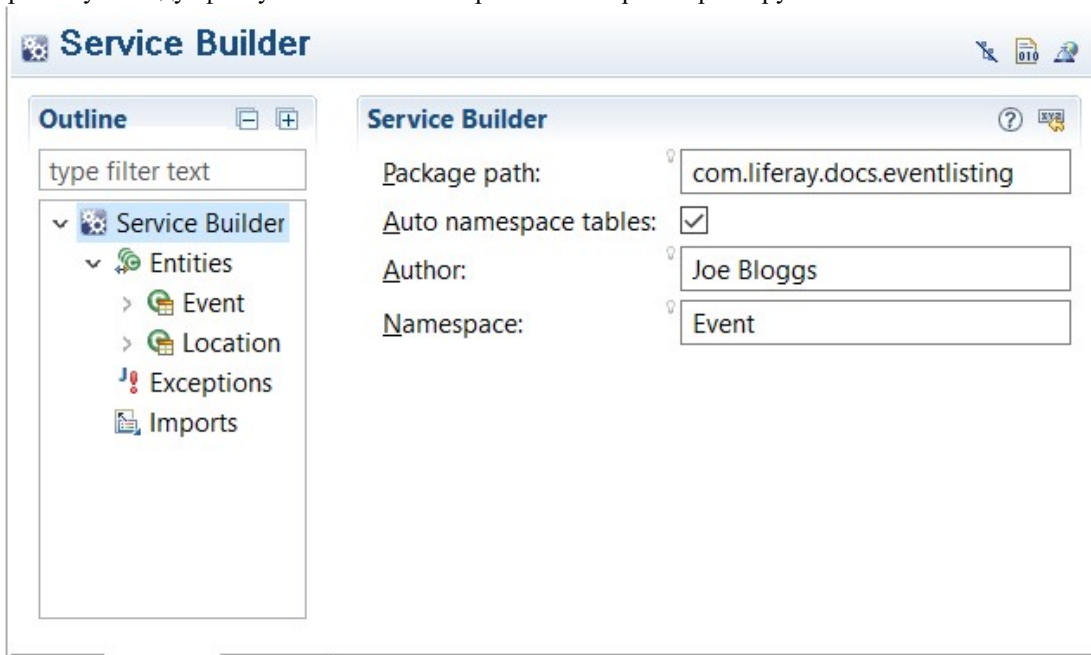


Рис. 1. Форма Service Builder з вигаданої програми “Список даних про події”, “service.xml”

Шлях пакета вказує пакет, в якому створюються сервісні та персистентні класи. Шлях пакета, визначений вище, гарантує, що класи обслуговування генеруються в пакеті com.liferay.docs.eventlisting в модулі *-api. Класи персистентності генеруються в однойменному пакеті *- сервісного модуля. Наприклад, розробник може подивитися в модулях закладок - api та модулях служб закладок, щоб переглянути приклад того, як вони автоматично створюються для.

Service Builder використовує простір імен служб для іменування таблиць баз даних, які він створює для послуги. Наприклад, подія може служити простором імен для сервісу портлету Event Listing.

```
<namespace>Event</namespace>
```

Service Builder використовує простір імен у таких сценаріях SQL, які він генерує у папці src/main/ресурси/META-INF/sql:

```
indexes.sql
sequences.sql
tables.sql
```

Варто зауважити, що місце папки для зберігання створених сценаріїв SQL можна налаштувати. Наприклад, якщо використовується Ant, розробник може налаштувати аргумент у своєму build.xml, подібному до цього:

```
<arg value="service.sql.dir=${basedir}/../sql!"/>
```

Якщо розробник використовує Gradle, він може визначити налаштування sqlDir у файлі build.gradle проекту або у файлі Maven pom.xml так само, як у наведених нижче прикладах застосовується налаштування databaseNameMaxLength. Liferay DXP використовує ці сценарії для створення

таблиць баз даних для всіх об'єктів, визначених у файлі service.xml. Service Builder попередньо додає простір імен до імен таблиці бази даних. Оскільки значенням простору імен вище є Event, імена таблиць баз даних, створених для об'єктів, починаються з Event_ як їх префікса. Простір імен для кожного проекту Service Builder повинен бути унікальним. Окремі плагіни повинні використовувати окремі простори імен і не повинні використовувати простір імен, які вже використовуються Liferay (наприклад, Users або Groups).

Gradle build.gradle

```
buildService {
    ...
    databaseNameMaxLength = 64
    ...
}
```

Maven pom.xml

```
<configuration>
    ...
<databaseNameMaxLength>64</databaseNameMaxL
ength>
```

```
</configuration>
```

Як останній фрагмент глобальної інформації, можна вести ім'я як автора служби у файл service.xml. Service Builder додає анотації @author із вказаним іменем до всіх створених Java-класів та інтерфейсів. Потрібно зберегти файл service.xml, щоб зберегти додану інформацію. Потім розробник може додати об'єкти для подій та місцеположень сервісу.

Визначення сутностей сервісу. Сутності – це серце і душа служби. Сутності представляють

карту між об'єктами моделі на Java та полями і таблицями у базі даних. Після того, як сутності визначені, Service Builder обробляє відображення автоматично, надаючи можливість приймати об'єкти Java та зберігати їх. Для програми Закладки створено два об'єкти відповідно до його служби .xml – один для записів закладок та один для папок закладок. Ось підсумок інформації, що використовується для об'єкта BookmarksEntry:

- назва: Закладки;
- місцева служба: так;
- віддалене обслуговування: так.

Ось що було використано для сутності BookmarkFolder:

- назва: Закладки;
- місцева служба: так;

віддалене обслуговування: так.

Щоб створити сутності за допомогою програми Liferay Developer Studio, потрібно вибрати вузол Entities під вузлом Builder служби в контурі зліва від редактора service.xml у режимі огляду. У головній частині перегляду важливо зауважити, що таблиця Entities порожня. Необхідно створити об'єкт, натиснувши на значок Додати об'єкт (+) праворуч від таблиці. Далі потрібно ввести ім'я організації та, якщо розробник хоче генерувати локальні та віддалені послуги для цієї організації можна додавати стільки об'єктів, скільки потрібно. Додавання об'єктів сервісу легко за допомогою режим *Overview* програми Liferay Developer Studio у файлі `service.xml`, який зображено на рис. 2.

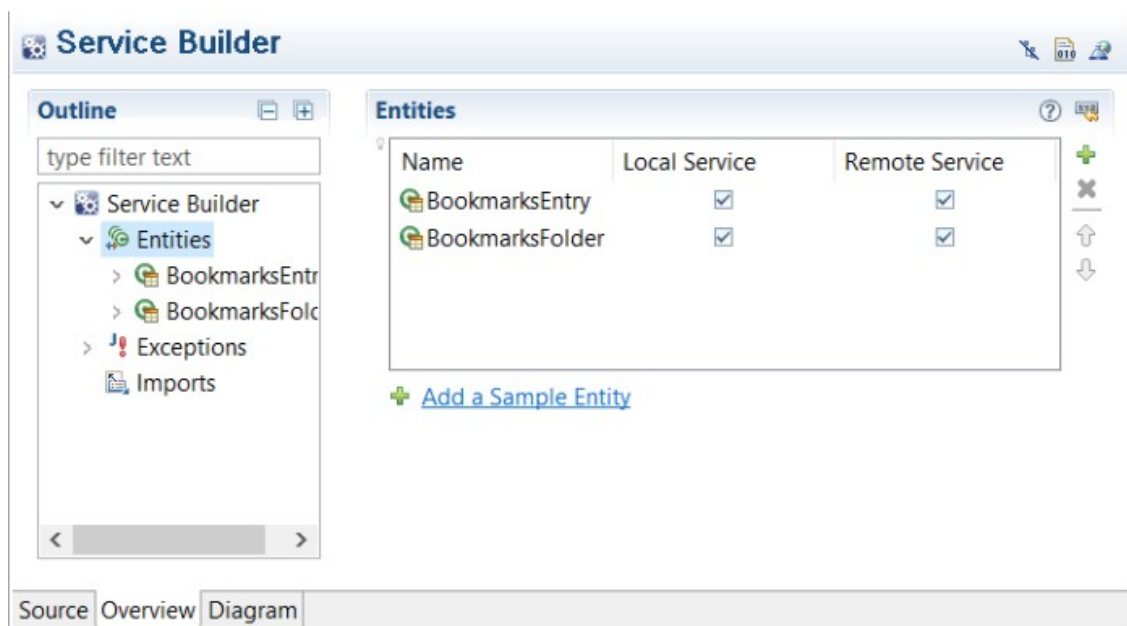


Рис. 2. Режим *Overview* програми Liferay Developer Studio у файлі `service.xml`

Ім'я організації використовується для імені таблиці бази даних для збереження екземплярів сутності. Фактична назва таблиці бази даних має префікс простору імен; у прикладі Закладки створюється одна таблиця бази даних з назвою Bookmarks_BookmarksEntry та інша назва Bookmarks_BookmarksFolder.

Встановлення атрибуту локального сервісу на істинний інструктор Builder Service генерує локальні інтерфейси для служб суб'єкта господарювання. Значення за замовчуванням для локального сервісу – false. Локальні сервіси можна викликати лише з сервера Liferay, на якому вони розміщені. Тому, якщо ваша програма буде розгорнута до Liferay, сервіс буде локальний з точки зору вашого сервера Liferay. Встановлення атрибуту віддаленого сервісу на істинний інструктор Builder Service створює віддалені інтерфейси для сервісу. Значення за замовчуванням для віддаленої служби є true. Розробник може створити повністю функціональний додаток без генерації віддалених служб. У такому випадку можна встановити

локальну службу на true, а віддалену службу на false для своїх організацій. Якщо необхідно ввімкнути віддалений доступ до служб свого додатка, слід встановити значення true як для місцевої, так і для віддаленої служби.

Визначення стовпців (атрибутів) для кожної організації. Кожна сутність описується своїми стовпцями, які представляють атрибути суб'єкта. Ці атрибути відображаються з одного боку на полях таблиці, а з іншого – на атрибути об'єкта Java. Щоб додати атрибути для сутності, потрібно перейти до її стовпців у режимі огляду контуру файлу service.xml. З контуру розгорнути вузол Entities і розгорнути вузол сутності. Потім вибрати вузол Стовпці. Liferay Developer Studio відображає таблицю стовпців організації.

Service Builder створює поле бази даних для кожного стовпця, який ви додаєте у файл service.xml. Він відображає тип поля бази даних, відповідний типу Java, визначеному для кожного стовпця, і це робить для всіх баз даних, що підтримують Liferay. Після запуску Service Builder він генерує конфігурацію Hibernate, яка обробляє

об'єктно-реляційне відображення. Service Builder автоматично генерує методи getter/setter у класі моделі для цих атрибутів. Ім'я стовпця вказує ім'я, яке використовується у геттерах та сеттерах, створених для поля Java-сутності організації. Тип стовпця вказує тип Java для цього поля для сутності. Якщо значення атрибута Основного (тобто первинного ключа) стовпця встановлено на істинне, то стовпець стає частиною первинного ключа для сутності.

Первинний ключ сутності – це унікальний ідентифікатор для сутності. Якщо лише для одного стовпця встановлено значення true, то цей стовпець представляє весь первинний ключ для сутності. Однак можна використовувати кілька стовпців як основний ключ для сутності. У цьому випадку комбінація стовпців складає складний первинний ключ для сутності. Аналогічно тому, як використовувалася таблиця форм для додавання об'єктів, потрібно додати стовпці атрибутів для кожної сутності.

Кожен атрибут можна створити, натиснувши на значок Додати (+). Потім заповнити ім'я атрибута, вибрати його тип та вказати, чи це первинний ключ для сутності. Поки курсор знаходиться у полі Тип стовпця, з'являється значок опції. Потрібно натиснути на цей значок, щоб вибрати відповідний тип стовпця. І так потрібно створити стовпець для кожного атрибуту сутності чи сутностей.

До того ж, можна додати стовпці, щоб допомогти перевірити свої сутності. Наприклад, можна створити стовпець з назвою createDate типу Date, щоб відзначити дату створення екземпляра сутності. І додати стовпець з назвою

modifiedDate типу Date, щоб відстежувати останній раз, коли екземпляр сутності був змінений. Приклад такої сутності з додатковими стовпцями наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Примітивний приклад сутності користувача з первинним ключем та стовпцями, що відповідають за аудит сутності

Назва	Тип	Первинний ключ
userId	long	+
createDate	Date	-
modifiedDate	Date	-

Визначення відносин між сутностями. Як було сказано раніше, кожна закладка повинна мати папку. Отже, кожен об'єкт BookmarksEntry повинен мати відношення до сутності BookmarksFolder. Режим діаграм програми Liferay Developer Studio для service.xml спрощує відповідні об'єкти. Спочатку потрібно вибрати режим діаграми для файлу service.xml. Потім виберіть параметр "Зв'язок" у розділі "З'єднання" на палітрі правої сторони екрана. Цей інструмент взаємозв'язку допомагає скласти відносини між сутностями на діаграмі. Далі вибрати свою першу сутність і пересунути курсор на об'єкт, з яким потрібно пов'язати його. Liferay Developer Studio малює пунктирною лінією від вибраної сутності до курсору. Далі необхідно натиснути на другу сутність, щоб завершити малювання відносин. Liferay IDE перетворює пунктирну лінію в суцільну лінію, стрілка вказує на другу сутність. Далі потрібно зберегти файл service.xml. Це можна побачити на рис. 3.

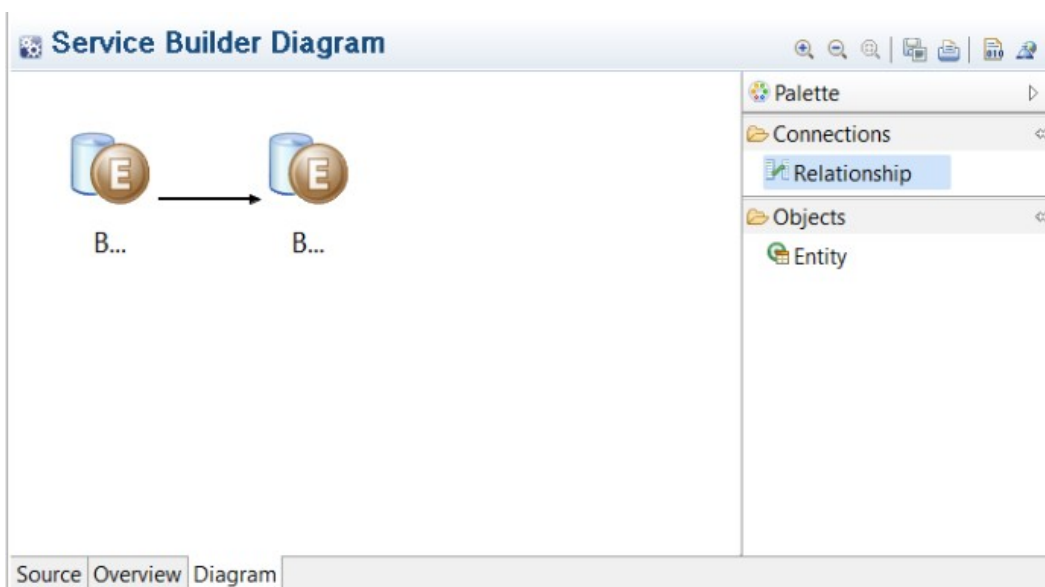


Рис. 3. Режим *Diagram* програми Liferay Developer Studio для `service.xml`

Визначення сортування екземплярів Service Entity Liferay дає змогу вказати типовий порядок об'єктів у файлі service.xml. Припустимо, є необхідність повернути сутності BookmarksEntry в алфавітному порядку за назвою. Вказати ці

значення за замовчуванням легко за допомогою Liferay Developer Studio. Потрібно повернутися до режиму огляду в редакторі файлу service.xml. Потім вибрати вузол "Порядок" під вузлом сутності в контурі зліва від зображення. IDE

відображає форму для сортування обраної сутності.

Потрібно встановити прапорець “Вказати порядок”, щоб відобразити форму для встановлення порядку. Далі створити стовпець замовлення, натиснувши значок Додати (+)

Визначення методів пошуку екземплярів сутностей. Методи Finder витягують об’єкти сутності із бази даних на основі заданих параметрів. Service Builder генерує кілька методів на основі кожного пошуку, який розробник створює для сутності. Він створює методи для отримання, пошуку, видалення та підрахунку екземплярів сутності на основі параметрів пошуку. Для багатьох застосунків важливо мати можливість знаходити його об’єкти на одному сайті. Можна вказати ці пошукові методи, використовуючи режим огляду служби Liferay Developer Studio в service.xml. Далі потрібно вибрати вузол Finders під вузлом сутності в

праворуч від таблиці. Потім ввести назву стовпця (наприклад, ім’я, дату тощо), яку потрібно використовувати для сортування об’єкта. Натиснути піктограму “Огляд” та вибрати опцію “Висхідний” або “Нисхідний”. Це впорядковує сутності у порядку зростання чи зменшення. контуру в лівій частині екрану. IDE відображає порожню таблицю Finders у головній частині подання. Тут створюється новий пошук, натиснувши значок Додати (+) праворуч від таблиці. Після чого вказуємо методу ім’я та тип повернення. Під новим вузлом пошуку IDE створив вузол стовпців Finder. Розробнику потрібно вибрати вузол “Стовпці шукача”, щоб вказати стовпці для параметрів пошуку.

Потім створити новий стовпець пошуку, натиснувши піктограму Додати та вказавши його ім’я. Можна вказати кілька параметрів (стовпців) для пошуку. Приклад створення методів для пошуку можна побачити на рис. 4.

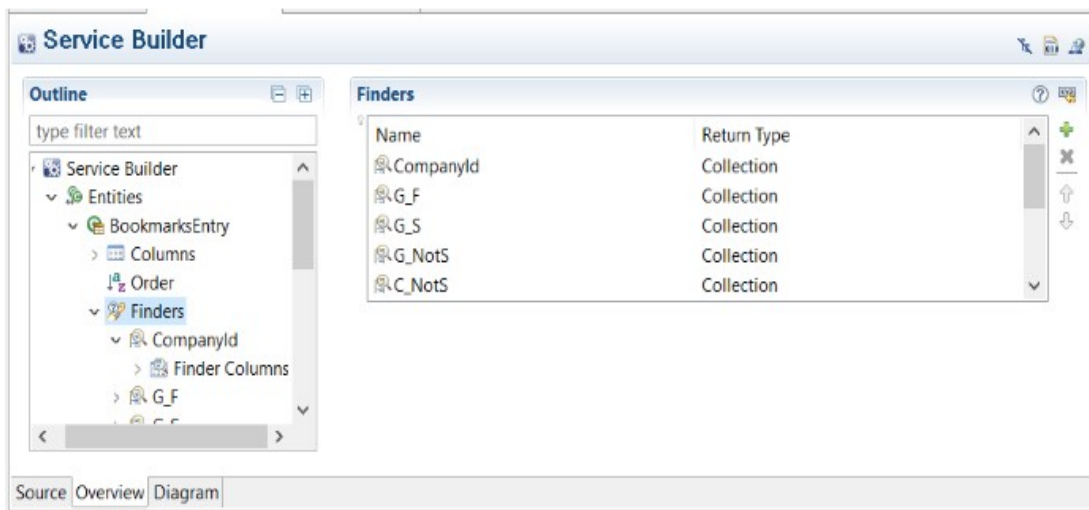


Рис. 4. Створення об’єктів Finder за допомогою Liferay Developer Studio

Після запуску Service Builder, він генерує пов’язані з пошуком методи (наприклад, findById, findByGroupId, removeByGroupId, countByGroupId) для організацій у класах *Persistence та *PersistentImpl. Перший із цих класів - інтерфейс, другий - це його реалізація.

Наприклад, програма Bookmarks генерує свої методи пошуку сутностей у класах -Persistence, що знаходяться в /bookmarks-api/src/main/java/com/liferay/bookmarks/service/persistent папці та класах -PersistenceImpl в /bookmarks-service/src/main/java/com/liferay/bookmarks/service/persistent/impl папці. Щоб створити сервіс з файлу service.xml, використовується Liferay Developer Studio або вікно терміналу.

Використання Liferay Developer Studio. Відкриваючи програму Package Explorer, необхідно відкрити файл service.xml з кореневої папки*- сервісного модуля. За замовчуванням файл відкривається в Service Builder Editor. При цьому потрібно перебувати в режимі огляду. Потім натиснути кнопку “Будувати послуги” у

верхньому правому куті зображення. Приклад панелі зображення можна побачити на рис. 5.

Ще один простий спосіб запустити програму Service Builder - це натиснути правою кнопкою миші на ім’я проекту в Package Explorer, а потім вибрати Liferay → build-service.

Використання терміналу. У вікні терміналу потрібно перейти до кореневої папки проекту модуля, яка повинна знаходитись у каталозі модулів Liferay Workspace. Liferay Workspace пропонує середовище побудови Gradle або Maven. Для проектів Gradle потрібно ввести таку команду в кореневу папку проекту модуля, щоб створити сервіси:

gradlew buildService

Для Maven відповідно:

mvn service-builder:build.

Коли послуга успішно створена, у вікні терміналу з’являється повідомлення BUILD SUCCESSFUL. Також можна побачити, що у проекті було створено велику кількість файлів. Ці файли включають рівень моделі, рівень обслуговування та рівень стійкості.

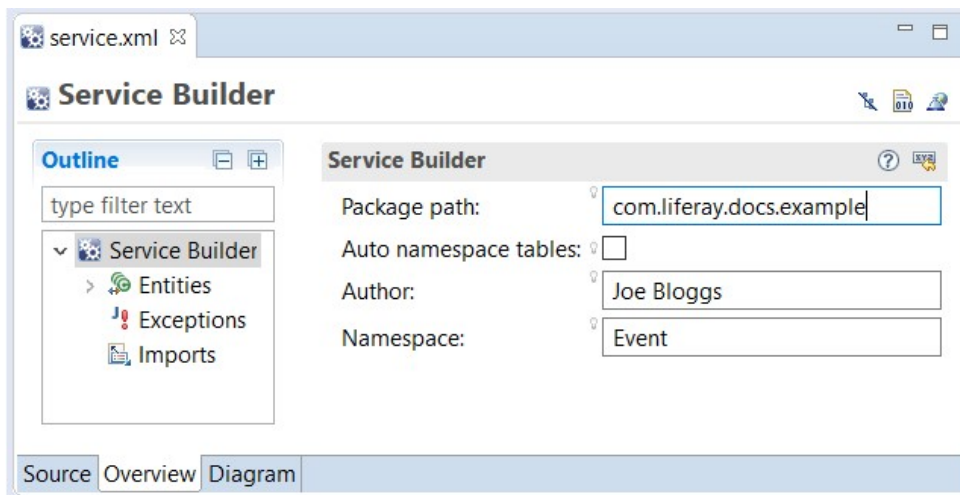


Рис.5. Режим огляду в редакторі

Кожен файл, який генерує Service Builder, збирається з пов'язаного шаблону FreeMarker. Ви можете знайти шаблони FreeMarker Service Builder у модулі portal-tools-service-builder. Наприклад, якщо ви хочете дізнатися, як створюється файл *ServiceImpl.java, просто подивіться на шаблон service_impl.ftl.

З усіх класів, згенерованих Service Builder, лише три слід змінювати вручну: *LocalServiceImpl, *ServiceImpl та *Impl. Якщо вручну модифікувати інші класи, зміни будуть перезаписані наступного разу, коли Service Builder буде запущено. Щоразу, коли розробники додають методи, видаляють методи або змінюють підпис методу класу *LocalServiceImpl, класу *ServiceImpl або *Impl, слід запустити Service Builder знову для відновлення порушених інтерфейсів та служби JAR.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Проаналізувавши компоненти для розробки сайтів MVC Portlet [9, 10] було проаналізовано найбільш вдалу конфігурацію WEB-модулю з уточненням особливостей OSGi мета-даних. При аналізованні логіки контролера MVC портлета отримані приклади (для випадків з малою кількістю функціоналу у додатка) як реалізувати всі основні методи для опрацювання дій, візуалізації та опрацювання ресурсів у одному портлеті. А також надана конфігурація шару представлень (JSP) для виклику методів портлета. Для додатків з великою кількістю функціональності реалізуються окремі команди, що використовуються в залежності від задачі, яку необхідно виконати на стороні сервера.

Функціонал для MVC команди дії містить пояснення параметрів, компонентів та властивостей, що необхідні для застосування

Література

1. **Spring 4** для професіоналів: [навчальний посібник] / Кріс Шеффер, Кларенс Хо та Роб Харроп – 4-е видання – М.: “Вільямс”, 2015. – 752 с. – ISBN 978-5-8459-19992-2. 2. **Liferay**, Inc. Introduction to Liferay Development. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

команди дії, а також пояснення як прив'язати URL посилання, що створиться в JSP, до конкретного класу команди дії.

Функціонал для MVC команди візуалізації містить приклад впровадження MVCRenderCommand, створення URL до портлету візуалізації і, відповідно, реєстрації MVCRenderCommand для ідентифікації під час виклику з URL посилання. А також приклади оперування різними кінцевими візуалізаціями макетів (JSP) в залежності від описаної логіки команди.

Функціонал для MVC команди ресурсів містить принципи реєстрації команди ресурсів в OSGi модулі для ідентифікації сервісу під час ініціювання запиту на обробку ресурсів зі сторони сервера. А також пояснення реєстрації ідентифікатора для використання його в JSP і коротке пояснення коректного іменування класу команди.

Функціонал для Service Builder компоненту містить опис для коректного створення service.xml файлу, що використовується для опису повного опису сутностей, які після запуску компонент автоматично створить у підключеній базі даних, а також опис коректного глобального налаштування Service Builder в проекті. Реалізація містить визначення сутностей сервісу і, відповідно, стовпців сутностей, а також визначення відносин між сутностями і тип сортування сутностей під час отримання їх екземплярів з бази даних. В кінці зазначено визначення методів пошуку екземплярів сутностей і засобів для створення сервісу в результаті всіх попередніх налаштувань.

Таким чином проаналізовані функціонали можна використовувати для розробки Web-додатку, використовуючи основні компоненти порталу Liferay.

<https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360018156791-Introduction-to-Liferay-Development>. 3. **Soft-Werke Co. Ltd**, What is Adobe Experience Manager. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://soft-werke.com/en/services/aem/> 4. **Smile**, Що таке Jahia?

[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://smile-ukraine.com/ua/jahia/introduction>. **5. Wikipedia, WebSphere.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebSphere>. **6. Wikipedia, SharePoint.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SharePoint>. **7. Using Drupal:** [навчальний посібник] / Анжела Байрон, Еддісон Беррі, – 1-е видання – O'REILLY, 2010. – 494 с. – ISBN 978-0-596-51580-5. **8. Liferay, Inc. Service Builder.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.liferay.com/hc/en-us/sections/360002519091-Service-Builder>. **9. Liferay, Inc. Liferay MVC Portlet.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360018159451-Liferay-MVC-Portlet>. **10. Liferay, Inc. Creating an MVC Portlet.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360017880432-Creating-an-MVC-Portlet#creating-an-mvc-portlet>.

11. Liferay, Inc. Spring MVC. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360017880512-Spring-MVC>. **12. Liferay, Inc. MVC Action Command.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360017880452-MVC-Action-Command>. **13. Liferay, Inc. MVC Render Command.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360018159471-MVC-Render-Command>. **14. Liferay, Inc. MVC Resource Command.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360018159491-MVC-Resource-Command>. **15. Robert Chen. Liferay Beginner's Guide.** [Текст] – Packt Publishing Ltd – 2011. – с. 325. **16. Samir Bhatt. Liferay Portal Performance Best Practices.** [Текст] – Packt Publishing Ltd – 2013. – с. 122. **17. Jonas X. Yuan. Liferay Portal 6 Enterprise Intranets.** [Текст] – Packt Publishing Ltd – 2010. – с. 74.

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОРТАЛА LIFERAY

Юрий Васильевич Кравченко (доктор технических наук, профессор)¹

Максим Георгиевич Тищенко (кандидат технических наук)¹

Александр Александрович Шапран¹

Евгений Александрович Судников¹

Валентин Геннадьевич Твардовский²

¹*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

²*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина*

Сервисы, доступные через веб-интерфейс, стали неотъемлемой частью современного мира. В связи с ростом числа Web-приложений, их поддержка и администрирование становится все более сложной задачей. Таким образом, рано или поздно практически перед любой организацией стоит задача интеграции этих сервисов.

Оптимальным вариантом решения описанной выше проблемы является развертывание корпоративного портала, который обеспечит централизованный доступ ко всем веб-сервисам организации.

В подавляющем большинстве разработчики Web-приложений для решения указанных задач используют корпоративный портал Liferay, который является мощной и современной платформой с открытым исходным кодом. В настоящее время является одним из наиболее популярных решений при построении корпоративных порталов.

Но у разработчиков возникает проблема с наличием в свободном доступе материалов и документации, которая в полной мере раскрывала весь возможный спектр реализации функционала платформы.

Следовательно, существует необходимость в детальном анализе функционала и примеров реализации на основе портала Liferay для разработки Web-приложений.

В статье проведен анализ базового принципа разработки Web-приложений, его реализацию в исследуемом корпоративном портале Liferay, а также в доступных для разработчиков модулях. Раскрыто функционал инструмента для разработки проектов Liferay Digital Experience Platform (DXP).

Проанализирована базовая структура основных компонентов портала для разработки корпоративных задач Liferay и на основе этой информации проанализированы эффективные примеры реализации этих компонентов, которые можно применять для создания структуры Web-приложений любого типажа и с любыми задачами.

Ключевые слова: Liferay; Web-приложение; Model View Controller; Liferay Digital Experience Platform.

METHOD OF DEVELOPING WEB APPLICATIONS BASED ON LIFERAY PORTAL

Yurii Kravchenko (Doctor of Technical Sciences, Professor)¹

Maksym Tyshchenko (Candidate of Technical Sciences)¹

Oleksandr Shapran¹

Yevhen Sudnikov¹

Valentyn Tvardovskyi²

¹*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

²*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

Services accessible through a web interface have become an integral part of the modern world. With the growing number of Web applications, their maintenance and administration are becoming an increasingly difficult task. Thus, sooner or later almost any organization faces the task of integrating these services.

The best solution to the problem described above is to deploy a corporate portal that will provide centralized access to all web services in the organization.

The vast majority of Web application developers use the enterprise portal Liferay, which is a powerful and modern open-source platform, to solve these problems. Currently, it is one of the most popular solutions for building corporate portals.

However, developers have a problem with the availability of materials and documentation that would fully reveal the full range of possible implementation of the functionality of the platform.

Therefore, there is a need for a detailed analysis of the functionality and implementation examples based on the Liferay portal for the development of Web applications.

The article analyzes the basic principle of Web application development, its implementation in the researched corporate portal Liferay, as well as in the modules available to developers. The functionality of the Liferay Digital Experience Platform (DXP) project development tool is revealed.

The basic structure of the main components of the portal for the development of corporate tasks Liferay is analyzed and based on this information, effective examples of implementation of these components are analyzed, which can be used to create a structure of Web-applications of any type and with any tasks.

Keywords: Liferay; Web Application; Model View Controller; Liferay Digital Experience Platform.

References

- 1. Kris Sheffer** (2015), Spring 4 for professionals: [Spring 4 dlja professionalov], Moscow, Vil'jams, 752 p.
- 2. Liferay, Inc.** Introduction to Liferay Development. [Electronic resource]. URL: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360018156791-Introduction-to-Liferay-Development>.
- 3. Soft-Werke Co. Ltd**, What is Adobe Experience Manager.[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://soft-werke.com/en/services/aem/>
- 4. Smile, Що таке Jahia?** [Electronic resource]. URL: <https://smile-ukraine.com/ua/jahia/introduction>.
- 5. Wikipedia, WebSphere.** [Electronic resource]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebSphere>.
- 6. Wikipedia, SharePoint.** [Electronic resource]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SharePoint>.
- 7. Anzhela Bairon, Eddison Berri** (2010), Using Drupal: O'REILLY, 494 p.
- 8. Liferay, Inc.** Service Builder. [Electronic resource]. URL: <https://help.liferay.com/hc/en-us/sections/360002519091-Service-Builder>.
- 9. Liferay, Inc.** Liferay MVC Portlet. [Electronic resource]. URL: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360018159451-Liferay-MVC-Portlet>.
- 10. Liferay, Inc.** Creating an MVC Portlet. [Electronic resource]. URL: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360017880432-Creating-an-MVC-Portlet-#creating-an-mvc-portlet>.
- 11. Liferay, Inc.** Spring MVC. [Electronic resource]. URL: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360017880512-Spring-MVC>.
- 12. Liferay, Inc.** MVC Action Command. [Electronic resource]. URL: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360017880452-MVC-Action-Command>.
- 13. Liferay, Inc.** MVC Render Command. [Electronic resource]. URL: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360018159471-MVC-Render-Command>.
- 14. Liferay, Inc.** MVC Resource Command [Electronic resource]. URL: <https://help.liferay.com/hc/en-us/articles/360018159491-MVC-Resource-Command>.
- 15. Robert Chen**, (2011). Liferay Beginner's Guide. Packt Publishing Ltd, p. 325.
- 16. Samir Bhatt** (2013), Liferay Portal Performance Best Practices. Packt Publishing Ltd, p. 122.
- 17. Jonas X. Yuan**, (2010), Liferay Portal 6 Enterprise Intranets, Packt Publishing Ltd, p. 74.

Alexandru Herciu (Doctor of science, professor)

National Defense University of Romania "Carol I", Bucharest, Romania

THE CURRENT OPERATIONAL ENVIRONMENT FROM THE PERSPECTIVE OF CBRN HAZARDS

In the current context, the most prominent menace to global security prevails, the same it was 50 years ago, the feasibility of using the nuclear arsenal. This arsenal continues to be renewed, incorporating increasingly advanced technologies and state-of-the-art vectors capable of transporting these means at very high speeds and almost unlimited distances.

A significant feature of modern military conflicts is the multidimensional nature, specific to hybrid warfare. Unconventional hybrid threats should also consider the possible use of chemical, biological, radiological, and nuclear weapons of mass destruction (CBRN WMD) and the generation of destruction or sabotage incidents, which may result in contamination with toxic industrial materials (TIMs).

The current operational environment appears crystallized in a new, more refined, and sophisticated form of the Cold War, with two major classical strategic blocs, namely NATO and partner countries, on the one hand, and the Russian Federation as the opposite pole. The two great actors are not the only constituent elements of the current geostrategic ensemble. Added to this are the conflict in Syria, tensions in Israel and Palestine, the complicated US-Iran relationship over the last state's nuclear program, the volatility of the Kim Jong-un regime in North Korea and, last but not least, the rise of China and India as economic and military superpowers. In this study, we will detail the basics of international law in the possession, production, and use of CBRN agents, the declared arsenals of weapons of mass destruction of main world actors, and how CBRN agents had been used in recent conflicts.

Keywords: hybrid threats, CBRN weapons of mass destruction, toxic industrial materials.

Introduction

In recent years, we have seen a trend of reconsideration of the significance of the Arctic, both by the US and Canada, but especially by the Russian Federation. Thus, the Russian Federation has developed a set of regulations on the notification 45 days in advance of the crossing by warships belonging to other states of the Northern Maritime Route and the presence on board of authorized Russian pilots. The Northern Sea Route (NSR) connects Western European ports in the North Sea or the Russian Sea, such as Murmansk or Arkhangelsk, with the Bering Strait and stretches along the entire northern Russian coast. Moreover, Russia has expanded its infrastructure and presence in the Arctic from a military point of view, in order to control the North Seaway area better and to strengthen the security of its national territory.

For a better perception of the current geostrategic situation in the Arctic, it is necessary to display, from a historical point of view, the evolution of this area's security situation. First of all, it should be mentioned that the northern part of the Russian Federation, located in the vicinity of NSR, is very rich in natural resources.

Problem statement. The current security environment is defined by a kaleidoscope of hazards, risks, and threats which define the hybrid nature of conflicts, especially concerning those taking place in Eastern and South-Eastern Europe. These hazards, risks and threats incorporate - in addition to those of a conventional and irregular nature - those of an

unconventional variety, including chemical, biological, radiological, and nuclear weapons of mass destruction and similarly toxic industrial materials.

Analysis of recent research and publications. The scientific reports and papers that the author recently studied revealed that although there have been multiple significant CBRN incidents recently - with extraordinary strategic implications - there is a tendency to diminish their importance in the economy of military conflicts. From our point of view, special attention must be paid to these hazards, which have shown that humanity is far from eradicating them, primarily when we refer to the nuclear arsenal, which has seen a revival of warhead vectors. The trend shows us that most plausible, they will be used in the tactical field to counterbalance for the lack of strength of the main actors with a global vocation, to which our country can join in the context of alliance or coalition.

The aim of the article. This study highlights the fact that, in the current security context, chemical, biological, radiological, and nuclear hazards still exist, despite the extraordinary efforts made by international bodies to eradicate them. These dangers with disastrous effects on military and civilian personnel, as well as on the environment, and which call into question the very existence of life on earth, must be taken into account in the planning of military operations so that the forces can carry out its missions even in the worst possible case, that of using CBRN WMD. This desideratum is only possible by

apprehending the CBRN threats and understanding the destructive potential of these weapons.

Statement of the main material

Challenges in the current operational environment and the tendencies of manifestation of modern military conflicts.

Since the Cold War, the former USSR's administration has ordered the location of airbases, radar stations, and anti-aircraft batteries to defend the northern shores of the USSR. The Arctic in the vicinity of the North Pole, northern Canada, and the US state of Alaska and the Bering Sea, between 1961 and 1991, witnessed continuous probing and interception of US and Soviet submarines, the US and Canadian air force aircraft on the one hand and the Soviets on the other. Since the shortest route, both for strategic bombing aircraft and the continental missiles between the USA and Russia is above the North Pole, and the two states tried to place detection equipment and air bases as far north as possible. Thus, the USSR managed to build an airbase on the island of Graham Bell in the Franz Joseph Archipelago, the northernmost military runway in the USSR, located only 896 kilometers south of the North Pole. The history of this airbase summarizes very well the past and present the geopolitical situation of the Arctic. It presents the desire to reaffirm itself as a world power of Russia: established in the mid-1950s as an effect of intensifying the air reconnaissance of US military aviation in the area, operating as a stopover and refueling point for Soviet military aircraft until 1991, it was abandoned during the collapse of the USSR, and reopened in 2012 under Russia's geostrategic ambitions to reaffirm Russia's great world power.

Another defining element of the military evolution of the Russian Arctic is the performance of nuclear tests. Between 1955 and 1990, in the Novaya Zemlya archipelago area, a number of 130 nuclear, 88 atmospheric, 39 underground, and three underwater tests [1] took place, of which we mention the most massive nuclear explosion in history, namely the "Tsar's Bomb" tested on October 30, 1961, and had an estimated power of 50-58 megatons, about 4,200 times stronger than the Hiroshima nuclear explosion (12 kilotons). One of the last nuclear weapons tests in the Russian Arctic took place on August 8, 2019, probably with a Burevestnik SSC-X-9 Skyfall rocket, which exploded during the tests, killing eight people, five scientists in the field of armaments [2]. This type of missile, which is still in the development phase, uses a nuclear propulsion system that could theoretically give it an unlimited range. On August 9, 2019, the Russian nuclear power agency Rosatom confirmed the radioactive emission at the Nyonoksa missile test site near Severodvinsk, the Arkhangelsk region of northern Russia. It said it was linked to an accident involving the testing of a "Radioisotopic sources for a liquid-fueled rocket". This incident led to significant increases in radiation levels in the area of Severodvinsk city. According to official data published by the Russian agency TASS, the radiation level in the area of Severodvinsk exceeded about three

times the maximum allowed level of 0.6 microsieverts per hour, recording for a 30-minute value of 2 microsieverts per hour.

In recent years, we have seen an increase in the military activity of the Russian Federation, which involves the conduct of large-scale military exercises, including the exercise "Vostok 18" in which the Russian Federation participated with a number of 300,000 soldiers, of which an estimated that 75,000-100,000 fighters, 1,000 aircraft (aircraft and helicopters), 80 battleships and 36,000 armored and unarmored technical means [3].

Such significant participation had not taken place since the Soviet era, since 1981, when the ZAPAD-1981 exercise took place. In the Arctic area, this exercise was attended by elements of the Marines and Motorized Infantry, as well as the Northern Fleet, which carried out actions of amphibious landing on the shores of the Chukchi Sea. The Russian administration's level of interest in the Arctic has materialized through the construction of a modern military base at Nagurskoye on Alexandra Island in the Franz Joseph Archipelago, about 600 km east of the Svalbard Archipelago and 1,350 kilometers north of Murmansk. Russia is also building four other Arctic military bases at Rogachevo, Cape Schmidt, Wrangel, and Sredniy [4]. If we follow the geographical arrangement of these bases, we can understand that they are arranged from west to east, from Murmansk to the Bering Strait, along the northern sea route.

These actions also have a discouraging role and are directed against NATO or non-NATO entities that could, from Russia's perspective, threaten national security and their nature reserves.

Another aspect of the current confrontational environment is the hybrid threat or hybrid warfare. The concept of hybrid action may be the result of "a kaleidoscope of conventional and unconventional components, in the context of the emergence and expansion of new forms of aggression, influence, and coercion." [5].

A defining peculiarity of the hybrid conflict is the continuous fluctuation between conventional and unconventional actions. For example, on August 24, 2014, when unconventional pro-Russian paramilitary forces appeared to suffer defeat by the Ukrainian armed forces in Donetsk and Luhansk, it generated a conventional reaction from Russia, sending established battalion-level combat elements to Russia, to prevent the offensive.

From the point of view of the specific issue regarding CBRN support, the hybrid confrontation environment requires a sophisticated, multidimensional approach. The issue of threats to the use of means of weapons of mass destruction by an enemy that is very difficult to identify is complemented by operations of sabotage and industrial destruction that can have critical effects on military forces, the population, and the environment. As an example, we mention that one of the worst environmental incident reported in the contact area between Ukrainian and separatist forces was caused

by the flooding of coal mines in the Donbas area, which led to contamination of water sources, increases in radioactivity in the area and thus generating a massive ecological disaster [6].

Typology of CBRN actors and threats in the current operational environment

Nuclear hazard.

In terms of destruction capabilities, nuclear weapons are by far the biggest menace. After the United States, several states developed their programs and subsequently conducted nuclear tests. The Soviet Union conducted the first nuclear test in 1949, followed by Britain in 1952, France in 1960, and China in 1964. Aware of the danger posed by the

uncontrolled number of nuclear warheads, the United States initiated the Nuclear Non-Proliferation Treaty in 1968 (NPT), and, in 1996, together with other states, the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty. The Nuclear Non-Proliferation Treaty has been signed by 191 states, including the United States, Russia, the United Kingdom, France, and China. India, Israel, Pakistan, and North Korea have refused to join the NPT, and North Korea announced its withdrawal in 2003. According to the latest assessments in 2019, the global nuclear arsenal totals an estimated 14,000 nuclear warheads, of which 9,500 are operational. [7].

figure no. 1.

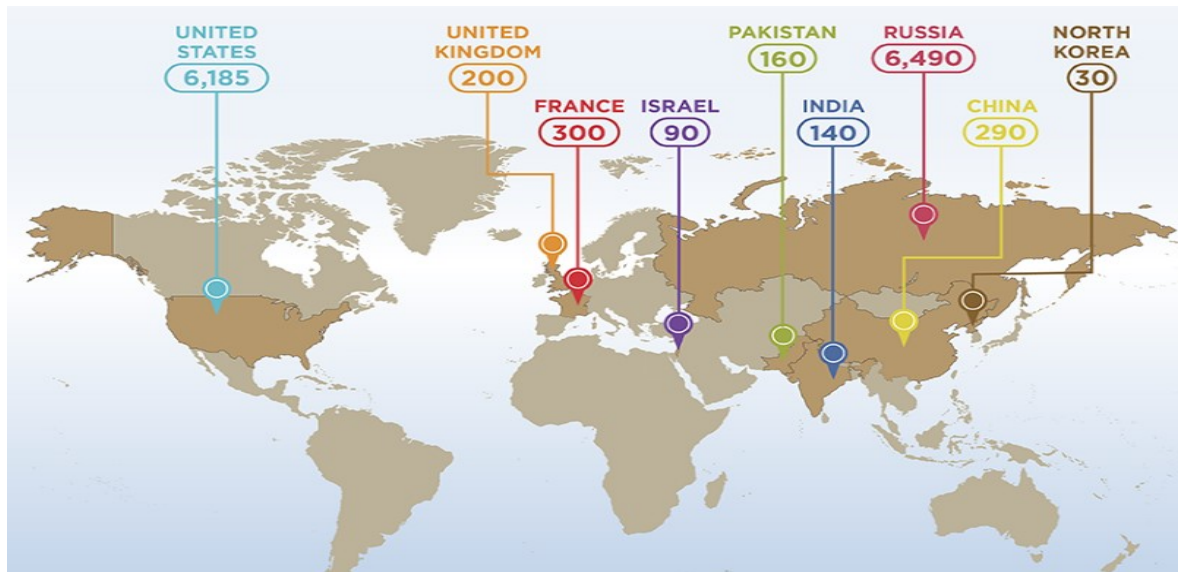


Figure no. 1. - The global inventory of nuclear warheads in 2019

Chemical and biological hazards

Since antiquity and later in the Middle Ages, chemical and biological means (poisoned arrows, toxic fumes, biologically contaminated corpses) had a negative effect. They were considered inhuman and treacherous, even by the standards of those times. The first attempt to regulate the prohibition of these means took place in 1675 when a treaty was signed in Strasbourg between France and Germany on the prohibition of the use of poisoned bullets. Subsequent treaties signed in 1874 in Brussels, in 1899 and 1907 in Hague on the prohibition of the use of toxic gases on the battlefield, did not prevent the use of more than 124,000 tons of chlorine, mustard and other toxic substances in the First World War, causing the death of over 90,000 people and the injury of over 1,000,000. In 1925, in Geneva, a protocol was signed, banning the use of toxic gases and biological means to avoid repeating the horrors of the First World War.

The suspicion that one of the strategic opponents of the Cold War could use weapons of mass destruction caused the chemical and biological arsenal of the US and the Soviet Union to increase rapidly, the quantities being in the order of tens of thousands of tons [8]. After a long period of negotiations, the very existence of these enormous quantities compelled the establishment of the Organization for the Prohibition

of Chemical Weapons (OPCW) in 1997, intending to ensure the destruction of the entire world chemical arsenal. At the time of the establishment of the OPCW, the following countries owned or developed chemical or biological programs: Albania, China, Cuba, Egypt, India, Iran, Iraq, Israel, Libya, North Korea, South Korea, Russia, Sudan, Syria, Taiwan, and the USA.

Due to the measures taken and the open policy on the elimination of the chemical and biological arsenal, gradually, Albania, India, Iraq, Libya, South Korea - and after Taiwan's statement - completely neutralized the stocks held. Cuba, Egypt, and Iran, although they have the necessary facilities for research in the field of microbiology and have the capability to produce toxic fighting substances, are in line with the provisions of the OPCW.

The *United States* and *Russia* are a select, separate category between these actors, primarily due to their interests and the vast amounts of chemical and biological agents they have ever had. For example, until the start of chemical neutralization, Russia reported to the OPCW the existence of about 40,000 tons of chemicals, including Vx, sarin, soman, mustard, lewisite, mustard-lewisite mixture and phosgene! In the same context, the USA reported the existence of 27,770 tons of war chemicals [9]!

Although it is estimated that almost 90% of the reported chemical arsenal has been destroyed, both Russia and the US accuse each other of not giving up the entire chemical arsenal altogether, which is most likely right!

Israel, also in this situation - as in the case of nuclear weapons - did not provide sufficient information respecting the chemical arsenal, but this position should be considered as a reaction to the unusual situation of the Jewish state which has a complicated geostrategic position, being surrounded by extremely hostile state and non-state entities.

The countries with the most volatile policy regarding the possession and use of chemical and biological weapons are North Korea, Syria, and Sudan.

North Korea. The Pyongyang regime will likely consider the use of the biological weapon as a military option. In 2012, the South Korean Ministry of Defense estimated that North Korea is capable of producing biological agents such as anthrax, smallpox, plague, tularemia, and hemorrhagic fever. Clear evidence that the North Korean regime would not hesitate to use biological and chemical weapons of mass destruction occurred in February 2017. Then North Korean agents used the neuroparalytic agent Vx to assassinate Kim Jong Nam, the dictator's stepchildren of the president Kim Jong Un at Kuala Lumpur Airport, in Malaysia [10].

Regarding warfare chemicals, it is estimated that North Korea has considerable quantities, belonging to all classes of toxic substances, for military use.

Syria. It is estimated that Syria has biological agents, but there is not much information on the agents' type and quantity. The only certain information is that in July 2014, Syria stated that it has production facilities and stocks of purified ricin oil. Although Syria told the OPCW that it destroyed 1,308 tonnes of mustard gas in January 2016, likely, there will still be significant amounts of toxic fighting substances in Syria, including VX, sarin, blistering agents, but especially chlorine, which can be used as a combat gas, without being part of the list of toxic substances needed to be declared to the OPCW. Even worse is the fact that Syria can launch these agents with SCUD type missiles. Between 2012 and 2018, there were about 300 chemical attacks in Syria [11], mostly attributed to government forces.

The worst chemical munitions attack in Syria occurred on August 21, 2013, in a suburb of Damascus, Gouta. This attack, carried out with artillery missiles, with sarin ammunition, resulted in at least 281 dead [12], half of them women and children. The French Ministry of Defense issued these data based on a detailed analysis, recorded images, and the study of the injured's pathology. Another particularly severe attack occurred on April 4, 2017, at Khan Shaykuh, probably also with sarin, and resulted in 74 dead and over 500 injured. This particularly severe event prompted the reaction of US President Donald Trump to order a Tomahawk missile attack on Shayrat Air Base, where the attack is believed to have taken place. figure no. 2.



Figure no. 2. - Graphic representation of the worst chemical attacks in Syria

It should be noted that the Syrian government has vehemently denied any involvement in these attacks, and has argued that it is most often a matter of hitting insurgent chemical weapons depots. Another important aspect is that Russia, as a supporter of the Bashar al-Assad regime, has used its veto power at UN assemblies to prevent international reprisals against the Damascus regime.

Sudan. Sudan has been facing a civil war since December 2013 that has killed more than 400,000 people. In one of the major conflicts of this war, namely the offensive of government forces against the rebels in Jebel Marra in January 2016, it is estimated that chemical weapons were used, namely toxic bladder fighters [13]. As the access of representatives of world human rights organizations, doctors, or

chemical weapons specialists had been denied, the estimate of these toxic means usages was made exclusively based on the testimonies of victims as well as those who provided medical care and the few images recorded with victims of these attacks.

From this synthesis, it follows that the danger of using chemical and biological weapons is as current as possible, despite international organizations' efforts to eliminate these means from the arsenal of states. Moreover, any state with advanced chemical industry and research program can produce toxic substances that can be used in a potential conflict. Finally, the danger of the use of chemical, biological, and radiological agents by non-state entities or organizations for terrorist purposes must also be considered.

The hazard of releases other than attack (ROTA)

Many industrial facilities worldwide produce, process, or store chemicals that, although industrial use, can also be used as toxic fighting substances.

Contamination resulting from the discharge of toxic industrial substances or large-scale fires can cause contamination of air, land, and water, thus having significant implications for the environment. Consequently, it is mandatory for commanders at all tactical levels to know the sources of risk in the area of responsibility to be able to apply for the necessary CBRN protection following accidental or intentional contamination. To emphasize how dangerous these events can be, we note that the worst chemical industrial accident in history occurred on December 2, 1984, in Bhopal, India when about 40 tons of methyl isocyanate, a gaseous derivative of cyanide used in the production of pesticides they leaked from a tank, causing more than 3,800 deaths in a short time and causing the premature death of about 15,000 people.

The sources of industrial chemical risk in the area of operations must be very well known. The protection and detection capabilities of these industrial

chemicals in the military is greatly diminished, the protection and detection equipment being more oriented towards protection against known toxic substances. Another element that significantly complicates the management of crises caused by an industrial chemical event is the dominant effect on the civilian population and the environment.

Last but not least, military commanders must also consider the danger of possible epidemics, which, as has been seen in the case of the Sars-Cov-19 pandemic, can cause huge imbalances, with devastating effects on personnel and the medical system.

Final remarks

To conclude, excluding the CBRN threats from the approach to an armed conflict, all the more so in the actions of a multinational coalition force, would be a critical mistake! The illustrious military theorist Carl von Clausewitz emphasized that "The events of each age must be judged according to its particularities and that the purpose of the theory is the teaching of war not in ideal but real conditions." [14]

We considered it appropriate to address the particularities of CBRN support and the impact of this environment on military personnel and equipment in the context of current factors, on the effects of global warming on the Arctic, whose accessibility and importance will increase in the future.

Therefore, commanders' role is to create a mechanism for collecting, analyzing, and disseminating data on the unconventional arsenal of a potential aggressor, to identify all threats, including those of a CBRN nature, and to constitute a pre-conflict threat package procedures in the field of CBRN, specialized forces, equipment, and protective equipment to diminish the damaging effects of these hazardous agents.

References

1. Catalog of worldwide nuclear testing. V.N. Mikhailov Editor-in-Chief LA. Andryushin, N.P. Voloshin, R.I. Ilkaev, A.M. Matushchenko, L.D. Ryabev, V.G. Strukov, A.K. Chernyshev, and Yu.A. Yudin. [Electronic resource]. - Access mode <https://www.begellhouse.com/books/41a6b1e45406a82e.html>
2. Russian scientists killed in missile test explosion were working on 'new weapons'. The Defense Post, 12 august 2019 [Electronic resource]. - Access mode <https://www.thedefensepost.com/2019/08/12/russia-missile-test-scientists-weapon/>
3. Vostok 2018. NATO Review. Electronic resource]. - Access mode <https://www.nato.int/docu/review/articles/2018/12/20/vostok-2018-ten-years-of-russian-strategic-exercises-and-warfare-preparation/index.html>
4. Russia's new Arctic Trefoil military base unveiled with virtual tour. BBC news online, 18 Aprilie 2017 [Electronic resource]. - Access mode <https://www.bbc.com/news/world-europe-39629819>
5. Military art between conventional unconvenyotional and asymmetric. Centrul tehnico-editorial al armatei, București, Alexandru Herciu, 2019. – 23 p.
6. War-related environmental disaster in Ukraine. Bulletin of the Atomak Scientists. [Electronic resource]. - Access mode <https://thebulletin.org/2018/10/war-related-environmental-disaster-in-ukraine/>
7. Status of World Nuclear Forces. Federation of American Scientists. [Electronic resource]. - Access mode <https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>
8. History looking back helps us look forward. OPCW web official page. [Electronic resource] - Access mode <https://www.opcw.org/about-us/history>
9. Chemical and Biological Weapons Status at a Glance. Arms control association [Electronic resource]. - Access mode <https://www.armscontrol.org/factsheets/cbwprolif>
10. Kim-jong-nam-half-brother-north-korea-leader-was-cia-informant. The guardian-ediția online din 1 Aprilie 2019, accesat la 20.09.2019 [Electronic resource]. - Access mode <https://www.theguardian.com/world/2019/jun/11/kim-jong-nam-half-brother-north-korea-leader-was-cia-informant>
11. More Than 300 Chemical Attacks Launched During Syrian Civil War, Study Says. [Electronic resource]. - Access mode <https://www.npr.org/2019/02/17/695545252/more-than-300-chemical-attacks-launched-during-syrian-civil-war-study-says>
12. Syria/Syrian chemical programme – National executive summary of declassified intelligence. France-Diplomatie – Ministry of Foreign Affairs and International Development, 3 September 2013 [Electronic resource]. - Access mode https://www.diplomatie.gouv.fr/IMG/pdf/Syrian_Chemical_Programme.pdf
14. Carl von Clausewitz, "Despre război", Editura Militară, București, 1982. – 598 p

СОВРЕМЕННАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ СРЕДА В КОНТЕКСТЕ УГРОЗЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО, БИОЛОГИЧЕСКОГО, РАДИОЛОГИЧЕСКОГО И ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ МАССОВОГО УНИЧТОЖЕНИЯ

Alexandru Herciu (доктор наук, профессор)

Национальный Университет Оборони Вооруженных Сил Румынии “Кароля I”, Бухарест, Румыния

В нынешних условиях преобладает наиболее серьезная угроза глобальной безопасности, как и 50 лет назад, - возможность использования ядерного арсенала. Этот арсенал продолжает обновляться, включая все более передовые технологии и современные векторы, способные транспортировать эти средства на очень высоких скоростях и практически неограниченные расстояния.

Важной особенностью современных военных конфликтов является многогранный характер, свойственный гибридной войне. Нетрадиционные гибридные угрозы также могут включать возможное использование химического, биологического, радиологического и ядерного оружия массового уничтожения с целью создания поврежденной или диверсий, которые могут привести к загрязнению токсичными промышленными веществами.

Нынешняя операционная среда выглядит кристаллизованной в новой, более утонченной и изоцированной форме холодной войны, с двумя основными классическими стратегическими блоками, а именно НАТО и странами-партнерами, с одной стороны, и Российской Федерацией в качестве противоположного полюса. Два основных субъекта - не единственные составные элементы нынешнего геостратегического ансамбля. К этому следует добавить конфликт в Сирии, напряженность в Израиле и Палестине, сложные американо-иранские отношения по поводу ядерной программы последнего государства, нестабильность режима Ким Чен Ына в Северной Корее и, что не менее важно, рост Китая и Индии как с экономической точки зрения, так и как военных супердержав. В этом исследовании мы подробно рассмотрим основы международного права в отношении владения, производства и использования химического, биологического, радиологического и ядерного оружия массового уничтожения, заявленные арсеналы оружия массового уничтожения основных мировых игроков и то, как оно использовалось в недавних конфликтах.

***Ключевые слова:** гибридные угрозы, химическое, биологическое, радиологическое и ядерное оружие массового уничтожения, токсичные промышленные вещества.*

СУЧАСНЕ ОПЕРАЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ В КОНТЕКСТІ ЗАГРОЗИ ЗАСТОСУВАННЯ ХІМІЧНОЇ, БІОЛОГІЧНОЇ, РАДІОЛОГІЧНОЇ І ЯДЕРНОЇ ЗБРОЇ МАСОВОГО ЗНИЩЕННЯ

Alexandru Herciu (доктор наук, професор)

Національний Університет Оборони Збройних Сил Румунії “Кароля I”, Бухарест, Румунія

В умовах сьогодення переважає найбільш серйозна загроза глобальній безпеці, як і 50 років тому - можливість використання ядерного арсеналу. Цей арсенал продовжує оновлюватися, включаючи всі найбільш передові технології і сучасні вектори, здатні транспортувати ці засоби на дуже високих швидкостях і практично необмежені відстані.

Важливою особливістю сучасних військових конфліктів є багатограний характер, властивий гібридній війні. Нетрадиційні гібридні загрози також можуть включати можливе використання хімічної, біологічної, радіологічної та ядерної зброї масового знищення з метою створення ушкоджень або диверсій, які можуть привести до забруднення токсичними промисловими речовинами.

Сучасне операційне середовище виглядає кристалізованим в новій, більш витонченій формі холодної війни, з двома основними класичними стратегічними блоками, а саме НАТО і країнами-партнерами, з одного боку, і Російською Федерацією в якості протилежного полюса. Два основні суб'єкти - не єдині складові елементи нинішнього геостратегічного ансамблю. До цього слід додати і конфлікт в Сирії, напруженість в Ізраїлі і Палестині, складні американо-іранські відносини з приводу ядерної програми останньої держави, нестабільність режиму Кім Чен Ін в Північній Кореї і, що не менш важливо, зростання Китаю та Індії як з економічної точки зору, так і як військових супердержав. У цьому дослідженні ми докладно розглянемо основи міжнародного права щодо володіння, виробництва і використання хімічної, біологічної, радіологічної та ядерної зброї масового знищення, заявлені арсенали зброї масового знищення основних світових гравців і то, як вона використовувалося в недавніх конфліктах.

***Ключові слова:** гібридні загрози, хімічна, біологічна, радіологічна і ядерна зброя масового знищення, токсичні промислові речовини.*

Володимир Олександрович Дачковський (кандидат технічних наук, доцент)¹
Михайло Анатолійович Стрельбіцький (доктор технічних наук, доцент)²

¹ Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

² Національна академія Державної прикордонної служби імені Богдана Хмельницького

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Аналіз виконання завдань військовими частинами (підрозділами) в локальних війнах, збройних конфліктах під час виконання завдань у Міжнародних операціях з підтримання миру і безпеки дозволяє стверджувати, що одним із основних чинників, які впливають на успіх у виконанні завдань є наявність працездатних зразків озброєння та військової техніки. При цьому, одним із основних джерел надходження у військові частини (підрозділи) працездатних зразків озброєння та військової техніки в ході ведення бойових дій є повернення їх із стаціонарних та рухомих ремонтно-відновлювальних військових частин (підрозділів) після проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Розбудова системи логістики у Збройних Силах України на усіх рівнях ієрархії вимагає пошуку нових методичних підходів щодо забезпечення військ (сил), а саме щодо підвищення ефективності виконання завдань з відновлення пошкоджених зразків озброєння та військової техніки.

Тому в роботі запропоновано математичну модель оцінювання ефективності функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки і забезпечення матеріальними засобами за величиною імовірності виконання комплексу робіт, які виконуються за заданий час. Для цього використано напівмарковську модель функціонування підсистеми відновлення озброєння та військової техніки і забезпечення матеріальними засобами в загальній системі логістики Збройних Силах України.

Для визначення показників ефективності функціонування системи логістики, було задано, що у початковий момент часу система перебуває у відповідному стані. Якщо із одного стану відбувається перехід у інший, то в цьому стані система перебуває випадковий час із довільною функцією розподілу.

Таким чином, можна дати відповіді на питання відносно функціонування системи логістики, зокрема щодо часу перебування у відповідній множині станів, часу функціонування до моменту переходу у наступний стан. Перехід системи із одного стану у інший відбувається з ймовірністю. Аналогічно визначено стаціонарні імовірності перебування засобів відновлення озброєння та військової техніки та системи логістики у всіх решта станах.

Ключові слова: озброєння та військова техніка, відновлення, функціонування, математична модель, забезпечення, матеріальні засоби.

Вступ

Розвиток сил логістики та набуття ними спроможностей щодо забезпечення дій військ (сил) під час проведення міжвидових, об'єднаних операцій (бойових дій) є одним із пріоритетів розвитку ЗС України. На даний час відбувається розбудова системи логістики на усіх рівнях ієрархії (стратегічний, оперативний та тактичний) із розробленням нормативних документів, зміною організаційно-штатних структур та перерозподілом повноважень і функцій.

В той же час, необхідно зауважити, що система логістики займає одне з важливих місць в сучасних операціях (бойових діях), а саме, на перший план виступає підсистема відновлення пошкоджених зразків озброєння та військової техніки (ОВТ).

Постановка проблеми. В галузі відновлення озброєння та військової техніки (ОВТ) одним із найбільш складних проблемних питань сьогодення є своєчасне виявлення пошкодженого зразка ОВТ їх евакуація і своєчасний якісний ремонт [1–2]. Забезпечення знаходження військових частин

(підрозділів) в постійному боєздатному стані досягається комплексним виконанням заходів з відновлення пошкоджених зразків ОВТ, забезпечення матеріальними засобами (МЗ) тощо [3]. Одним із ефективних шляхів досягнення мети виконання цих заходів досі залишається раціональне застосування ремонтно-відновлювальних військових частин (підрозділів). При цьому, раціональні функціональні параметри застосування ремонтно-відновлювальних військових частин (підрозділів) повинні визначатись шляхом моделювання процесу відновлення пошкоджених зразків ОВТ.

Тому, питання, які пов'язані з удосконаленням методичних підходів щодо функціонування системи відновлення ОВТ є досить актуальними та потребують дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню питань щодо функціонування системи логістики, а саме системи відновлення ОВТ та забезпечення МЗ для проведення ремонтно-відновлювальних робіт під час виконання завдань за призначенням присвячена ціла низка робіт, як вітчизняних так і закордонних

вчених, зокрема в роботі [4] для забезпечення ефективності функціонування угруповання, а саме з проведення ремонтно-відновлювальних робіт, постачання МЗ за класами постачання наводиться опис моделі процесів витрачання та поповнення ресурсу і приклади результатів її застосування. При побудові моделі використовувався метод імітаційного моделювання, а у публікації [5] розглянуто задачу формування напрямку розвитку автоматизованих систем оброблення інформації і управління організаційного типу та алгоритм її розв'язання. В літературних джерелах [6] запропонована побудова дискретної динамічної математичної моделі процесу забезпечення МЗ на основі структури бухгалтерського обліку, яка включає процеси закупівлі, складування і передачі на виробництво сировини, матеріалів і комплектуючих, а робота [7] стосується дослідження причин низької ефективності основних моделей складської логістики. Проведено аналіз побудови моделей управління запасами та визначені умови їх застосування. Деякі аспекти даної проблематики розглянуті у роботі [8] яка присвячена теоретичним аспектам розроблення математичних моделей інтелектуальної інформаційної системи, а у робота [9] присвячена впровадженню інтегрованої логістичної підтримки життєвих циклів зразків озброєння та військової техніки, які проектуються, виробляються, експлуатуються та утилізуються в Україні. Окремі аспекти даної проблематики викладені в роботі [10], яка присвячена вивченню процесу функціонування системи відновлення бронетанкового озброєння і техніки при виконанні військовими частинами завдань за призначенням та створенню системи підтримки прийняття рішення щодо відновлення бронетанкового озброєння і техніки в умовах часово-просторових показників. Опрацювання цієї проблеми розглянуто також у публікації [11] яка присвячена визначенню пріоритетних напрямків створення автоматизованої системи управління угрупованням військ, а у роботі [12] запропонований підхід до моделювання оптимальних параметрів управління логістичними розподільчими системами який направлений на удосконалення системи показників. В роботі [13] запропоновано математичну модель управління запасами з урахуванням їх поповнення яка спрямована зменшення логістичних витрат, а у робота [14] присвячена створенню автоматизованої системи управління технічним забезпеченням. Глибоке опрацювання цієї проблеми відображене у роботі [15] в якій проведено аналіз концепції сите центричної війни, виявленні взаємозв'язки концепції з інформаційно-технічною прогресом, тенденцією розвитку нового озброєння, тощо. В роботі [16] запропоновано, що в основу формування функціональної автоматизованої системи управління повинні бути покладені моделі і методи програмно-цільового управління, які представляють сукупність функціонально-алгоритмічних і інформаційно-розрахункових засобів для розв'язання задач

спрямованих на підтримання і відновлення технічної готовності ОВТ. Також опрацювання даної проблематики було у [17] де представлено аналіз запропонованих моделей виробничого розподілу та описані основні характеристики вибраних моделей, а у роботі [18] враховуючи складність більшості складів запропонована система управління складом, яка працює динамічно з даними в реальному часі, а у [19] запропонована модель змішаного чисельного програмування для інтеграції складських рішень щодо запасів та транспортування для зведення до мінімуму затрати на розподіл.

Мета статті. Виходячи із вищезазначено, мета статті полягає у розробленні математичної моделі процесу відновлення ОВТ для узагальнення якої використано напівмарківський процес.

Виклад основного матеріалу дослідження

Ефективність відновлення ОВТ і забезпечення МЗ в інтересах угруповання військ будемо оцінювати за величиною імовірності виконання комплексу робіт, які виконуються за заданий час.

Для оцінювання впливу на значення якісних показників функціонування угруповання військ в умовах ведення операції (бойових дій) за рахунок своєчасного відновлення ОВТ можна скористатись підходом, запропонованим у [20].

Для цього, розглянемо напівмарковську модель функціонування підсистеми відновлення ОВТ та забезпечення МЗ в загальній системі логістики ЗС України. Орієнтовний граф переходів системи $S = \{S_1, S_2, \dots, S_{14}\}$ з одного стану в інший під час відновлення пошкоджених зразків ОВТ наведено на рис. 1.

У загальному підході постановка задачі щодо моделювання функціонування системи відновлення ОВТ та забезпечення МЗ може бути здійснена у такий спосіб. Нехай система S перебуває в одному із станів:

S_1 – система розгорнута готова до виконання завдання;

S_2 – до системи надійшли заявки щодо потреби у відновленні пошкоджених зразків ОВТ;

S_3 – орган управління прийняв рішення та призначив засоби для проведення ТхР, евакуації та ремонту ОВТ для виконання завдань з відновлення ОВТ із врахуванням рівня отриманих пошкоджень зразками ОВТ;

S_4 – призначені засоби ТхР, евакуації та ремонту висунулись до районів виконання завдань;

S_5 – засоби технічної розвідки виявили пошкоджений зразок ОВТ;

S_6 – засоби ТхР визначили рівень пошкодження зразка ОВТ, обсяг робіт з ремонту, маршрут евакуації, тощо;

S_7 – засоби ТхР прийняте рішення щодо порядку евакуації або ремонту ОВТ на місці;

S_8 – засоби евакуації транспортують пошкоджений зразок ОВТ на ЗППМ;

S_9 – засоби ремонту ремонтуєть зразок ОВТ на місці виявлення;
 S_{10} – пошкоджений зразок ОВТ ремонтуєть на ЗППМ;
 S_{11} – засоби ремонту використали наявні МЗ;
 S_{12} – здійснена доповідь органу управління щодо поповнення МЗ;

S_{13} – орган управління прийняв рішення та поставив завдання щодо поповнення МЗ;
 S_{14} – МЗ поповнено;
 T_{ij} – значення часу перебування системи логістики або її елементів (засобів відновлення) в стані i до переходу його в стан $j(i, j \in \{1, 7\})$

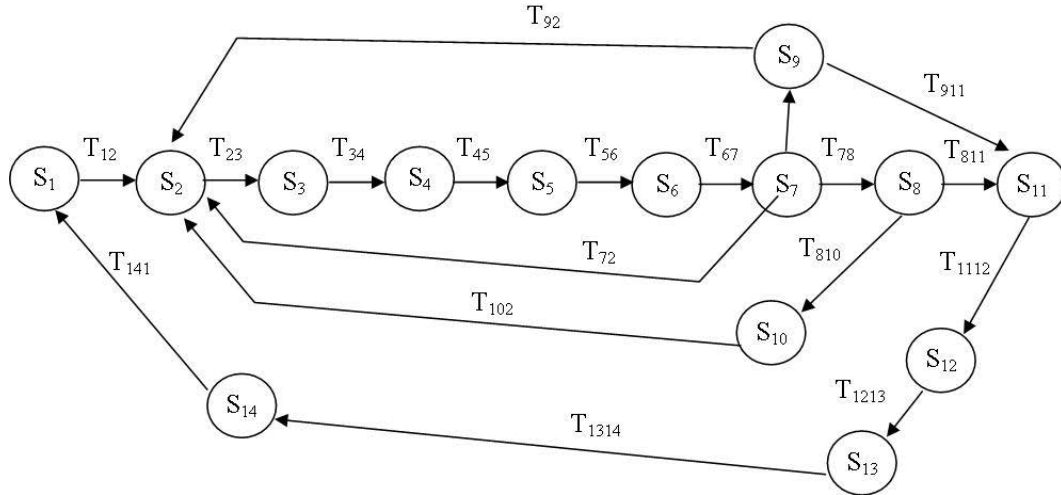


Рис. 1 Орієнтовний граф станів процесу відновлення ОВТ

Представлений на рис. 1 розмічений граф відображає всю кількість можливих станів процесу відновлення ОВТ характеристики кожного з яких істотно залежать від характеру та обсягів завдань з відновлення ОВТ.

Кінцевою метою аналізу такої напівмарківської моделі є оцінювання можливого впливу на обсяги завдань з відновлення ОВТ, які виникають перед системою логістики підсистем ТхР, евакуації, ремонту або забезпечення МЗ.

Як вказувалось вище, для того щоб задати напівмарківську модель повинні бути відомі елементи матриці функцій розподілу випадкових інтервалів часу перебування системи в кожному стані $F(t)$ і матриці ймовірностей переходів її зі стану в стан P .

Для визначення показників ефективності функціонування системи логістики, як станів S_i при умові, що у початковий момент часу система перебувала у стані $S_j(i, j = 1, 2, \dots, 14)$

Як відомо, подібна задача розглядалась у роботах [21], де моделювання функціонування засобів відновлення ОВТ запропоновано проводити за допомогою марковського процесу із дискретною множиною станів та безперервним часом.

На відмінну від робіт [22] для системи логістики будемо вважати, що перехід системи S із одного стану в інший відбувається наступним чином:

У початковий момент часу $t = 0$ система перебуває у стані S_1 деякий випадковий час Q_1 (відлік часу починається з моменту початку розгортання системи логістики.) Тобто цей час, який система S перебуває у стані S_1 до переходу у стан S_2 з довільною функцією розподілу $F_{12}(t)$;

Перехід системи S із стану S_i у стан S_j відбувається з ймовірністю $p_{ij} \geq 0, \sum_{j \in \in} p_{ij} = 1$ для $j \in S$;

Якщо із стану S_i відбувається перехід у стан S_j , то в цьому стані система перебуває випадковий час Q_j із довільною функцією розподілу $F_{ij}(t)$ тощо.

Тоді згідно [23], математичною моделлю, яка описує процес функціонування системи логістики, є напівмарківська модель $\{v(t), t \geq 0\}$. Виходячи із [24], цей процес задамо конструктивно за допомогою початкового розподілу

$$p = \{p_i, i \in S\} \{i = 1, 2, \dots, 14\}, \quad (1)$$

І напівмарковської матриці

$$Q_{ij}(t) = p_{ij} F_{ij}(t) = P_i \{v(t) = S_j, Q_{ij} \leq t\} \quad (2)$$

Тоді розв'язання задачі зводиться до визначення ймовірностей

$$P_{ij}(t) = P_i \{v(t) = S_j, v(0) \leq S_i\} \{i, j = 1, 2, \dots, 14\} \quad (3)$$

Які згідно [25] відповідають рішенням

$$P_{ij}(t) = \delta_{ij} [1 - F_i(t)] + \sum_{k \in S_0} \int_0^t Q_{ik}(du) P_{kj}(t-u) \quad (4)$$

$$F_{ij}(t) = \sum_j Q_{ij}(t) = \sum_j p_{ij} F_{ij}(t) = P(\theta < t),$$

де $\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j, \\ 0, & i \neq j \end{cases}$; θ – час перебування системи

S у стані S_i незалежно від переходу в наступний стан.

Приймаючи до уваги орієнтовний граф переходів системи S (рис. 2) виникає можливість із використанням (2) визначити шукані

ймовірності того, що напівмарківська модель $v(t)$ перебуває у стані S_j за умови, що час перебування менший, ніж t .

Таким чином, співвідношення (3) та напівмарковська матриця (2) дозволяють дати відповіді на цілу низку питань відносно функціонування системи логістики, зокрема щодо часу перебування у відповідній множині станів, часу функціонування до моменту переходу у наступний стан тощо. Відмітимо також, якщо час

перебування системи S у кожному стані $S_i, (i = 1, 2, \dots, 14)$ буде розподілено за показовим законом, тоді із розглянутих співвідношень витікають формули для розрахунку ймовірностей, які одержані в роботі [26].

Визначимось із законом розподілу часу перебування системи S у кожному із можливих станів $S_i, (i = 1, 2, \dots, 14)$.

При прийнятих припущеннях та отриманих даних матриця $F(t)$ має вигляд

$$F(t) = \begin{pmatrix} 0 & F_{1,2}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & F_{2,3}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & F_{3,4}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & F_{4,5}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{5,6}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{6,7}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{7,8}(t) & F_{7,9}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & F_{7,2}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{8,10}(t) & F_{8,11}(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & F_{9,2}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{9,11}(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & F_{10,2}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{11,12}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{12,13}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{13,14}(t) \\ F_{14,1}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad t \geq 0 \quad (5)$$

Елементи матриці розраховуються із співвідношень [27]

$$\begin{aligned} F_{2,3}(t) &= F_{6,7}(t) = F_{7,9}(t) = F_{8,10}(t) = \\ &= F_{7,2}(t) = F_{9,2}(t) = F_{10,2}(t) = F_{11,12}(t) = \end{aligned} \quad (6)$$

$$F_{12,13}(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(\tau-m)^2}{2\sigma^2}} d\tau$$

$$F_{1,2}(t) = 1 - e^{-\lambda_1 t} \quad (7)$$

$$F_{3,4}(t) = 1 - e^{-\lambda_2 t} \quad (8)$$

$$F_{4,5}(t) = 1 - e^{-\lambda_3 t} \quad (9)$$

$$F_{5,6}(t) = 1 - e^{-\lambda_4 t} \quad (10)$$

$$F_{7,8}(t) = 1 - e^{-\lambda_5 t} \quad (11)$$

$$F_{8,11}(t) = 1 - e^{-\lambda_6 t} \quad (12)$$

$$F_{9,11}(t) = 1 - e^{-\lambda_7 t} \quad (13)$$

$$F_{13,14}(t) = 1 - e^{-\lambda_8 t} \quad (14)$$

$$F_{14,1}(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } t_{\text{зад}} \geq T_{18}, \\ \frac{t_{\text{зад}}}{T_{18}}, & \text{при } t_{\text{зад}} < T_{18} \end{cases} \quad (15)$$

У формулах (7-15) прийняті наступні позначення:

m, σ – середньоквадратичне відхилення і математичне очікування випадкового часу перебування системи у визначеному стані;

λ_i – інтенсивність процесів переходу системи логістики або її елементів у наступний стан;

$t_{\text{зад}}, T_{18}$ – заданий та середній час поповнення МЗ

Значення елементів матриці P

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{2,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{3,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{4,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{5,6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{6,7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{7,8} & P_{7,9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{7,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{8,10} & P_{8,11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{9,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{9,11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{10,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{11,12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{12,13} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{13,14} \\ F_{14,1}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (16)$$

Можуть бути отримані за формулою

$$P_{ij} = \frac{1/T_{ij}}{\sum_{j=1}^J 1/T_{ij}} \quad (17)$$

де T_{ij} – середній час переходу з одного стану до іншого.

При наявності даних про значення елементів матриць F і P можна визначити середнє значення часу перебування в одному із станів.

Значення стаціонарної імовірності знаходження засобів відновлення ОБТ в загальній системі логістики у цьому стані можливо розрахувати за формулою [27]

$$\Pi_v = \frac{D_0}{\sum_{K=0}^m D_K} \quad (18)$$

де $D_0(D_K)$ – мінор матриці, отриманий шляхом викреслення де v -ї (K -ї) строки і v -го (K -го) стовпця.

Аналогічно можна визначити стаціонарні імовірності $\Pi_K, K \in m$ перебування засобів відновлення ОБТ та системи логістики у всіх решта станах.

Потім, використовуючи співвідношення (18) розраховується безумовне математичне очікування $\mu_K, K \in m$ часу перебування системи логістики та її елементів (засобів комплексів призначених для відновлення ОБТ) в кожному з m станів, в тому числі і стані v та визначається середній час до

першого переходу засобу відновлення ОБТ системи логістики зі стану v до стану v'

$$l_{vv'} = \frac{1}{\Pi_v} \sum_{K=0}^m \Pi_K \mu_K \quad (19)$$

Тоді, середній час перебування системи логістики та її засобів відновлення у v -му стані на деякому інтервалі функціонування T_ϕ буде складати величину

$$t_v = \frac{\mu_v}{l_{vv'} + \mu_v} T_\phi \quad (20)$$

Такий підхід дозволить виділити конкретні напрямки удосконалення підсистеми відновлення ОБТ та забезпечення МЗ

На підґрунті дослідження розглянутих математичних моделей за розрахунковими значеннями, вимог до показників ефективності складових системи забезпечення створеного угруповання військ за рахунок функціонування системи логістики і її елементів (засобів відновлення). Із використанням вихідних даних щодо очікуваної інтенсивності надходження вимог на обслуговування до системи, яка досліджується, визначеними вимогами до часових параметрів її підсистем відновлення ОБТ і забезпечення МЗ є: допустимий час виконання одиничного обсягу завдань, з відновлення структурними елементами системи логістики за складністю виконуваних обсягів завдань та забезпечення поповнення МЗ табл. 1.

Таблиця 1

Умовні позначення	Зміст показника	Значення год.
t_v	Допустимий час відновлення системи та її елементів до моменту готовності до виконання завдання за призначенням	10
$t_{ви}$	Допустимий час висування засобів відновлення зо району виконання завдань	1
$t_{ТхР}$	Допустимий час ведення ТхР у визначеній смузі	0,5
$t_{1ск}$	Допустимий час виконання робіт 1-ї складності	10
$t_{2ск}$	Допустимий час виконання робіт 2-ї складності	20
$t_{3ск}$	Допустимий час виконання робіт 3-ї складності	До 100
$t_{МЗ}$	Допустимий час поповнення МЗ для в інтересах системи відновлення ОБТ	8

Однак необхідно відмітити, що вимоги до часових параметрів функціонування системи логістики, до якої надходять заявки на виконання завдань з відновлення різного ступеня складності, слід розглядати в якості базових, середніх за сукупністю виникнення вимог щодо відновлення ОБТ на тривалих інтервалах часу функціонування системи логістики. Таке усереднення дозволяє прийняти припущення стосовно того, що потоки таких вимог (заявок на обслуговування) є Пуасонівськими, тобто володіють властивістю стаціонарності. Як вказано в [28-29] при такому припущенні по заданим вимогам до часових параметрів функціонування системи логістики та її елементів (засобів відновлення) слід обґрунтовувати вимоги до базової структури, складу та типу засобів відновлення ОБТ на

різних рівнях ієрархії організаційно-технічної системи логістики. Проведені в [30] дослідження на підґрунті теоретичних та практичних результатів свідчить, що існуюча система відновлення ЗС України за основними параметрами, в цілому не відповідає базовим вимогам, що вимагає внесення необхідних змін до вимог, як до засобів відновлення так і до параметрів і структури системи логістики [31-32].

Висновки й перспективи подальших досліджень

На період ведення бойових дій передбачається нарощення спроможностей системи логістики з урахуванням підвищення вимог до її часових параметрів.

Вихідними даними для розрахунку сил і засобів

такого нарощування є характер і інтенсивність очікуваних обсягів завдань з відновлення ОВТ.

Таким чином наведені у роботі співвідношення та напівмарківська матриця дозволяють дати відповіді на низку питань відносно функціонування системи відновлення

пошкоджених зразків ОВТ у відповідній множині станів, часу функціонування до моменту втрати боєздатного стану.

Як напрямок подальших досліджень може бути розроблення моделі автоматизації функціонування системи відновлення пошкоджених зразків ОВТ.

Література

1. **Дачковський, В.О.** Ярошенко, О.В. Кузнецов, І.Б. Овчаренко, І.В. *Основи організації відновлення озброєння та військової техніки*. Київ, НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2019, 136 с. 2. **Дачковський, В.О.** Овчаренко, І.В. Ярошенко О.В. *Основи евакуації озброєння та військової техніки* – К.: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2017. – 180 с. 3. **Ковтуненко, А.П.** Шишанов, М.А. Зубарев, В.В. *Основи теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем*. К.: Книжноиздательство НАУ, 2007, 294 с. 4. **Ленков, Є.С.** Толок, І.В. *Прогнозування складу і ресурсу угруповань технічних об'єктів*. *Системи озброєння і військова техніка*, 2018, №3(55). с. 78-84. 5. **Ляшковський, В.Л.** Бреслер, И.Б. Алашеев, М.А. *Постановка задачи формирования направлений развития автоматизированных систем организационного типа и алгоритм ее решения*. *Программные продукты и системы*, 2017, №2 (30). С. 165-171. 6. **Сиразетдинов, Р.Т.** Марков, Д.С. *Математическое моделирование процесса снабжения производственного предприятия на основе регистров бухгалтерского учета*. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 2016, т. 18, №4(3). с. 628-633. 7. **Несторенко, А.В.** *Математическое моделирование логистики промышленных предприятий при различных вариантах базовой информации*. *Технологический аудит и резервы производства*, 2014, № 5/1(19). с. 69-75. 8. **Подшивалова, А.В.** Королева, Л.А. Панюшкина, О.В. *Моделирование структурной составляющей интегрированной сапродержды*. *Фундаментальные исследования*, 2013, №10. с. 2158-2161. 9. **Скворчевський, О.Є.** *CALS- Концепція логістичної підтримки життєвого циклу озброєння та військової техніки: національні аспекти впровадження*. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, 2019, № 1 (34). с. 45-52. 10. **Копашинський, С.А.** Серпухов, О.В. Макогон О.А. *Застосування технології “електронної хмари” для вдосконалення функціонування системи відновлення бронетанкового озброєння і техніки*. *Сучасні інформаційні системи*, 2019, Т. 3, №4. с. 126-131. 11. **Ляпин, В.Р.** *Автоматизация и интеллектуализация управления группировками вооруженных сил*. *Программные продукты и системы*, 2006, №1. с. 41-43. 12. **Коломицева, А.О.** Яковенко, В.С. *Моделирование процессов оптимального управления логистическими распределительными системами*. *Бизнесинформ*, 2012, № 7. с. 18-21. 13. **Голоскоков, К.П.** Давыдов, К.А. *Математическая модель технологии управления запасами компании*. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-tehnologii-upravleniya-zapasami-kompanii/viewer> 14. **Арепин Ю.И.** *Методология создания автоматизированных систем технического обеспечения*. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.ozkaz.ru/index.php/articles/n-25-12-2007/202-n27032011-17-34> 15. **Макаренко, С.И.** Иванов М.С. *Сетевая война – принципы, технологии,*

примеры и перспективы. СПб: Научное издание. 2018. 898 с. 16. **Пацкан, М.Ю.** Орлов, А.М. *Информационная поддержка технического обеспечения кораблей при первой операции флота*. *Программные продукты и системы*, 2000, №2. с. 40-42. 17. **В. Fahimnia, L.** Luong, R. Marian *An integrated model for the optimisation of a two-echelon supply network*. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2008, Vol. 31 Issue 2 December. p. 477-484. 18. **Ramírez Ríos, D.** Ramírez Polo, L. Jimenez Barros, M. Castro Bolaño, L. Maldonado, E. *The design of a real-time warehouse management system that integrates simulation and optimization models with RFID technology*. *International Journal of Computer Science & Applications (IJCSA)*, 2013, Vol.(02) No.(04). 19. **Pratik, J.** Parikh, X.Z. and Bhanuteja S. *Distribution planning considering warehousing decisions*. [Electronic source]: Access mode: <https://www.mhi.org/downloads/learning/cicmhe/colloquium/2010/parikh.pdf> 20. **Юров, Б.Н.** *Исследование операций*. М.: ВИА, 1990, 528 с. 21. **Корольок, В.С.** Турбин, А.Ф. *Полумарковские процессы и их приложения*. К.: Науч. Мысл., 1976, 182 с. 22. **Іващук О.Т.** *Економіко-математичне моделювання: навчальний посібник*. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008, 704 с. 23. **Павленко П.М.** *Основи математичного моделювання систем і процесів: навчальний посібник*. К.: Книжкове вид-во НАУ, 2013, 201 с. 24. **Бурименко Ю.И.** Лебедева, И.Ю. Шуурская, А.Ю. *Оптимизационные методы и модели с решением задач на компьютере: учеб. пособ.* Одесса, 2016, 152 с. 25. **Тихомирова, А.Н.** Сидоренко, Е.В.. *Математические модели и методы в логистике: Учебное пособие*. М.: НИЯУ МИФИ, 2010, 320 с. 26. **Степенко І.В.** *Моделирование систем: навчальний посібник*. Черкаси: ЧДТУ, 2010, 399 с. 27. **Маценко В.Г.** *Математичне моделювання: навчальний посібник*. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014, 519 с. 28. **Швиданенко, Г.О.** *Формування бізнес-моделі підприємства: навчальний посібник*. К.: КНЕУ, 2013, 423 с. 29. **Колодізева, Т.О.** *Управління ланцюгами поставок: навчальний посібник* Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016, 164 с. 30. **Дачковський, В.О.** Коцюрба, В.І. *Методика оцінювання ефективності функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки*. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, 2020, №1 (37), с. 5-14. DOI:10.33099/2311-7249/2020-37-1-5-14 31. **Дачковський В.О.** *Методика обґрунтування тактико-технічних вимог до рухомих засобів ремонту озброєння та військової техніки*. *Social development & Security*. 2019, 9(6), 86-101. DOI: <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.6.7> 32. **Дачковський В.О.** *Методика обґрунтування тактико-технічних вимог до засобів евакуації озброєння та військової техніки*. *Social development & Security*. 2020, Vol. 10, No. 3, с. 104-113. DOI: 10.33445/sds.2020.10.3.9

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Владимир Александрович Дачковский (кандидат технических наук, доцент)¹
Михаил Анатольевич Стрельбицкий (доктор технических наук, доцент)²

¹ *Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

² *Национальная академия Государственной пограничной службы имени Богдана Хмельницкого*

Анализ выполнения заданий воинскими частями (подразделениями) в локальных войнах, вооруженных конфликтах при выполнении задач в Международных операциях по поддержанию мира и безопасности позволяет утверждать, что одним из основных факторов, влияющих на успех в выполнении задач является наличие работоспособных образцов вооружения и военной техники. При этом, одним из основных источников поступления в воинские части (подразделения) исправных образцов вооружения и военной техники в ходе ведения боевых действий является возвращение их из стационарных и подвижных ремонтно-восстановительных воинских частей (подразделений) после проведения ремонтно-восстановительных работ.

Развитие системы логистики в Вооруженных Силах Украины на всех уровнях иерархии требует поиска новых методических подходов по обеспечению войск (сил), а именно по повышению эффективности выполнения задач по восстановлению поврежденных образцов вооружения и военной техники.

Поэтому в работе предложена математическая модель оценки эффективности функционирования системы восстановления вооружения и военной техники и обеспечения материальными средствами по величине вероятности выполнения комплекса работ, выполняемых за заданное время. Для этого использовано полумарковскую модель функционирования подсистемы восстановления вооружения и военной техники и обеспечения материальными средствами в общей системе логистики Вооруженных Сил Украины.

Для определения показателей эффективности функционирования системы логистики, было задано, что в начальный момент времени система находится в соответствующем состоянии. Если из одного состояния происходит переход в другой, то в этом состоянии система находится случайное время с произвольной функцией распределения.

Таким образом, можно дать ответы на вопросы относительно функционирования системы логистики, в частности по времени пребывания в соответствующем множестве состояний, времени функционирования до момента перехода в следующее состояние. Переход системы из одного состояния в другое происходит с вероятностью. Аналогично определены стационарные вероятности нахождения средств восстановления вооружения и военной техники и системы логистики у всех остальных состояниях.

Ключевые слова: вооружение и военная техника, восстановление, функционирование, математическая модель, обеспечение, материальные средства.

**MATHEMATICAL MODEL OF SYSTEM FUNCTIONING
RESTORATION OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT**

Volodymyr Dachkovskiy (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)¹
Mykhailo Strelbitskiy (Doctor of Technical Sciences, Associate Professor)²

¹ *National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

² *National Academy of State Border Guard Service of Ukraine name after Bohdan Khmelnytsky*

Analysis of the performance of tasks by military units (subdivisions) in local wars, armed conflicts during the performance of tasks in international peacekeeping and security operations suggests that one of the main factors influencing the success of the tasks is the availability of working models of weapons and military equipment. At the same time, one of the main sources of receipt in military units (subdivisions) of working samples of armaments and military equipment during hostilities is their return from stationary and mobile repair and rehabilitation military units (subdivisions) after repair and restoration works.

The development of the logistics system in the Armed Forces of Ukraine at all levels of the hierarchy requires the search for new methodological approaches to the provision of troops (forces), namely to increase the efficiency of tasks to restore damaged weapons and military equipment.

Therefore, the paper proposes a mathematical model for evaluating the effectiveness of the system of restoration of armaments and military equipment and providing material resources by the probability of performing a set of works performed for a given time. For this purpose, a semi-Markov model of the functioning of the subsystem for the restoration of armaments and military equipment and the provision of material resources in the general logistics system of the Armed Forces of Ukraine was used.

To determine the performance of the logistics system, it was specified that at the initial time the system is

in the appropriate state. If there is a transition from one state to another, then in this state the system is a random time with an arbitrary distribution function.

Thus, it is possible to answer questions about the functioning of the logistics system, in particular about the time spent in the appropriate set of states, the time of operation until the transition to the next state. The transition of the system from one state to another occurs with probability. Similarly, the stationary probabilities of the weapons and military equipment and logistics system in all other states are located.

Keywords: armament and military equipment, restoration, functioning, mathematical model, support, material means.

References

- Dachkovskiy, V.O.** Yaroshenko, O.V. Kuznetsov, I.B. Ovcharenko, I.V. Fundamentals of the organization of the restoration of armaments and military equipment. Kyiv, NUOU them. Ivan Chernyakhovsky, 2019, 136 p.
- Dachkovskiy, V.O.** Ovcharenko, I.V. Yaroshenko O.V. Fundamentals of evacuation of weapons and military equipment - K. : NUOU them. Ivan Chernyakhovsky, 2017. - 180 p.
- Kovtunen, A.P.** Shyshanov, M.A. Zubarev, V.V. Fundamentals of the theory of restoration of operational properties of technical systems. K. : Knizhnoeizdatelstvo NAU, 2007, 294 p.
- Lenkov, E.S.** Tolok, I.V. Forecasting the composition and resource of groups of technical objects. *Weapons systems and military equipment*, 2018, №3 (55). p. 78-84.
- Lyaskovskiy, V.L.** Bresler, I.B. Alashev, M.A. Statement of the problem of formation of directions of development of the automated systems of organizational type and algorithm of its decision. *Software Products and Systems*, 2017, №2 (30). p. 165-171.
- Sirazetdinov, R.T.** Markov, D.S. Mathematical modeling of the supply process of a manufacturing enterprise based on accounting registers. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2016, vol. 18, №4 (3). p. 628-633.
- Nestorenko, A.V.** Mathematical modeling of logistics of industrial enterprises with different variants of basic information. *Technological audit and production reserves*, 2014, № 5/1 (19). p. 69-75.
- Podshivalova, A.V.** Koroleva, L.A. Panyushkyna, O.V. Modeling of the structural component of integrated support. *Fundamental Research*, 2013, №10. p. 2158-2161.
- Skvorchevskiy, O.E.** CALS- Concept of logistical support of the life cycle of armaments and military equipment: national aspects of implementation. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, 2019, № 1 (34). p. 45-52.
- Kopashinskiy, S.A.** Serpukhov, O.V. Makogon O.A. Application of "electronic cloud" technology to improve the functioning of the system of restoration of armored weapons and equipment. *Modern information systems*, 2019, Vol. 3, №4. p. 126-131.
- Lyapin, V.R.** Automation and intellectualization of management of groups of armed forces. *Software products and systems*, 2006, №1. p. 41-43.
- Kolomytseva, A.O.** Yakovenko, V.S. Modeling of processes of optimal management of logistic distribution systems. *Businessinform*, 2012, № 7. p. 18-21.
- Goloskokov, K.P.** Davydov, K.A. Mathematical model of the company's inventory management technology. [Electronic resource]: Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-tehnologii-upravleniya-zapasami-kompanii/viewer>
- Arepin Yu.I.** Methodology for creating automated technical support systems. [Electronic resource]: Access mode: <http://www.ozakaz.ru/index.php/articles/n-25-12-2007/202-n27032011-17-34>
- Makarenko, S.I.** Ivanov M.S. Network-centric war - principles, technologies, examples and prospects. St. Petersburg: Science-intensive technologies. 2018. 898 p.
- Patskan, M.Yu.** Orlov, A.M. Information support of technical support of ships at the first operation of the fleet. *Software products and systems*, 2000, №2. p. 40-42.
- Fahimnia, L.** Luong, R. Marian An integrated model for the optimization of a two-echelon supply network. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2008, Vol. 31 Issue 2 December. p. 477-484.
- Ramirez Rios, D.** Ramirez Polo, L. Jimenez Barros, M. Castro Bolaño, L. Maldonado, E. The design of a real-time warehouse management system that integrates simulation and optimization models with RFID technology. *International Journal of Computer Science & Applications (TIJCSA)*, 2013, Vol. (02) No. (04).
- Pratik J.** Parikh, X.Z. and Bhanuteja S. Distribution planning considering warehousing decisions. [Electronic source]: Access mode: <https://www.mhi.org/downloads/learning/cimhe/colloquium/2010/parikh.pdf>
- Yurov, B.N.** Operations research. M. : VIA, 1990, 528 p.
- Korolyuk V.S.** Turbin, A.F. Semi-Markov processes and their applications. K. : Nauch. Mysl., 1976, 182 p.
- Ivashchuk O.T.** Economic and mathematical modeling: a textbook. Ternopil: TNEU "Economic Thought", 2008, 704 p.
- Pavlenko P.M.** Fundamentals of mathematical modeling of systems and processes: Tutorial. K. : Book edition of NAU, 2013, 201 p.
- Burimenko, Yu.I.** Lebedeva, I.Yu. Shchurovskaya, A.Yu. Optimization methods and models with the solution of problems on the computer: textbook. allowance. Odessa, 2016, 152 p.
- Tikhomirova, A.N.** Sidorenko, EV. Mathematical models and methods in logistics: A textbook. M. : NIAU MEPhI, 2010, 320 p.
- Stetsenko, I.V.** Systems modeling: a textbook. Cherkasy: ChTTU, 2010, 399 p.
- Matsenko V.G.** Mathematical modeling: a textbook. Chernivtsi: Chernivtsi National University, 2014, 519 p.
- Shvidanenko, G.O.** Formation of the business model of the enterprise: a textbook. K. : KNEU, 2013, 423 p.
- Kolodizeva, T.O.** Supply chain management: a textbook Kharkiv: KhNEU. S. Kuznets, 2016, 164 p.
- Dachkovskiy, V.O.** Kotsyuruba, V.I. Methods for assessing the effectiveness of the system of armaments and military equipment. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, 2020, №1 (37), p. 5-14. DOI: 10.33099 / 2311-7249 / 2020-37-1-5-14
- Dachkovskiy V.O.** Methods of substantiation of tactical and technical requirements for movable means of repair of armaments and military equipment. *Social development & Security*. 2019, 9 (6), 86-101. DOI: <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.6.7>
- Dachkovskiy V.O.** Methods of substantiation of tactical and technical requirements to the means of evacuation of weapons and military equipment. *Social development & Security*. 2020, Vol. 10, no. 3, p. 104-113. DOI: 10.33445 / sds.2020.10.3.9

Шевчук Віталій Вікторович (кандидат військових наук)¹
Пунда Юрій Васильович (доктор військових наук, с.н.с)²

¹Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

²Міністерство оборони України, Київ, Україна

МІГРАЦІЙНА КРИЗА ЯК СКЛАДОВА ГІБРИДНОЇ ВІЙНИ

В статті йдеться про передумови і витоки масштабних міграційних процесів, що відбуваються на територіях держав Європейського Союзу (ЄС) впродовж останнього десятиліття та наведено дослідження зв'язку між міграційними потоками і сучасними гібридними війнами, посилюючись на кореляцію несхожих умов ведення війни, таких що відображають використання як військових так і невійськових засобів гібридної експансії Російської Федерації. Приведений опис процедур, що представляють застосування звичайних та нетрадиційних засобів впливу Росії, а також її державних і недержавних суб'єктів, які мають на меті спровокувати нестабільність, невпорядкованість державотворчих процесів в Україні та країнах Європейського Союзу.

Метою даної статті є визначення передумов міграційних потоків, дослідження потенційного зв'язку між ними в Європі, а також інструментами сучасної гібридної війни в Україні і світі.

Дослідження є важливим для забезпечення регіональної безпеки країн східної Європи, оскільки з однієї сторони гібридні загрози з боку Росії розглядаються як основні для національної безпеки України, а з іншої сторони як соціальна напруженість, спричинена біженськими кризами і пов'язаними з ними страхами, що є одними з основних факторів політичної нестабільності та соціальної роздробленості в усьому світі, а отже провокація виникнення масштабних міграційних потоків може бути новою формою повзучої гібридної експансії Російської Федерації, що проводиться з метою досягнення останньою своїх амбітних цілей.

Ключові слова: міграційна криза, гібридна війна, експансія, соціальна напруженість, багатополарність.

Вступ

Напрацюванню моделей дій необхідних для протидії наслідкам гібридної війни передують визначення та дослідження умов та чинників, які мають бути вирішені на державному рівні.

Впродовж останніх років сучасними вітчизняними та європейськими дослідниками проведено низку вагомих наукових досліджень де своєю увагою науковці звертають на мету, механізми технології та засоби гібридної війни Російської Федерації в Україні, а також їх вплив на країни Європейського Союзу.

Особливу увагу науковці привертають до таких складових гібридної війни як – пропаганда, шпигунство, диверсії кібератака. Разом з тим поза увагою авторів залишається таке явище гібридної експансії як міграційні процеси.

Постановка проблеми. Конфлікт між Україною та Росією став найгострішою кризою в Європі після закінчення Другої світової війни. Тривалість, масштаб, кількість жертв, втрат особового складу Збройних Сил України, відображають всю гостроту суперечностей, які виникли не лише між Україною і Росією.

За влучним висловом фахівців Національного інституту стратегічних досліджень України [1], Україна є лише одним із фронтів гібридної війни.

У цьому протистоянні наша країна розраховує на подальшу підтримку Європейського Союзу як спільноти демократичних країн, відданих принципам Статуту Організації Об'єднаних Націй (ООН) та загальнолюдським цінностям. Сьогодні особливої актуальності набуває необхідність з'ясування чи існують інші fronti світової гібридної війни і чи не є країни – члени Євросоюзу та і сам Євросоюз ще одним фронтом світової гібридної війни та чи можуть останні потоки міграції до країн ЄС потенційно бути частиною російської стратегії гібридної війни у створенні регіональної нестабільності та послаблення авторитету, надійності та єдності Європейського Союзу на міжнародній арені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки з'явилась низка наукових публікацій стосовно викликів та загроз гібридної війни.

Так, вагомий внесок у розвиток теорії гібридної війни зробили [2,3,4]. У них аналізується сутність зазначеного явища описуються інформаційні аспекти гібридної війни, відображається ретроспектива формування її складових і процесів та наголошується на формуванні національної стратегії припинення війни, а також виходу з кризи.

Метою статті є визначення передумов міграційних потоків та дослідження потенційного

зв'язку між ними в Європі та інструментами сучасної гібридної війни в Україні та світі.

Виклад основного матеріалу дослідження

Сьогодні існує низка визначень поняття гібридна війна, і кожен науковець пропонує власні уточнення [5-6]. Зважаючи на односторонній характер дій Російської Федерації автори пропонують визначення поняття не стільки “гібридної війни”, скільки “гібридної агресії”.

Отже, в ході подальших міркувань під гібридною агресією розумітимемо комплексне про активне застосування країною агресором всіх інструментів національної сили (в т.ч. у неконвенційних, прихованих формах) з намаганням уникнути правового статусу країни-порушника норм міжнародного права. При цьому збройна агресія “класична війна” та/або загроза

подальшої її ескалації є засобом підтримки невійськових заходів. До того ж, на відміну від “класичної” війни, у гібридній війні сторона, що зазнає нападу, часто не може ідентифікувати його як напад.

Важливо, що агресор використовує неконвенційні, приховані і неправові за суттю форми тиску, при цьому позиціонує їх як “вимушені” заходи у відповідь на порушення норм міжнародного або гуманітарного права країною-жертвою або її союзниками.

Сучасне поняття “гібридна війна” у масовій свідомості пов'язане насамперед із діями Російської Федерації в Україні. На рисунку 1 наведено схему “дизайну операції” із повернення України під російський вплив, який запропонував Ханс Мідтун [7].

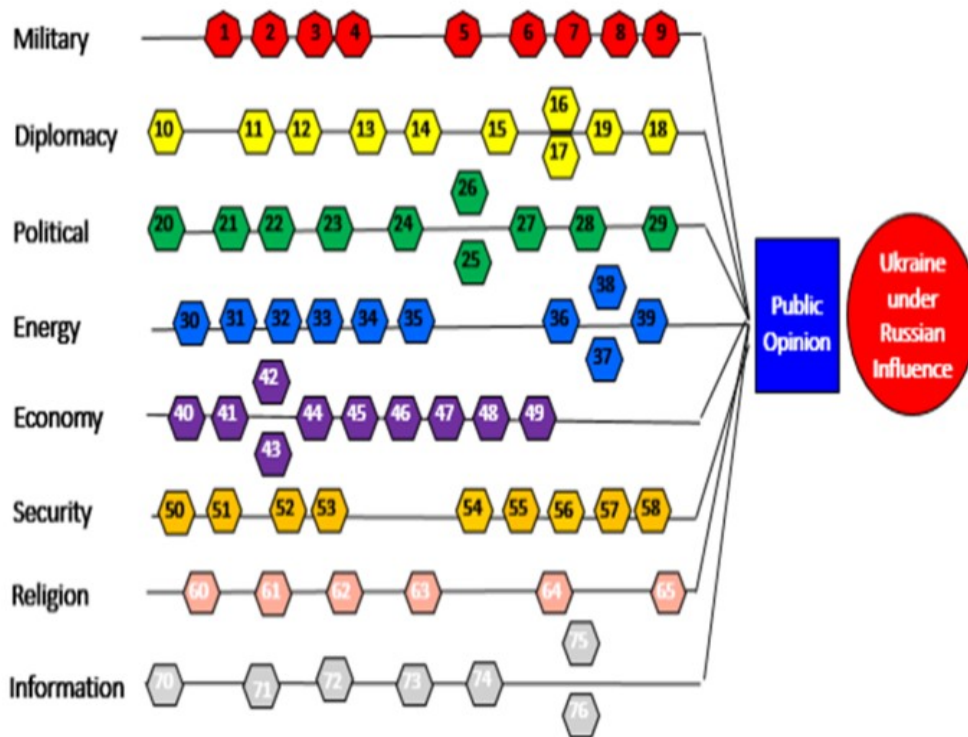


Рис. 1 Дизайн операції

Схема в цілому відображає сутність бачення конфлікту як сукупності різнорідних ліній операцій, які впливають на різні “центри тяжіння”, проте ведуть до спільного результату – зміни громадської думки як всередині України, так і поза її межами, що зрештою дасть змогу повернути Україну під контроль Росії.

Важливим аспектом у визначенні гібридної агресії є намагання уникнення країною-агресором правового статусу порушника норм міжнародного права.

На сьогодні система міжнародних відносин базується на положеннях статуту ООН [8], який добровільно зобов'язалися виконувати всі країни-члени організації. Слід зазначити, що статут ООН

містить суперечливі принципи, відповідно до яких можна легітимізувати абсолютно протилежні підходи у будь-якому конфлікті. Наприклад стосовно конфлікту у Сирії одна група країн обґрунтовує свою позицію дотриманням принципу загальної поваги до прав людини, інша – неприпустимістю втручання у внутрішні справи держави та наданням допомоги за запитом легітимного уряду. У випадку з незаконною окупацією Криму, Росія прикривається принципом самовизначення народів і націй, але одночасно грубо і неприховано нехтує принципами невтручання у внутрішні справи держави та поваги до територіальної цілісності держав.

Розуміючи механізм прийняття рішень у Раді Безпеки ООН та рушійні сили дій ключових гравців на міжнародній арені, можна зробити очевидний висновок – сучасна система міжнародних відносин не гарантує нікому і нічого. І дуже болючим для кожного громадянина України є факт, що наша країна стала хрестоматійним зразком жертви сучасної кризи міжнародних відносин.

Сутність кризи полягає в тому, що “червоні лінії” окреслені угодами, статутами, домовленостями застаріли і не відіграють стримуючої ролі для країн з потужним військовим потенціалом у процесі досягнення ними власних цілей. Якщо цілі національної політики формуються за імперськими лекалами, то і угоди та домовленості розглядаються лише як простір для пошуку прогалів у їх змісті для уникнення відповідальності за порушення їх суті. На жаль, сподіватись на можливість підписання з агресором кращої угоди без зміни фундаментальних засад формування його зовнішньої політики, подібне до сподівання на припинення крадіжок шляхом написання кращого Кримінального кодексу.

Ще одним чинником, що поступово знецінює значущість принципів міжнародних відносин, є науково-технічний прогрес. Статут ООН ухвалений напередодні ядерної ери, але задовго до космічної та інтернет-ери.

Сучасні технології дають урядам такі інструменти, які навіть неможливо було передбачити на час підписання статуту ООН. Завдяки інтернету, соціальним медіа, прозорості

кордонів, вільному обігу товарів і грошей, а також багатьом іншим технологіям розроблено настільки широкий спектр засобів втручання у внутрішні справи держави, що подекуди складно їх ідентифікувати. До речі, цілком можливо, що атака на нафтопереробні заводи саудівської компанії Saudi Aramco у 2019 році є одним із епізодів глобальної гібридної війни. Крім того, що досить дешеве обладнання завдало величезних прямих збитків, атака призвела до добового зростання ціни на нафту Brent на 13,86% і ледь не спричинила радикальну зміну структури нафтового ринку.

Таким чином, перспективи розвитку глобального та європейського безпекового середовища є досить похмурими. Сучасні технології і застарілі засади міжнародних відносин породжують нове глобальне протистояння, у якому головні опоненти практично необмежені у виборі засобів досягнення цілей.

І тут на перший план виходить проблема визначення глобальних цілей Російської Федерації. Якщо проаналізувати сутність заяв та дій Російських політиків, то цілком вірогідним є припущення, що з метою забезпечення стабільності існуючого в Росії режиму та відволікання уваги населення від внутрішніх проблем, діюча верхівка прагне досягнути успіхів у російській експансії на Захід. Виходячи з такого припущення можливо синтезувати дизайн операції з повернення Східної Європи під вплив Росії (рис. 2).

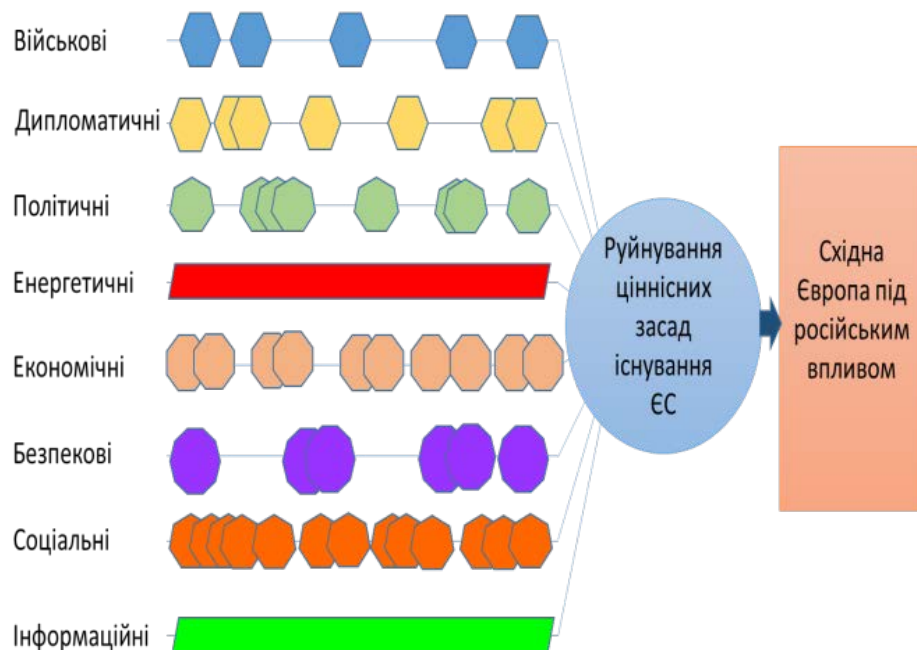


Рис. 2 Дизайн операції з повернення Східної Європи під вплив Росії

Дизайн розроблено з урахуванням тих же теоретичних положень, які використав Ханс

Мідтун для розроблення дизайну операції з повернення України у сферу впливу Росії.

Очевидно, що на сучасному етапі це неможливо реалізувати без руйнування засад існування альянсів, до складу яких входять країни Східної Європи, в тому числі засад існування Євросоюзу. Основними “лініями зусиль” будуть енергетична та інформаційна.

Акцією інформаційної лінії можливо віднести заяву В. Путіна в інтерв'ю газеті Financial Times про те, що ліберальна ідея віджила своє остаточно. При цьому В. Путін акцентує увагу саме на проблемах пов'язаних з міграцією, а саме на конфліктах корінного населення та мігрантів. Ця заява відразу викликала різку критику західних політиків. Практично негайно у відповідь висловився президент Європейської комісії Дональд Туск, який зазначив: “Той хто стверджує, що ліберальна демократія застаріла, стверджує також те, що застаріли свободи, застаріла правова держава, і що права людини застаріли”. Швидше за все така швидка і гостра реакція зумовлена тим, що ліберальну ідею покладено в основу створення та існування Європейського Союзу.

Справді, Євросоюз позиціонує себе як спільнота, об'єднана загальнолюдськими цінностями, а не швидкоплинними інтересами. Саме ліберальні цінності, покладені в основу взаємодії країн-членів Євросоюзу, приваблюють населення країн найближчого оточення, в тому числі України, та істотно впливають на формування внутрішньої політики країн-членів. Як не дивно, але прихильниками загальнолюдських цінностей є і певна частина населення Росії, яку російські фахівці стратеги називають носіями “протестного потенціалу населення” та активно йому протидіють. Таким чином, атаку В.Путіним ліберальної ідеї не слід сприймати як звичайне філософствування перед

журналістами, варто поставити її в один ряд з Мюнхенською промовою, тезами про Україну як “неспроможну державу”, оголошену задовго до незаконної окупації Криму. Саме ця теза про застарілість ліберальної ідеї розкриває сутність протистояння в Європі і показує основне джерело загроз у сучасному і найближчому майбутньому середовищі безпеки, в тому числі для Європейського союзу і НАТО.

Небезпечними трендами гібридної агресії є зловживання демократичними цінностями, а також маніпулювання ними, що може довести їх до абсурду, сформувати різко негативне їх сприйняття виборцями, і спричинить прихід до влади політиків-популістів. Саме спекуляція демократичними цінностями дає змогу:

вести потужні пропагандистські кампанії через “вільні” засоби інформації, використовувати соціальні медіа для “інформаційного кілерства” певних партій або політиків;

застосовувати інструменти ринкової економіки для монополізації енергетичного ринку;

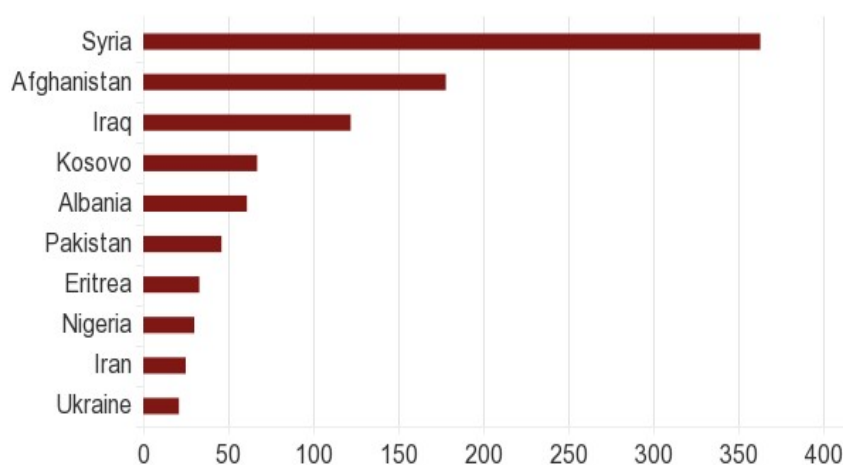
надавати приховану матеріальну підтримку партіям, організаціям, кампаніям та політикам, які впливають на політичний ландшафт країни;

сприяти появі хвиль міграції значних мас населення у демократичні країни провокуючи військові кризи в сусідніх державах.

Як приклад останньої тези можна розглянути приклад конфлікту в Сирії. Адже саме підтримка Росією режиму Башара Асада призвела до його загострення. Як наслідок, відповідно до різних даних поза межами Сирії знаходяться від 5 до 6,5 мільйонів сирійських біженців. В той же час, найбільше шукачів притулку в Європі у розпал міграційної кризи в Європі було саме з Сирії (рис.3.)

Top 10 origins of people applying for asylum in the EU

First-time applications in 2015, in thousands



Source: Eurostat

Рис. 3 Співвідношення кількості мігрантів

Міграційна криза в Європі не виникла сама по собі. Для кожної людини покинути все у пошуках гідних умов життя є дуже складним рішенням. Як правило це є жестом останньої надії, коли на батьківщині відсутня навіть сподівання на можливість кращого життя. В свою чергу, метою міграції є країни, де забезпечується не стільки можливість створення прийнятних побутових умов, скільки забезпечення безпеки та поваги до загальнолюдських прав. Тому передбачувано, що основні маршрути міграції будуть брати початок в країнах та регіонах де ведуться збройні конфлікти. Кінцевою точкою в цих шляхах, будуть країни де на належному рівні забезпечуються права людини.

В свою чергу, вплив мігрантів створює значне навантаження на економіку та соціальну сферу і спричиняє соціальну напругу всередині країни, що надає притулок. Виходячи з таких міркувань у згаданому інтерв'ю В. Путін формулює наворот критики ліберального устрою, через неефективне реагування на проблему, до якої сам і приклав зусиль. Саме цей наворот просувають і популістичні російські політики, які в подальшому це більше підживляють ліберальні цінності.

Таким чином, вплив міграційної кризи на єдність Євросоюзу полягає в її руйнуванні ключових цінностей демократичних країн, та, як наслідок, провокує зростання націоналістичних настроїв і впливовості популістичних політиків, в тому числі, проросійських.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Виходячи з поточного дослідження, можна стверджувати, що Росія чітко реалізує свою ідею “селективної багатополарності”, це означає, що вона бере активну участь у конфліктах на міжнародній арені та ретельно вибирає лише тих опонентів, які дозволяють їй проявити себе як глобальну силу на світовій арені, “той, хто приводить у рух речі”. Якщо припустити, що Росія не відмовилася від своїх агресивних амбіцій як у своїх сусідніх країнах, так і в усьому світі, то можна очікувати, що вона має намір і в майбутньому втручатися у конфлікти в інших державах. Таким чином, в інтересах західних країн, постійно оцінювати ситуацію в кожному конкретному випадку та вживати активних контрзаходів, щоб уникнути масових міграційних потоків (швидше за все, до ЄС), як тільки стане очевидним, що Росія націлена на деякі з країн. Для ЄС це означатиме ретельний та об'єктивний моніторинг політичної ситуації, а також потенційних гібридних сценаріїв у різних країнах світу - не події, які хотів би бачити ЄС у цих країнах, а те, що насправді відбувається там.

Отже, перспективою подальших наукових досліджень у цьому напрямі передбачено розроблення методичних підходів до формування політики держави щодо її впливу на припинення незаконних міграційних потоків.

Література

1. Горбулін В. Світова гібридна війна: Український фронт. *Національний інститут стратегічних досліджень*. 2017. С. 496. 2. Попович В. Гібридна війна як сучасний спосіб ведення війни: історичний та сучасний виміри 2016. № 2 (35). С. 75–79. 3. Феськов І. Основні методи ведення гібридної війни. *Вісник НУ ОЮА Актуальні проблеми політики*. 2016. С. 66–77. 4. Полумієнко С. Гібридна війна, її окремі передумови стратегії та наслідки: *Вісник НАК України*. 2017. № 8. С.72-82. 5. Countering Russia's Hybrid Threats: An Update. Revised Draft Special Report by Lord Jopling (United

Kingdom) Special Rapporteur. – NATO Parliamentary Assembly, [https://www.nato-pa.int/download_file?filename=sites/default/files/2018-10/2018_6_Lanoszka_A_Russian_Hybrid_Warfare_and_Extended_Deterrence_in_Eastern_Europe_2016_International_Affairs_92\(1\)_7_Hans_Mitun_Hybrid_War_in_Ukraine_-_predictions_for_2019_and_beyond_8_Charter_United_Nations_2012.Uniting_Our_Strengths_for_Peace_-_Politics_Partnership_and_People_Report_of_the_High-Level_Independent_Panel_on_United_Nations_Peace_Operations_A/70/95-S/2015/446_16_June_2015](https://www.nato-pa.int/download_file?filename=sites/default/files/2018-10/2018_6_Lanoszka_A_Russian_Hybrid_Warfare_and_Extended_Deterrence_in_Eastern_Europe_2016_International_Affairs_92(1)_7_Hans_Mitun_Hybrid_War_in_Ukraine_-_predictions_for_2019_and_beyond_8_Charter_United_Nations_2012.Uniting_Our_Strengths_for_Peace_-_Politics_Partnership_and_People_Report_of_the_High-Level_Independent_Panel_on_United_Nations_Peace_Operations_A/70/95-S/2015/446_16_June_2015).

МИГРАЦИОННЫЙ КРИЗИС КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ГИБРИДНОЙ ВОЙНЫ

Шевчук Виталий Викторович (кандидат военных наук.)¹
Пунда Юрий Васильевич (доктор военных наук, с.н.с)²

¹ *Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна*

² *Міністерство оборони України, Київ, Україна*

В статье говорится о предпосылках и истоки масштабных миграционных процессов, происходящих на территориях государств Европейского Союза (ЕС) в течение последнего десятилетия, приведены исследования связи между миграционными потоками и современными гибридными войнами, ссылаясь на корреляцию непохожих условий ведения войны, которые отображают использование, как военных так и невоенных средств, гибридной экспансии Российской Федерации. Исследование является важным для обеспечения региональной безопасности стран Восточной Европы, поскольку с одной стороны гибридные угрозы со стороны России рассматриваются как основные для национальной безопасности Украины, а с другой стороны как социальная напряженность, вызванная кризисами беженства и связанными с ними страхами, которые являются одними из основных факторов политической нестабильности и социальной раздробленности во всем мире, а следовательно провокация

возникновения масштабных миграционных потоков может быть новой формой ползучей гибридной экспансии Российской Федерации, которая проводится с целью достижения последней своих амбициозных целей.

Ключевые слова: миграционный кризис, гибридная война, экспансия, социальная напряженность, многополярность.

MIGRATION CRISIS AS A COMPONENT OF A HYBRID WAR

Vitalii Shevchuk (Candidate of military sciences),¹

Yurii Punda (Doctor of military sciences)²

¹*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

²*Ministry of Defense of Ukraine, Kiev, Ukraine*

The article discusses the preconditions and origins of large-scale migration processes taking place in the territories of the European Union (EU) over the past decade and presents a study of the relationship between migration flows and modern hybrid wars, referring to the correlation of dissimilar warfare conditions, both military and non-military means of hybrid expansion of the Russian Federation. The description of the procedures representing the use of conventional and non-traditional means of influence of Russia, as well as its state and non-state actors, which are aimed at provoking instability, disorder of state-building processes in Ukraine and the European Union.

The study is important for the regional security of Eastern European countries since on the one hand, hybrid threats from Russia are seen as fundamental to Ukraine's national security, and, on the other hand, social tensions caused by refugee crises and related fears, which are major factors in political instability and social fragmentation around the world, and therefore the provocation of large-scale migration flows may be a new form of creeping hybrid expansion of the Russian Federation, carried out in order to achieve the latter's ambitious goals.

Keywords: migration crisis, hybrid war, expansion, social tension, multipolarity.

References

1. Horbulin V. Svitova hibrydna viina: Ukrainskyi front. Natsionalnyi instytutu stratehichnykh doslidzhen. 2017. S. 496. **2. Popovych V.** Hibrydna viina yak suchasnyi sposib vedennia viiny: istorychnyi ta suchasnyi vymiry 2016. № 2 (35). S. 75–79. **3. Feskov I.** Osnovni metody vedennia hibrydnoi viiny. Visnyk NU OIuA Aktualni problemy polityky. 2016. S. 66–77. **4. Polumiienko S.** Hibrydna viina, yii okremi peredumovy stratehii ta naslidky: Visnyk NAK Ukrainy. 2017. № 8. S.72-82 **5.** Countering Russia's Hybrid Threats: An Update. Revised Draft Special Report by Lord Jopling (United Kingdom) Special Rapporteur. –

NATO Parliamentary Assembly, <https://www.nato-pa.int/download-file?filename=sites/default/files/2018-10/2018>. **6. Lanoszka A.** Russian Hybrid Warfare and Extended Deterrence in Eastern Europe. 2016 *International Affairs*, 92(1). **7 Hans Mitun.** Hybrid War in Ukraine – predictions for 2019 and beyond. **8.** Charter United Nations, 2012. Uniting Our Strengths for Peace – Politics, Partnership and People, Report of the High-Level Independent Panel on United Nations Peace Operations, A/70/95-S/2015/446, 16 June 2015.

Валентин Петрович Романюк¹

Анатолій Анатолійович Нікітін (доктор філософії)¹

Світлана Олександрівна Ганненко¹

Євген Володимирович Морщ (кандидат технічних наук)²

¹ Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

² Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Київ, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕСУРСНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЦІЛЬОВОЇ ПРОГРАМИ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що під час виникнення надзвичайних ситуацій необхідно розрахувати сили і засоби, які можуть бути задіяні для їх ліквідації. Проблема оптимізації ресурсів під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій залишається актуальною сьогодні не тільки для України, але й для усього світу. Для розв'язання цих задач розробляються математичні моделі залежно від станів джерел загроз і ресурсів захисту. В управляючому комплексі формулюються задачі розподілу ресурсів захисту за результатами прогнозування. У статті розглянуто математичні моделі ресурсної оптимізації для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій залежно від станів джерел загроз і ресурсів захисту. Побудова зазначених математичних моделей залежить від особливостей району ступеня ескалації збройного конфлікту на Південному Сході України. Після визначення обсягів ресурсів сил і засобів запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій розробляється сценарій їх застосування та передбачається використання програмно-цільового підходу. Зазначений підхід дозволяє вирішити задачу ресурсної оптимізації, яка розглядається як процес застосування ресурсів по операціях – системі заходів програми по етапах планування. При цьому, комплекс операцій програми задається його математичною моделлю – сітьовим графом, який відображає операційний склад програми і її логічну структуру. Внаслідок чого виникають дві інтерпретації основної задачі ресурсної оптимізації процесу (пряма та обернена), які максимізують ефективність процесу за рахунок раціонального використання ресурсів. Формальна постановка задач потребує для їх вирішення застосування методів нелінійного програмування. В статті використаний метод невизначених множників Лагранжа. Формалізація задачі дослідження дозволяє застосувати методи математичного програмування і одержати її рішення у вигляді алгоритмів та математичних моделей. В статті висвітлений науковий результат, що має прикладне значення – математична модель та алгоритми вирішення задачі оптимального управління ресурсами при запобіганні і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Суть розробленої моделі та алгоритму полягають у розрахунку оптимального розподілу ресурсів по об'єктах на основі оцінки загроз і нормативних витрат ресурсів та розробці оптимальної програми (сценарію) застосування ресурсів. На основі методів математичного програмування розроблені алгоритми, які при наявності вихідних даних дозволяють вирішити задачі оптимального управління при виконанні заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідації їхніх наслідків, а також оптимізацію програми-сценарію дій сил при виконанні цих заходів. Використання даних моделей дозволяє підвищити якість прийняття рішень, стосовно створення раціонального використання сил і засобів під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: ліквідація надзвичайних ситуацій, програма застосування сил і засобів, ресурсна оптимізація, техногенна загроза, математична модель.

Вступ

Досвід операції Об'єднаних сил (ООС), АТО показав низку невідповідностей у практиці виконання завдань підрозділами під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС) щодо відновлення об'єктів інфраструктури, які були зруйновані незаконними збройними формуваннями (НЗФ), об'єктів хімічної промисловості та атомної енергетики. Одним із

самих складних питань під час планування виконання завдань щодо відновлення об'єктів інфраструктури було оперативне та якісне обґрунтування оптимізації цільової програми застосування сил і засобів запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

При цьому відмічалася нерівномірність термінів виконання запланованих обсягів завдань на об'єктів різного значення.

Постановка проблеми. Проблема оптимізації ресурсів при ліквідації надзвичайних ситуацій залишається актуальною сьогодні не тільки для України, але й для усього світу. Враховуючи глобальні та регіональні виклики, що пов'язані з ростом зношеності основних фондів небезпечних підприємств, значною кількістю хімічно та радіаційнонебезпечних об'єктів на території проведення ООС і в безпосередній близькості до лінії зіткнення зростають техногенні загрози та ризик виникнення надзвичайних ситуацій в разі ураження таких об'єктів внаслідок застосування звичайного артилерійського озброєння та здійснення диверсійних актів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що для ліквідації надзвичайних ситуацій необхідно розрахувати ресурс, який може бути задіяний для ліквідації НС [1]. Для розв'язання цих задач розробляються математичні моделі залежно від станів джерел загроз і ресурсів захисту. В управляючому комплексі формулюються задачі розподілу ресурсів захисту за результатами прогнозування.

Побудова зазначених моделей залежить від особливостей зони проведення ООС. Для порівняно простих випадків, коли між параметрами існує однозначна залежність (наприклад, залежність рівня радіаційного забруднення від виду радіонукліда і часу), можуть використовуватися детерміновані (алгебраїчні чи інтегро-диференціальні) моделі [2]. На практиці частіше зустрічаються випадки, коли залежність між параметрами неможливо описати однозначно через стохастичну природу (наприклад, залежність кількості евакуйованого населення від стану дорожніх магістралей і транспорту, часу року і доби, природно-кліматичних умов і т.ін.). Якщо існує достатня статистика випадкових реалізацій цих процесів, можуть застосовуватися ймовірнісні моделі [3, 4, 5]. Якщо ж відомі тільки області значень їхніх параметрів, а конкретні значення не передбачувані, можуть застосовуватися моделі теорії ігор [6]. Для опису казуальних зв'язків між якісними параметрами, що вимірюються у порядкових чи номінальних шкалах (наприклад, залежність ступеня руйнування будинків від їхньої сейсмостійкості й інтенсивності землетрусів), можуть використовуватися формалізовані представлення у вигляді логіко-лінгвістичних моделей [7, 8, 9].

Труднощі з побудовою цих моделей часто зумовлені багатомірністю і багатозв'язністю параметрів, що відображають процеси розвитку НС. Для зменшення складності створюваних моделей можна застосовувати методи декомпозиції й агрегування [10]. За результатами моделювання наслідків уражаючих впливів вирішуються задачі управляючого комплексу. Для цих задач можливе застосування математичного апарату дослідження операцій [11, 12].

Мета статті полягає у розробці математичної моделі ресурсної оптимізації програми

застосування сил і засобів запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Виклад основного матеріалу дослідження

Після визначення обсягів ресурсів, що виділяються на об'єкти застосування системи техногенної безпеки зони проведення ООС, розробляється сценарій застосування даних ресурсів. Тут також доцільно використовувати програмно-цільовий підхід, який дозволяє вирішити задачу ресурсної оптимізації, що розглядаються як процес застосування ресурсів по операціях – системі заходів програми.

На етапі планування:

- визначаються пріоритетні напрями виконання робіт;
- визначається головна (системна) мета програми;
- визначаються обсяги робіт з запобігання або ліквідації наслідків НС і джерела ресурсів для їх використання на об'єктах застосування;
- розробляється цільова комплексна програма (ЦКП) робіт;
- реалізується ЦКП робіт як процес переведення системи з поточного надзвичайного стану у стан, що вважається безпечним.

Комплекс операцій програми задається його математичною моделлю – сітвовим графом, що відображає операційний склад програми і її логічну структуру та показаний на рис. 1.

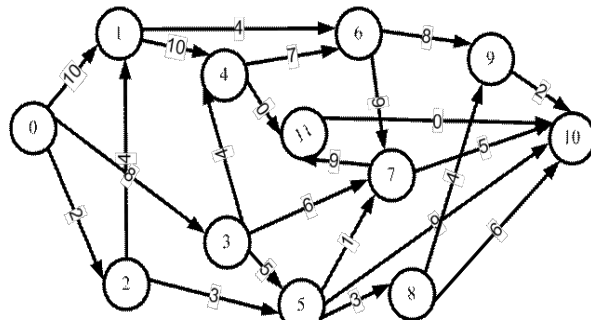


Рис. 1. Сітвовий граф комплексу операцій програми

Нехай для сітвового графу відомо:

структурна матриця процесу як матриця розподілу операцій по шляхам ("m шляхів – n операцій") –

$$V(m, n) = \|v_{ij}\|_{m \times n} \quad (1)$$

де $v_{ij}=1$, якщо i-му шляху сітвового графу належить j-та операція, $v_{ij}=0$ – в протилежному випадку;

ресурсоємність операцій (тис.грн·діб) –

$$A = \langle a_j, j = 1 \dots n \rangle, \quad (2)$$

директивний термін завершення процесу (діб) – TS.

Між обсягом ro_j , продуктивністю $bo_j(y_j)$ ресурсів в складі y_j одиниць і тривалістю to_j

кожної j -ої операції існує залежність, що визначається інтегральним рівнянням

$$ro_j = \int_0^{to_j} bo_j(y_j, t) dt, \quad j=1 \dots n. \quad (3)$$

Якщо припустити незмінну нормативну продуктивність b_j кожної одиниці ресурсів при виконанні даної операції за час to_j , тоді підінтегральна функція в –

$$bo_j(y_j, t) \approx b_j \cdot y_j, \quad j=1 \dots n, \quad (4)$$

і інтегральне рівняння прийме вигляд –

$$ro_j = b_j \cdot y_j \cdot to_j, \quad j=1 \dots n \quad (5)$$

Позначимо співвідношення $(ro_j/b_j)=a_j$ і назвемо його "ресурсоемністю" j -ої операції, оскільки вона має загальну розмірність (одиниця ресурсу)-(одиниця часу), що витікає з рівняння

$$a_j = y_j \cdot to_j, \quad j=1 \dots n. \quad (6)$$

Ресурсоемність може мати розмірність (тис.грн*діб), (осіб*годин), тощо. При будь-якому плані розподілу ресурсів між операціями

$$Y = \langle y_j, \quad j=1 \dots n \rangle, \quad (7)$$

тривалість кожної операції –

$$to_j = \frac{a_j}{y_j}, \quad j=1 \dots n, \quad (8)$$

тривалість кожного шляху сітьового графа –

$$tw_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \cdot to_j(y_j), \quad i=1 \dots m, \quad (9)$$

тривалість процесу –

$$T(Y) = \max_{i=1 \dots m} tw_i \quad (10)$$

і сумарний потрібний ресурс (бюджет) –

$$B = \sum_{j=1}^n y_j \quad (11)$$

Виникають такі дві інтерпретації основної задачі ресурсної оптимізації процесу.

Пряма задача – на множині планів $\{Y\}$ розподілу ресурсів по операціях процесу, кожний з котрих $Y = \langle y_j, j=1 \dots n \rangle$ задовольняє обмеженню на бюджет

$$B(Y) = \sum_{j=1}^n y_j \leq BS, \quad (12)$$

знайти такий (оптимальний) план $Y = \langle y_j, j=1 \dots n \rangle$, що мінімізує тривалість процесу

$$T(YO) = \max_{i=1 \dots m} tw_i = \min_{\{Y\}} T(Y). \quad (13)$$

Обернена задача – на множині планів $\{Y\}$ розподілу ресурсів по операціях процесу, кожний з котрих $Y = \langle y_j, j=1 \dots n \rangle$ задовольняє обмеженню на тривалість процесу

$$T(Y) = \max_{i=1 \dots m} tw_i \leq TS, \quad (14)$$

знайти такий (оптимальний) план $Y = \langle y_j, j=1 \dots n \rangle$, що мінімізує потрібний бюджет

$$B(YO) = \sum_{j=1}^n y_j \quad (15)$$

Обидві інтерпретації основної задачі ресурсної оптимізації процесу максимізують ефективність процесу за рахунок раціонального використання ресурсів. Формальна постановка задач потребує для їх вирішення застосування методів нелінійного програмування.

Розглянемо підходи до вирішення прямої задачі.

Оскільки оператор \max у виразу для цільової функції виключає можливість її аналітичного подання, то аналітичні методи нелінійного програмування також виключаються. Проаналізуємо зміст цільової функції.

Необхідною умовою мінімуму цільової функції $T(Y)$ є однакова тривалість усіх шляхів сітьового графа (коли усі шляхи – "критичні"), тому для вирішення задачі обираємо ітераційний метод "попарної корекції" (перерозподілу) ресурсів між шляхами з мінімальною і максимальною тривалістю. Алгоритм вирішення такий.

Наперед будь-яким чином (виходячи із здорового глузду) вибираємо перше наближення – план $Y = \langle y_j, j=1 \dots n \rangle$, формуємо допоміжну матрицю

$$X = Y \cdot V = \left\| v_{ij} \cdot \frac{y_j}{n_j} \right\| = \left\| x_{ij} \right\|_{m \times n}, \quad (16)$$

де $n_j = \sum_{i=1}^m v_{ij}, \quad j=1 \dots n$

і обчислюємо масив $tw_i, i=1 \dots m$. Надаємо припустиму точність вирішення задачі – $\sigma_{\text{прип}}$.

1) У масиві $tw_i, i=1 \dots m$ шукаємо "мінімальний" і "максимальний" елементи:

$$tw_r = \min_{\{i\}} tw_i, \quad tw_s = \max_{\{i\}} tw_i. \quad (17)$$

2) Визначаємо різницю між ними –

$$\Delta t = tw_s - tw_r. \quad (18)$$

Для усунення Δt необхідно частку ресурсу Δn зняти зі шляху - way_r і призначити на шлях - way_s , так щоб змінювання їхньої тривалості в сумі дало Δt .

Запишемо цю умову у вигляді лінійного наближення:

$$\Delta t = \left| \frac{dtw_r}{dnw_r} \cdot (-\Delta n) \right| + \left| \frac{dtw_s}{dnw_s} \cdot (+\Delta n) \right|, \quad (19)$$

звідки кількість ресурсів, котра знімається з way_r і призначається на way_s –

$$\Delta n = \frac{\Delta t}{\left| \frac{dtw_r}{dnw_r} \right| + \left| \frac{dtw_s}{dnw_s} \right|} \quad (20)$$

або

$$\Delta n = \frac{\Delta t}{|l_r| + |l_s|} \quad (21)$$

3) Корегуємо ресурси шляхів way_r, way_s –

$$nw_r = nw_r - \Delta n, \quad nw_s = nw_s + \Delta n, \quad (22)$$

$$x_{rj} = nw_r, \quad x_{sj} = nw_s, \quad j=1 \dots n. \quad (23)$$

4) Визначаємо точність рішення –

$$\sigma = \frac{2\Delta t}{(tw_s + tw_r)} \quad (24)$$

і перевіряємо умову зупинки ітераційної процедури –

$$\sigma < \sigma_{\text{прип}} \quad (25)$$

Якщо умова виконується, то рішення знайдене (переходимо до п.7), в протилежному випадку продовжуємо пошук.

5) Знаходимо сумарний ресурс кожної операції –

$$nv_j = \sum_{i=1}^m v_{ij} \cdot x_{ij}, \quad j = 1 \dots n \quad (26)$$

і обчислюємо масив С –

$$c_{ij} = \frac{a_j \cdot x_{ij}}{nv_j}, \quad j = 1 \dots n, i = 1 \dots m. \quad (27)$$

6) Звертаємося до обчислювання масиву тривалостей шляхів tw_i (перехід до п.1).

7) Обчислюємо мінімальну тривалість процесу $ts = 0.5 \cdot (tw_r + tw_s)$, (28)

план розподілу ресурсів по операціях –

$$y_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}, \quad j = 1 \dots n, \quad (29)$$

а також тривалість операцій –

$$t_j = \frac{a_j}{y_j}, \quad j = 1 \dots n. \quad (30)$$

Кінець процедури.

Розглянемо методи вирішення оберненої задачі. Обмеження на тривалість процесу означає, що будь-який шлях на сітьовому графу повинен дорівнювати директивній тривалості процесу в цілому –

$$tw_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \cdot to_j(y_j) = TS, \quad i = 1 \dots m. \quad (31)$$

Оскільки тепер система обмежень і цільова функція мають аналітичне подання, можна застосувати метод невизначених множників Лагранжа. Очевидно, для m рівнянь-обмежень існує вектор множників Лагранжа –

$$\Lambda = \langle \lambda_i, \quad i = 1 \dots m \rangle. \quad (32)$$

Утворюємо функцію Лагранжа –

$$\Phi(Y, \Lambda) = B(Y) + \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot (TS - tw_i). \quad (33)$$

Умова існування "сідлової точки" функції Лагранжа – рівність нулю частинних похідних функції Лагранжа по векторах Y і Λ –

$$\frac{d\Phi}{dy_j} = \frac{dB}{dy_j} - \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot \left(\frac{dtw_i}{dy_j}\right) = 0, \quad j = 1 \dots n; \quad (34)$$

$$\frac{d\Phi}{d\lambda_i} = TS - tw_i = 0, \quad i = 1 \dots m. \quad (35)$$

Вирішення системи $(n+m)$ алгебраїчних рівнянь і дає оптимальні вектори Y^* , Λ^* . Процес вирішення також ітераційний, з вибором

початкового наближення Y^0 , Λ^0 і кроку ітерацій $(\Delta y_j, j = 1 \dots n; \Delta \lambda_i, i = 1 \dots m)$ в процесі пошуку "сідлової точки" функції Лагранжа. За допомогою направляючого вектора

$$W = \left\{ \frac{d\Phi}{dy_j}, j = 1 \dots n; -\frac{d\Phi}{d\lambda_i}, i = 1 \dots m \right\} \quad (36)$$

визначається поточна "відображаюча точка" Y^k , Λ^k на k -ій ітерації –

$$y_j^k := y_j^{k-1} + \left(\frac{d\Phi}{dy_j}\right) \cdot \Delta y_j, \quad j = 1 \dots n, \quad (37)$$

$$\lambda_i^k := \lambda_i^{k-1} - \left(\frac{d\Phi}{d\lambda_i}\right) \cdot \Delta \lambda_i, \quad i = 1 \dots m. \quad (38)$$

Однак для практичних випадків рішення системи складних алгебраїчних рівнянь при великій розмірності векторів Y , Λ виникає проблема вибору початкового наближення, кроку ітерації і збіжності процесу рішення. Тому рішення також шукається методом "корекції".

Таким чином, формалізація задачі дослідження дозволила застосувати для її вирішення найбільш придатні методи математичного програмування і одержати її рішення у вигляді алгоритмів, описаних вище.

Висновки й перспективи подальших досліджень

1. Отриманий основний науковий результат, що має прикладне значення – математична модель та алгоритми вирішення задач оптимального управління ресурсами при запобіганні і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Суть розробленої моделі та алгоритму полягають:

- розрахунку оптимального розподілу ресурсів по об'єктах на основі оцінки загроз і нормативних витрат ресурсів;
- розробці оптимальної програми (сценарію) застосування ресурсів.

2. На основі методів математичного програмування розроблені алгоритми, які при наявності вихідних даних дозволяють вирішити задачі оптимального управління при виконанні заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідації їхніх наслідків, а також оптимізацію програми-сценарію дій сил при виконанні цих заходів.

3. Використання даних моделей дозволить підвищити якість прийняття рішень, стосовно створення раціонального використання сил і засобів під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

4. Подальші дослідження в напрямку оптимізації цільової програми застосування сил і засобів запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій із застосуванням обчислювальної техніки дозволять одержати конкретні кількісні показники для вирішення задач ресурсної оптимізації. Зазначене підкреслює актуальність розробки відповідного програмного забезпечення.

Література

1. Биченок М.М. Основы информатизации управления региональной безопасностью. / М.М. Биченок, С.О. Довгий – К.: Наук. думка, 2004. – 287 с. 2. Еремеев И.С. Автоматизированные системы радиационного мониторинга окружающей среды. – Киев: Наук. думка, 1990. – 256 с. 3. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987. – 336 с. 4. Овезгельдыев А. О., Петров Э.Г., Петров К.Э. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации / Под ред. Э.Г. Петрова. – К.: Наук. думка, 2002. – 164 с. 5. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. – М.: Наука, 1981. – 258 с. 6. Горелик В.А., Кононенко А.Ф. Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах. – М.: Радио и связь, 1982. – 144 с. 7. Довгий С.О., Копійка О.В., Тарасенко І.В. Нова телекомунікаційна мережа – основний чинник підвищення доступності інформаційного ресурсу // Екологія і ресурси. – К.: РНБОУ, 2001. – С. 19 – 27. 8. Глазун В.П. Планирование решений. – Киев: Наук. думка, 1987. – 168 с. 9. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М. – Энергоиздат, 1981. – 232 с. 10. Полищук С.З., Рябко А.И. Системное моделирование и управление изменением состояния окружающей среды при разработке стратегии устойчивого развития на региональном уровне // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ: ІППЕ НАНУ, 2003. – №5. – С. 69 – 76. 11. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Высш.шк., 1989. – 367 с. 12. Ермольев Ю.М., Ляшко И.И., Михалевич В.С. и др. Математические методы исследования операций. – Киев: Выща шк., 1979. – 312 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕСУРСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Валентин Петрович Романюк¹

Анатолий Анатольевич Никитин (доктор философии)¹

Светлана Александровна Ганненко¹

Евгений Владимирович Морцишт (кандидат технических наук)²

¹ *Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна*

² *Государственная служба Украины по чрезвычайным ситуациям, Киев, Украина*

Анализ последних исследований и публикаций показал, что при возникновении чрезвычайных ситуаций необходимо рассчитать силы и средства, которые могут быть задействованы для их ликвидации. Проблема оптимизации ресурсов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций остается актуальной сегодня не только для Украины, но и для всего мира. Для решения этих задач разрабатываются математические модели в зависимости от состояний источников угроз и ресурсов защиты. В управляющем комплексе формулируются задачи распределения ресурсов защиты по результатам прогнозирования. В статье рассмотрены математические модели ресурсной оптимизации для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в зависимости от состояний источников угроз и ресурсов защиты. Построение указанных математических моделей зависит от особенностей района степени эскалации вооруженного конфликта на юго-востоке Украины. После определения объемов ресурсов сил и средств предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций разрабатывается сценарий их применения и предполагается использование программно-целевого подхода. Указанный подход позволяет решить задачу ресурсной оптимизации, которая рассматривается как процесс применения ресурсов по операциям - системе мероприятий программы по этапам планирования. При этом, комплекс операций программы задается его математической моделью - сетевым графом, который отражает операционный состав программы и ее логическую структуру. В результате возникают две интерпретации основной задачи ресурсной оптимизации процесса (прямая и обратная), которые максимизируют эффективность процесса за счет рационального использования ресурсов. Формальная постановка задач требует для их решения применения методов нелинейного программирования. В статье использован метод неопределенных множителей Лагранжа. Формализация задачи исследования позволяет применить методы математического программирования и получить ее решение в виде алгоритмов и математических моделей. В статье освещен научный результат, имеющий прикладное значение - математическая модель и алгоритмы решения задач оптимального управления ресурсами при предотвращении и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Суть разработанной модели и алгоритма заключаются в расчете оптимального распределения ресурсов по объектам на основе оценки угроз и нормативных затрат ресурсов и разработке оптимальной программы (сценария) применения ресурсов. На основе методов математического программирования разработаны алгоритмы, которые при наличии исходных данных позволяют решить задачи оптимального управления при выполнении мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций, ликвидации их последствий, а также оптимизацию программы-сценария действий сил при выполнении этих мероприятий. Использование данных моделей позволяет повысить качество принятия решений, о создании рационального использования сил и средств ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: *ликвидация чрезвычайных ситуаций, программа применения сил и средств, ресурсная оптимизация, техногенная угроза, математическая модель.*

MATHEMATICAL MODEL OF RESOURCE OPTIMIZATION OF THE TARGET PROGRAM FOR USE OF FORCES AND MEANS OF PREVENTION AND ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS

*Valentin Romanyuk*¹

*Anatolii Nikitin (Doctor of philosophy)*¹

*Svitlana Hannenko*¹

*Evgen Morshch (Candidate of Technical Sciences)*²

¹ *National Defense University of Ukraine named by Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

² *State Service of Ukraine in Supervision of Situations, Kiev, Ukraine*

An analysis of recent research and publications has shown that during emergencies, it is necessary to calculate the forces and means that can be used to eliminate them. The problem of optimizing resources during the elimination of the consequences of emergencies remains relevant today not only for Ukraine but also for the whole world. To solve these problems, mathematical models are developed depending on the state of threat sources and protection resources. In the control complex the problems of distribution of protection resources according to forecasting results are formulated. The article considers mathematical models of resource optimization to eliminate the consequences of emergencies depending on the state of sources of threats and resources of protection. The construction of these mathematical models depends on the characteristics of the area of the degree of escalation of the armed conflict in the South-East of Ukraine. After determining the amount of resources of forces and means to prevent and eliminate the consequences of emergencies, a scenario of their application is developed and the use of program-targeted approach is envisaged. This approach allows to solve the problem of resource optimization, which is considered as a process of applying resources for operations - a system of measures of the program at the stages of planning. In this case, the set of operations of the program is given by its mathematical model - a network graph, which reflects the operational composition of the program and its logical structure. As a result, there are two interpretations of the main task of resource optimization of the process (direct and inverse), which maximize the efficiency of the process through the rational use of resources. Formal formulation of problems requires the use of nonlinear programming methods to solve them. The method of indefinite Lagrange factors is used in the article. Formalization of the research problem allows to apply methods of mathematical programming and to receive its decision in the form of algorithms and mathematical models. The article highlights the scientific result, which has an applied value - a mathematical model and algorithms for solving problems of optimal resource management in preventing and eliminating the consequences of emergencies. The essence of the developed model and algorithm is to calculate the optimal allocation of resources by objects based on the assessment of threats and regulatory costs of resources and the development of the optimal program (scenario) of resource use. Based on the methods of mathematical programming, algorithms are developed, which in the presence of initial data allow to solve the problems of optimal control in the implementation of measures to prevent emergencies, eliminate their consequences, as well as optimize the program-scenario of forces during these measures. The use of these models allows to improve the quality of decision-making in relation to the creation of rational use of forces and means during the elimination of the consequences of emergencies.

Keywords: emergency response, program for the use of forces and means, resource optimization, man-made threat, mathematical model.

References

1. Bichenok M.M. Fundamentals of informatization of regional security management. / M.M. Биченок, С.О. Лонг - К.: Nauk. opinion, 2004. - 287 p.
2. Ereemeev IS Automated environmental radiation monitoring systems. - Kiev: Science. opinion, 1990. - 256p.
3. Gnedenko BV, Kovalenko IN Introduction to queuing theory. - M.: Hayka, 1987. - 336 c.
4. Ovezgeldyev AO, Petrov EG, Petrov KE Synthesis and identification of multifactor evaluation and optimization models / Ed. E.G. Petrova. -K.: Hayk. opinion, 2002.-164 p.
5. Trukhaev RI Models of decision making in conditions of uncertainty. - M.: Nauka, 1981. - 258p.
6. Gorelik VA, Kononenko AF Theoretical and game models of decision making in ecological and economic systems. - M.: Radio and communication, 1982. - 144p.
7. Dovgy SO, Kopyyka OV, Tarasenko IV New telecommunication network - the main factor in increasing the availability of information resources // Ecology and resources. - K.: PHBOY, 2001. - C. 19 - 27.
8. Gladun VP Solution planning. - Kiev: Science. opinion, 1987. - 168p.
9. Pospelov DA Logical-linguistic models in control systems. - M. - Energoizdat, 1981. - 232p.
10. Polishchuk SZ, Ryabko AI System modeling and management of changes in the state of the environment in the development of a strategy for sustainable development at the regional level // Ecology and Nature Management. - Dnipropetrovsk: IPPE NASU, 2003. - №5. - P. 69 -76.
11. Peregudov FI, Tarasenko FP Introduction to systems analysis. - M.: GS., 1989. - 367c.
12. Ermoliev Yu.M., Lyashko II, Mikhalevich V, S. etc. Mathematical methods of operations research. - Kiev: Higher school, 1979. - 312p

Володимир Володимирович Олійник

Ігор Анатолійович Данилюк (кандидат військових наук, доцент)

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ВАЖЛИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ ПРОТИВНИКА В ХОДІ ПЛАНУВАННЯ РЕЙДОВИХ ДІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Досвід сучасних збройних конфліктів та проведених навчань свідчить про необхідність детального оцінювання об'єктів противника, особливо в ході планування та ведення рейдових дій. В статті розглянуто підходи до оцінювання важливості об'єктів противника, які ґрунтуються на проведенні розрахунків бойових потенціалів та визначенні коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості об'єктів противника. Автори визначають одну з головних проблем – відсутність єдиного розуміння командувачів (командирів) щодо порядку визначення важливості (пріоритетності) об'єктів противника, особливо в ході планування рейдових дій.

Метою даної статті є розгляд застосування методу аналізу ієрархій для визначення коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості об'єктів противника під час планування та ведення рейдових дій. Авторами розкрито загальні положення та алгоритм прийняття рішення за допомогою зазначеного методу. Для кращого розуміння сутності і порядку застосування методу аналізу ієрархій наведено приклад формування ієрархічного зображення проблеми, порядок формування матриць парних порівнянь в залежності від рівня ієрархії та їх заповнення, математична обробка отриманих результатів (визначення власного вектору матриці експертних оцінок, вектора пріоритетів, індексу узгодженості, вагових коефіцієнтів та коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості об'єктів), порядок перевірки суджень експертів та усієї ієрархії.

Зазначено, що наведена методика являється складовою математичної моделі цілерозподілу різномісних засобів вогневого ураження по об'єктах противника, застосування якої дозволить визначити можливості рейдового загону щодо знищення (виведення з ладу) об'єктів противника.

Ключові слова: рейдовий загін; бойовий потенціал; метод аналізу ієрархій; коефіцієнт оперативно-тактичної важливості.

Вступ

Досвід сучасних збройних конфліктів, антитерористична операція на території Донецької та Луганської областей, особливо у період її активної фази, проведені командно-штабні навчання свідчать, що від якісного оцінювання важливості об'єктів противника у ході планування та ведення рейдових дій залежить не лише результат рейдових дій, а й загалом результат операції.

В свою чергу специфічність ведення рейдових дій вимагає від командирів (начальників) різного рівня управління проведення детального планування та призначення для знищення (виведення з ладу) найбільш важливих об'єктів противника.

Постановка проблеми. На даний час важливість (пріоритетність) об'єктів противника під час планування ведення рейдових дій визначається з використанням переважно евристичного методу оцінювання та наявної розвідувальної інформації про об'єкти противника у смузі ведення рейдових дій. Досвід бойових дій на сході України показує, що на даний час немає єдиного розуміння самого процесу визначення

важливості (пріоритетності) об'єктів противника, особливо у ході планування ведення рейдових дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз публікацій дозволяє стверджувати, що на сьогодні існує ряд підходів до оцінювання важливості об'єктів противника, які ґрунтуються на розрахунку бойових потенціалів об'єктів противника та визначенні коефіцієнтів їх оперативно-тактичної важливості. Методичні положення застосування цих методів наведені у працях [1-3].

Об'єкти противника, які призначаються для знищення (виведення з ладу) у ході ведення рейдових дій мають низку особливостей, які притаманні лише певній групі однотипних об'єктів. Відповідно й при визначенні важливості зазначених груп об'єктів противника використовуються різні підходи оцінювання. Так важливість об'єктів, які безпосередньо діють на сили і засоби наших військ (елементи РУК, РВК, артилерія, загальновійськові підрозділи) визначаються через їх бойові потенціали. Важливість об'єктів, що беруть участь в управлінні бойовими діями (командні пункти (пункти управління) оперативно-стратегічної, оперативної та тактичної ланок управління

військами (силами) визначається через участь їх у реалізації бойових потенціалів бойових підрозділів, а важливість об'єктів, що призначені для технічного і тилового забезпечення бойових дій військ противника (військові бази (склади) зберігання боєприпасів, пального тощо) через можливості забезпечення як бойових підрозділів так і зазначених пунктів управління.

Однак при оцінюванні важливості об'єктів противника, призначених для знищення (виведення з ладу) рейдовим загоном необхідно використовувати єдину умовну одиницю, яка адекватно оцінюватиме специфіку зазначених об'єктів противника, а саме коефіцієнт оперативно-тактичної важливості об'єкту противника. Один із методів, за допомогою якого можна розрахувати зазначені коефіцієнти є метод аналізу ієрархії (MAI), який детально описаний в [4-7].

Мета статті полягає в розробленні на основі MAI методичних положень для розрахунку коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості об'єктів противника, призначених для знищення (виведення з ладу) у ході ведення рейдових дій.

Виклад основного матеріалу дослідження

MAI являє собою систематичну процедуру для ієрархічного представлення елементів, які визначають сутність будь-якої проблеми [4,5]. Метод полягає у декомпозиції проблеми (її ієрархічному зображенні) на простіші складові частини та у подальшій обробці послідовності суджень експертів попарним порівнянням.

Для застосування MAI призначається група експертів. Вважається, що найбільш оптимальною має бути група експертів з 10-15 осіб. У цьому випадку імовірність істинності колективного експертного судження приблизно дорівнює 0,8. Рекомендовано при використанні зазначеного методу порівнювати 7±2 елементів.

У загальному вигляді MAI містить такі елементи [5]:

- визначення мети задачі, яка повинна розв'язуватися;

- ієрархічне зображення задачі, починаючи з вершини (мети), через проміжні рівні ієрархії до найнижчого рівня, який звичайно є переліком альтернатив (об'єктів);

- побудову необхідної кількості матриць парних порівнянь – по одній матриці для кожного елемента, який прилягає зверху до відповідного рівня ієрархії;

- перевірку узгодженості суджень експертів;

- формування з групи матриць парних порівнянь локальних пріоритетів, які характеризують вплив множини елементів на елемент, який прилягає зверху до відповідного рівня ієрархії;

- визначення глобального пріоритету;

- перевірку узгодженості усієї ієрархії.

Оцінки експертів розміщуються у квадратній матриці $m \times n$ (табл.1) у вигляді відношень i -го та j -го елементів ω_i / ω_j , які визначаються оцінюванням важливості i -го елемента порівняно з

j -м щодо визначеного елемента попереднього рівня.

Таблиця 1

Матриця експертних оцінок (парних порівнянь)

Елементи	Π_1	Π_2	...	Π_j	...	Π_m
Π_1	1	ω_1/ω_2	...	ω_1/ω_j	...	ω_1/ω_m
Π_2	ω_2/ω_1	1	...	ω_2/ω_j	...	ω_2/ω_m
...	...	...	1	...	...	...
Π_j	ω_j/ω_1	ω_j/ω_2	...	1	...	ω_j/ω_m
...	...	...	...	...	1	...
Π_m	ω_m/ω_1	ω_m/ω_2	...	ω_m/ω_j	...	1

Матриця експертних оцінок (парних порівнянь) має властивість оберненої симетричності:

$$\frac{\omega_i}{\omega_j} = \frac{1}{\omega_j / \omega_i}; \text{ при } i = j \frac{\omega_i}{\omega_j} = 1 \quad (1)$$

Матриця експертних оцінок (парних порівнянь) заповнюється або на підставі консенсусу між експертами, або кожним експертом індивідуально. В останньому випадку результати заводяться до однієї матриці на підставі геометричного середнього. Остаточне відношення ω_i / ω_j визначається за формулою:

$$\omega_i / \omega_j = \sqrt[R]{\prod_r (\omega_i / \omega_j)_r}; r = \overline{1, R} \quad (2)$$

де ω_i / ω_j – судження r -го експерта;

R - кількість експертів.

Заповнення числових значень в матриці парних порівнянь здійснюється з використанням шкали відносної важливості [6,7] наведеної в табл.2.

Таблиця 2

Шкала відносної важливості (шкала Сааті)

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	Рівна важливість
3	Помірна перевага одного над іншим
5	Істотна чи сильна перевага
7	Значна перевага
9	Дуже сильна перевага
2,4,6,8	Проміжні рішення між двома суміжними судженнями

Кількість оцінок (суджень експертів) у матриці парних порівнянь визначається за формулою:

$$C = \frac{m(m-1)}{2}; \quad (3)$$

де C – кількість оцінок (суджень експертів);

m – кількість властивостей (показників), що порівнюються.

Для визначення значущості кожного елемента ієрархії обчислюється власний вектор матриці оцінок. Для цього компоненти рядків матриці перемножуються і потім добувається корінь m -го ступеня:

$$a_i = \sqrt[m]{\frac{\omega_1}{\omega_1} \times \frac{\omega_1}{\omega_2} \dots \frac{\omega_1}{\omega_m}}; \quad (4)$$

Далі здійснюється нормування геометричних середніх (визначається оцінка вектора пріоритетів):

$$v_i = \frac{a_i}{\sum_i a_i}; \quad i = \overline{1, m}; \quad \sum_i v_i = 1; \quad (5)$$

Узгодженість матриць експертних оцінок (парних порівнянь) характеризується індексом узгодженості. Для цього визначається сума елементів кожного стовпця матриці:

$$d_j = \frac{\omega_1}{\omega_j} + \frac{\omega_2}{\omega_j} + \dots + \frac{\omega_i}{\omega_j} + \frac{\omega_m}{\omega_j}; \quad j = \overline{1, m}; \quad (6)$$

Далі обчислюється відхилення величини максимального особистого значення λ_{max} за формулою:

$$\lambda_{max} = v_1 d_1 + v_2 d_2 + \dots + v_m d_m; \quad (7)$$

Індекс узгодженості визначається за формулою:

$$I_y = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}; \quad m > 1; \quad (8)$$

Для обернено-симетричної матриці $\lambda_{max} \geq m$.

Відношення узгодженості розраховується діленням індексу узгодженості на число, яке відповідає випадковій узгодженості матриці того ж порядку:

$$VU = \frac{I_y}{\rho} \times 100; \quad (9)$$

де ρ – випадкова узгодженість (табл. 3).

Таблиця 3

Середні узгодженості для випадкових матриць										
Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість ρ	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Визначення вагових коефіцієнтів показників третього рівня здійснюється за формулою:

$$k_{ваг} = v_{п} v_k; \quad (10)$$

де $v_{п}$ – вектор пріоритетів на третьому рівні ієрархії;

v_k – вектор пріоритетів на другому рівні ієрархії.

Визначення коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості об'єктів противника здійснюється за формулою

$$A_i = \sum_i v_A k_{ваг}; \quad (11)$$

де v_A – вектор пріоритетів на четвертому рівні ієрархії.

Узгодженість усієї ієрархії визначається шляхом множення індексу узгодженості кожної матриці нижнього рівня на пріоритет відповідної характеристики наступного (більш високого) рівня ієрархії, за яким ця матриця складена. Отримані числа підсумовуються, а результат ділиться на вираз такого ж типу, але з випадковими індексами узгодженості, які відповідають розмірам кожної виваженої пріоритетами матриці. Прийнятним вважається відношення узгодженості всієї ієрархії менше 10% [5].

Прийнятним вважається відношення узгодженості всієї ієрархії менше 10%.

Як приклад розглянуто варіант визначення коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості

об'єктів противника, які призначаються для знищення (виведення з ладу) в ході ведення рейдових дій.

Відповідальним завданням при визначенні коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості об'єктів противника з використанням МАІ є її ієрархічне зображення. В даному варіанті пропонується збудувати чотирирівневу ієрархію, яка наведена на рис. 1.

Під час формування ієрархічного зображення проблеми насамперед визначається: перелік альтернатив (об'єктів противника), що порівнюються; властивості, на які впливає функціонування об'єктів; показники, які характеризують вплив функціонування об'єктів на визначені властивості.

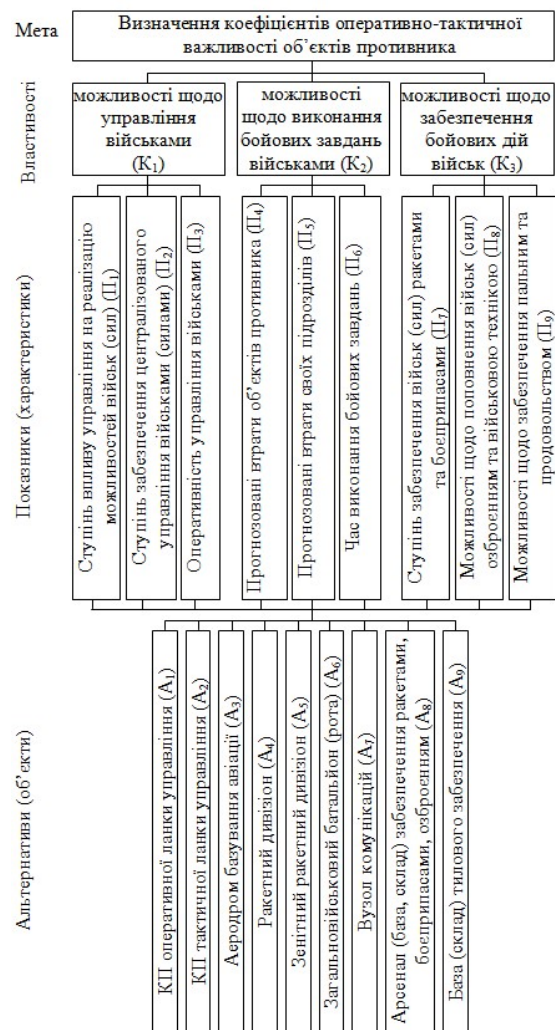


Рис. 1 Ієрархічне зображення задачі оцінювання важливості об'єктів противника

Наступним кроком є проведення парних порівнянь для кожного елемента рівня. Для цього необхідно заповнити матриці експертних оцінок (парних порівнянь), які представляють собою квадратну матрицю, де в заголовку рядка і стовпця знаходяться властивості, показники (характеристики) та альтернативи (об'єкти).

При порівнянні другого рівня ієрархії (властивостей) складається лише одна квадратна матриця.

Порівняння здійснюється по рядкам з ліва на право. Для порівняння потрібно задати питання: "що важливіше – значення властивості, що указане в рядку чи значення властивості, що указане в стовбці". Якщо віддається перевага властивості, яка знаходиться в рядку – то клітинка, яка відповідає рядку і стовбцю заповнюється цілим числом, а симетрично головної осі матриці виставляється обернене значення. Доцільно зазначити, що коли здійснюється порівняння двох однакових властивостей по шкалі оцінювання Сааті необхідно виставити 1 бал, який еквівалентний знаку "=" в математиці.

Для прикладу проведемо порівняння властивості K_1 , яка зазначена в першому рядку з властивістю K_2 , яка зазначена в другому стовбці (табл.4).

Таблиця 4

Квадратна матриця парного порівняння альтернатив

Властивості	K_1	K_2	K_3	a_k	v_k
K_1	1	1/2	2	1	0,31
K_2	2	1	2	1,587	0,493
K_3	1/2	1/2	1	0,629	0,195
d_k	3,5	2	5	I_v	0,026

Припустимо, що в даному порівнянні важливіше значення K_2 , але перевага не значна (2 бали по шкалі Сааті). Тоді в клітинці, яка відповідає рядку K_1 і стовбцю K_2 записується обернене значення – 1/2, а симетрично головної осі матриці (в клітинці, яка відповідає рядку K_2 і стовбцю K_1) записується ціле число – 2.

Порівняємо останню пару в першому рядку (K_1 та K_3). Будемо вважати, що в даному порівнянні важливіше значення рядка, але перевага також не значна – 2 бали. Симетрично головної осі матриці необхідно виставити обернене значення – 1/2.

Проведено останнє порівняння у квадратній матриці для порівняння властивостей. Для цього порівняємо пару другого рядку (K_2 та K_3). Припустимо, що важливіше значення рядка, але перевага також не значна – 2 бали. Симетрично головної осі матриці необхідно виставити обернене значення 1/2.

Таким чином, проведено порівняння другого рівня ієрархії. Доцільно нагадати основні правила парних порівнянь: парні порівняння проводяться по рядкам з ліва на право; якщо пріоритет віддається властивості в заголовку рядка то ставиться ціле число, а якщо пріоритет віддається властивості в заголовку стовпця то ставиться обернене (дрібне) число; по головній діагоналі матриці виставляються значення – 1 в результаті чого матриця набирає властивості оберненої симетричності.

Наступним кроком є математична обробка отриманих результатів оцінювання квадратної матриці другого рівня ієрархії. Для цього використовуючи формулу (3) розраховуємо кількість оцінок (суджень експертів).

В кожному рядку квадратичної матриці (табл. 3), використовуючи формулу (4) розраховуємо власний вектор (a_k).

Обраховані значення уже дають інформацію про значущість властивостей (об'єктів

порівняння), але вони не нормовані тобто не приведені до єдиної шкали. Для цього використовуючи формулу (5) проведемо нормування геометричних середніх та отримаємо оцінку вектора пріоритетів (v_k) (табл. 4).

Наступним кроком за допомогою формули (6) розраховуємо суму елементів кожного стовпця матриці (d_k). Результат розрахунків наведено в табл. 4.

Далі згідно формули (7) розраховуємо значення відхилення λ_{max} (3,053) та використовуючи формулу (8) знаходимо індекс узгодженості (I_v) значення якого наведено в табл.4.

Для визначення відношення узгодженості, використовуючи формулу (9), індекс узгодженості ділимо на випадкову узгодженість та перемножуємо на 100%. В результаті отримуємо значення (4,48%), що менше допустимих 10%, тому рішення експертів вважаються прийнятними.

На третьому рівні ієрархії експертами формуються три матриці парних порівнянь розмірами 3x3 за кількістю показників (характеристик), що примикають до властивостей.

Під час складання цих матриць експерти, використовуючи значення шкали відносної важливості (табл. 2) проводять парне порівняння показників (характеристик) та визначають ступінь їх впливу на властивості, що розглядаються. Порядок проведення розрахунків аналогічний розрахункам, які проводились на другому рівні ієрархії.

Провівши парне порівняння показників (характеристик) за формулою (10), визначаємо вагові коефіцієнти показників третього рівня значення яких наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Значення вагових коефіцієнтів показників третього рівня ієрархії

Властивості	P_i	v_{Pi}	v_A	$K_{ваг3}$
K_1	P_1	0,550	0,310	0,171
	P_2	0,240		0,074
	P_3	0,209		0,065
K_2	P_4	0,625	0,493	0,308
	P_5	0,237		0,117
	P_6	0,136		0,067
K_3	P_7	0,539	0,195	0,105
	P_8	0,169		0,031
	P_9	0,297		0,058

На четвертому рівні ієрархії для отримання коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості об'єктів противника, експертами формується дев'ять матриць парних порівнянь розмірами 9x9 за кількістю альтернатив (об'єктів), що примикають до характеристик. Порядок проведення розрахунків аналогічний розрахункам, які проводились на другому та третьому рівнях ієрархії.

Наступним кроком, використовуючи формулу (11), визначаємо коефіцієнти оперативно-тактичної важливості об'єктів противника. Результати розрахунків наведено в табл.6.

Значення коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості об'єктів противника

Об'єкт	В _A									K _{вар3}	A _i
	В _{A1}	В _{A2}	В _{A3}	В _{A4}	В _{A5}	В _{A6}	В _{A7}	В _{A8}	В _{A9}		
A ₁	0,316	0,424	0,382	0,218	0,228	0,153	0,173	0,165	0,222	0,171	0,391
A ₂	0,135	0,133	0,157	0,092	0,120	0,080	0,048	0,039	0,091	0,074	0,067
A ₃	0,220	0,071	0,071	0,304	0,218	0,414	0,084	0,052	0,108	0,065	0,100
A ₄	0,065	0,038	0,038	0,122	0,073	0,082	0,048	0,068	0,082	0,308	0,191
A ₅	0,043	0,038	0,038	0,051	0,106	0,040	0,084	0,066	0,096	0,117	0,066
A ₆	0,033	0,072	0,078	0,026	0,064	0,032	0,037	0,035	0,036	0,067	0,028
A ₇	0,067	0,074	0,077	0,030	0,101	0,051	0,078	0,135	0,084	0,105	0,074
A ₈	0,066	0,072	0,077	0,093	0,045	0,071	0,395	0,392	0,059	0,031	0,040
A ₉	0,052	0,072	0,077	0,059	0,041	0,071	0,048	0,043	0,218	0,058	0,039

З аналізу результатів розрахунків, наведених в табл. 6 видно, що ступінь оперативно-тактичної важливості об'єктів противника має наступний вигляд: КП оперативної ланки управління – 0,391; ракетний дивізіон – 0,191; аеродром базування авіації – 0,100; вузол комунікацій – 0,074; КП тактичної ланки управління – 0,067; зенітний ракетний дивізіон – 0,066; арсенал (база, склад) забезпечення ракетами, боеприпасами, озброєнням – 0,040; база (склад) тилового забезпечення – 0,039; загальновійськовий батальйон (рота) – 0,028.

Провівши розрахунок узгодженості усієї ієрархії отримуємо значення (7,16%), що не перевищує визначених 10%, тому відношення узгодженості всієї ієрархії вважається прийнятним.

Література

1. **Леонов В.В., Наливайко А.Д., Поляев А.І.** Підходи щодо оцінки бойового потенціалу Збройних Сил України в задачах програмно-цілового планування розвитку озброєння та військової техніки: URL: www.irbis-nbuv.gov.ua 2. Збірник тактичних розрахунків з прикладами / колектив авторів. Київ. НУОУ, 2018. С. 42-43. 3. **Загорка О.М., Поліщук С.В., Загорка І.О.** Оцінка оперативно-тактичної важливості пунктів управління угруповання військ. Науково-технічний та науково-практичний журнал Наука і оборона. 2019. №3.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином запропонована методика дозволяє визначити коефіцієнти оперативно-тактичної важливості об'єктів противника, які призначаються для знищення (виведення з ладу) в ході ведення рейдових дій. Розрахунки, проведені за допомогою зазначеної методики, являються складовою математичної моделі цілерозподілу різнотипних засобів вогневого ураження по об'єктах противника, в основу якої покладено метод нелінійного програмування. Перспективи подальшої роботи у даному науковому напрямку полягають в удосконаленні математичної моделі цілерозподілу різнотипних засобів вогневого ураження, що дозволить визначити можливості рейдового загону щодо знищення (виведення з ладу) об'єктів противника в ході ведення рейдових дій.

С. 45-50. 4. **Гофман О.Г.** Экспертное оценивание (Учебное пособие) Воронеж. ВГУ, 1991. С.118-146. 5. **Загорка О.М., Амосов С.П., Сбігнєв А.І. Стужук П.І.** Елементи дослідження складних систем військового призначення. (Навчальний посібник) Київ. НАОУ, 2005. С. 55-76. 6. **Пашенко Т.П.** Сучасні методи прийняття рішень: курс лекцій. Київ. НУОУ. 2011. С. 181-188. 7. Основи моделювання бойових дій військ: підручник. Київ. НУОУ. 2005 С. 459-470.

ОЦЕНИВАНИЕ ВАЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРОТИВНИКА В ХОДЕ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕЙДОВЫХ ДЕЙСТВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

*Владимир Владимирович Олейник
Игорь Анатолиевич Данилюк (кандидат военных наук, доцент)*

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Опыт современных вооруженных конфликтов и проведенных учений свидетельствуют о необходимости детального оценивания объектов противника, особенно в ходе планирования и ведения рейдовых действий. В статье рассмотрены подходы к оцениванию важности объектов противника, основанные на проведении расчетов боевых потенциалов и определении коэффициентов оперативно-тактической важности объектов противника. Авторы отмечают одну из главных проблем – отсутствие единого понимания командующих (командиров) порядка определения важности (приоритетности) объектов противника, особенно в ходе планирования рейдовых действий.

Авторами раскрыты общие положения и алгоритм принятия решения с помощью метода анализа иерархий. Для лучшего понимания сущности и порядка применения метода анализа иерархий приведен пример формирования иерархического изображения проблемы, порядок формирования матриц

парных сравнений в зависимости от уровня иерархии и их заполнения. Также рассмотрен порядок математической обработки полученных результатов (определение собственного вектора матрицы экспертных оценок, вектора приоритетов, индекса согласованности, весовых коэффициентов и коэффициентов оперативно-тактической важности объектов), порядок проверки суждений экспертов и всей иерархии.

Отмечено, что приведенная методика является составной математической модели распределения разнотипных средств огневого поражения по объектам противника, применение которой позволит определить возможности рейдового отряда по уничтожению (выводу из строя) объектов противника.

Ключевые слова: рейдовый отряд; боевой потенциал; метод анализа иерархий; коэффициент оперативно-тактической важности.

EVALUATION OF THE IMPORTANCE OF OPPONENT OBJECTS IN THE PLANNING OF RAID ACTIONS USING THE METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS

Volodymyr Oliynyk

Igor Danyliuk (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The experience of modern armed conflicts and exercises shows the need for a detailed assessment of enemy targets, especially during the planning and conduct of raids. The article considers approaches to assessing the importance of enemy objects, which are based on the calculation of combat potentials and determining the coefficients of operational and tactical importance of enemy objects. The authors identify one of the main problems - the lack of a common understanding of the order of determining the importance (priority) of enemy objects, especially when planning raids.

The purpose of this article is to consider the application of the method of hierarchy analysis to determine the coefficients of operational and tactical importance of enemy objects during the planning and conduct of raids. The authors disclose the general provisions and algorithm of decision-making using this method. To better understand the procedure for applying the method of analysis of hierarchies, an example of forming a hierarchical image of the problem, the procedure for forming matrices of pairwise comparisons depending on the level of hierarchy and their completion, mathematical processing of results, the procedure for checking expert judgments and the whole hierarchy.

It is noted that this technique is part of a mathematical model of target distribution of various types of fire on enemy targets. The application of the technique will allow to determine the possibilities of the raid detachment to destroy (disable) enemy objects.

Keywords: raid detachment; combat potential; method of hierarchy analysis; coefficient of importance.

References

- Leonov V.**, Nalyvayko A., Polyayev A. Approaches to assessing the combat potential of the Armed Forces of Ukraine in the tasks of program-targeted planning of the development of armaments and military equipment. [Pydhody chodo ocinki boevogo potencialu Zbroinyx Syl Ukrainy v zadachax programno-cilovogo planuvanna rozvitku ozbroenna ta viiskovoi texniki] available at: www.irbis-nbuv.gov.ua
- Collection of tactical calculations with examples. team of authors. [Cbirnik taktichnih rozrahunciv z prykladavy] Kiev. NUOU, 2018. pp. 42-43.
- Zagorka O.**, Polishchuk S., Zagorka I. (2019) Assessment of operational and tactical importance of control points of a group of troops. Scientific, technical and scientific-practical journal Science and Defense. [Ocinka operatyvno-taktuchnoi vaglyvosti pynctiv upravlinna ygrypovanna viisk] Kiev. NUOU 2019. №3. pp. 45-50.
- Hoffman O.** (1991) Expert assessment. [Ekspertnoe otnivanie] Voronezh. pp. 118-146.
- Zagorka O.**, Amosov S., Sbitnev A. Stuzhuk P. (2005) Elements of research of complex systems of military purpose. (Textbook) [Elementy doslidzheni skladnykh system viiskovogo pryznachena] Kyiv. NAOU, pp. 55-76.
- Pashchenko T.** (2011) Modern methods of decision making: a course of lectures. [Suchasni metody prynatta rishenna] Kiev. NUOU. pp. 181-188.
- Basics of modeling military operations: a textbook. [Osnovy modeluvanna boyovix diy] Kiev. NUOU, 2005. pp. 459-470.

*Олександр Юрійович Смольков*¹*Володимир Іванович Коцюруба (доктор технічних наук, професор)*¹*Костянтин Юрійович Гунбін (кандидат військових наук, доцент)*²¹ *Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна*² *Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОШУКУ ТА ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ З НЕКОНТАКТНИМИ ДАТЧИКАМИ ЦІЛІ МЕТОДОМ НЕЛІНІЙНОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ

Кардинальні зміни характеру та значне збільшення динаміки ведення мінної війни у воєнних конфліктах сучасності стали результатом зміщення пріоритетів у бік застосування новітніх зразків мінної зброї та саморобних вибухових пристроїв з переважно неконтактними датчиками цілі. Такий стан питання викликав загострення проблеми протидії вибухонебезпечним загрозам, а поряд з цим потребу у забезпеченні потрібного рівня ефективності, безпеки та собівартості процесів пошуку і виявлення вибухових пристроїв з неконтактними (електронними) датчиками цілі. Існуючі технічні засоби пошуку та виявлення вибухонебезпечних предметів, як правило, у більшості випадків ґрунтуються на використанні активних електромагнітних методів. Наближення таких пошукових пристроїв до вибухових пристроїв із магнітними (неконтактними) датчиками цілі або тих, що керуються по радіо, досить часто призводив до несанкціонованого вибуху і як наслідок до втрат серед саперів.

Встановлено, що майже усі неконтактні датчики цілі поєднує спільна ознака – наявність напівпровідникових елементів у їхньому складі, або переходів типу метал-окисел-метал. Вказана особливості покладена в основу сучасних засобів виявлення вибухових пристроїв з неконтактними датчиками цілі методом нелінійної радіолокації. Однак, при цьому проблемними досі залишаються вимоги щодо безпеки використання пошукових пристроїв даного типу у ручному варіанті або на наземних транспортних засобах. Одним із шляхів розв'язання даного протиріччя є встановлення пошукових пристроїв на дистанційно-керовану платформу. При чому, виникає нагальна потреба до обґрунтування тактико-технічних вимог до засобів даного типу при зміні умов та способів їх застосування.

На основі проведеного аналізу попередніх досліджень, як вітчизняних, так і закордонних фахівців, стосовно використання електромагнітних методів пошуку і виявлення рукотворних предметів в укриваючих середовищах (грунт, сніг, вода тощо), запропоновано удосконалену математичну модель пошуку та виявлення вибухових пристроїв з неконтактними датчиками цілі методом нелінійної радіолокації. Вказана модель, на відміну від існуючих, враховує імовірнісний характер процесу пошуку та площинні показники зони гарантованого виявлення пристроїв з неконтактними датчиками цілі методом нелінійної радіолокації, функціональні показники розповсюдження електромагнітних хвиль у вільному просторі та укриваючому середовищі. При цьому, в галузі нелінійної радіолокації вперше введено поняття “зона гарантованого виявлення вибухових пристроїв з неконтактними датчиками цілі”, сутність якого полягає у забезпечення реалізації вимог до рівнозначної імовірності їх виявлення на рівні не нижче заданого. Крім того, запропонована математична модель, серед інших технічних характеристик, дозволяє встановити параметри експлуатаційної продуктивності дистанційно-керованого радіолокаційного комплексу пошуку та виявлення вибухових пристроїв з неконтактними датчиками цілі методом нелінійної радіолокації. Запропоновані удосконалення математичної моделі та послідовності проведення розрахунків дозволять підвищити точність результатів моделювання процесу пошуку та виявлення вибухових пристроїв з неконтактними датчиками цілі в укриваючих середовищах під час обґрунтування вимог до засобів розмінування даного типу.

Ключові слова: математична модель; вибуховий пристрій з неконтактним датчиком цілі; нелінійний метод виявлення; діаграма спрямованості; зона гарантованого виявлення.

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз досвіду ведення бойових дій на сході України, а також у воєнних конфліктах на території інших держав [1-3] показав значне збільшення інтенсифікації застосування мінної зброї зі зміщенням пріоритетів у бік саморобних вибухових пристроїв. Вказаний факт свідчить про значне збільшення обсягів ведення наземної мінної війни,

що у свою чергу загострює загальносвітову проблему протидії вибухонебезпечним загрозам. Одним із найважливіших заходів серед інших є розмінування місцевості та об'єктів.

У зв'язку зі збільшенням частки застосування вибухових пристроїв (ВП) із неконтактними датчиками цілі (НДЦ) підвищилась потреба поглибленого дослідження питань розвитку засобів пошуку та виявлення ВП даного типу. При

цьому, особлива увага звертається на забезпечення потрібного рівня якості процесів розмінування, зменшення до мінімального рівня небезпеки та зниження вартості робіт з розмінування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз попередніх досліджень як зарубіжних так і вітчизняних дослідників [4-11] показав, що питанням підповерхневої локації аномалій приділялося багато уваги. При чому, найбільшу ефективність під час виявлення ВП показали радіолокаційні методи [4-7, 10, 11]. Для виявлення ВП з НДЦ найбільш доцільним виявився метод нелінійної радіолокації (НРЛ) [6,7]. Поряд з тим, у попередніх дослідженнях не враховувались ймовірнісні показники та вимоги керівних документів з питань якості розмінування, відсутній комплексний підхід до обґрунтування

тактико-технічних вимог до дистанційно-керованих радіолокаційних комплексів (ДКРЛК) виявлення ВП з НДЦ.

Метою статті є висвітлення удосконаленої математичної моделі пошуку та виявлення ВП із НДЦ методом НРЛ.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для здійснення моделювання процес пошуку та виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ дистанційно-керованим радіолокаційним комплексом представлено у вигляді розрахункової схеми пошуку та виявлення ВП з НДЦ на основі методу НРЛ з використанням повітряної платформи (БпЛА коптерного типу), яка входить до складу ДКРЛК (рис. 1)

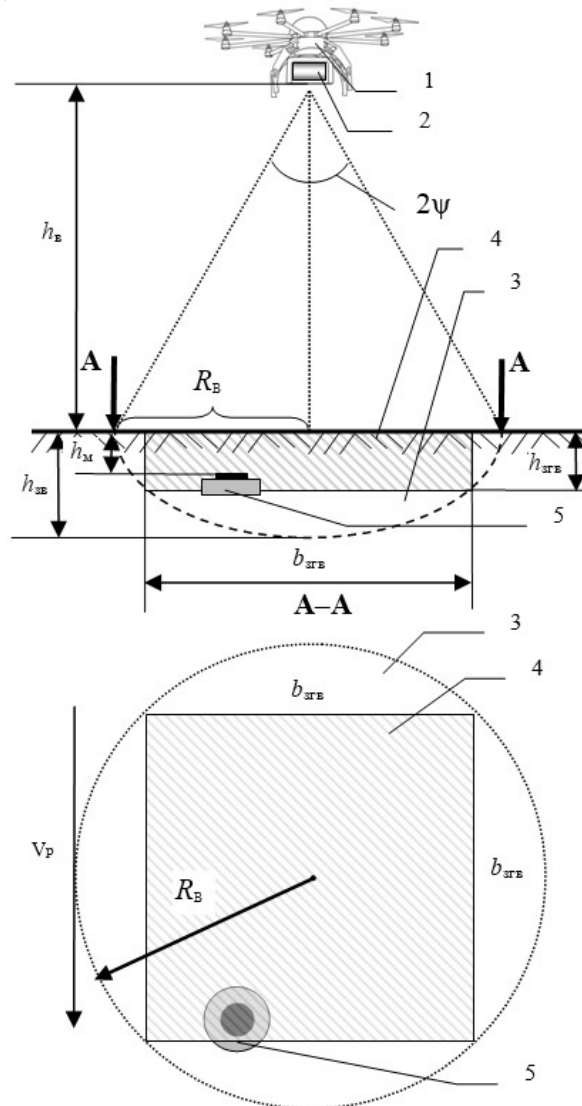


Рис. 1 Розрахункова схема пошуку та виявлення ВП з НДЦ на основі методу НРЛ.

1–повітряна платформа (БпЛА); 2–пошуковий пристрій нелінійної радіолокації (НРЛС); 3–зона огляду (виявлення); 4–зона гарантованого виявлення; 5–міна (вибуховий пристрій) з неконтактним датчиком цілі.

Для підвищення точності результатів моделювання досліджуваного процесу на основі аналізу розрахункової схеми введено нове поняття “зона гарантованого виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ” (рисунок 1), під якою будемо розуміти прямокутну ділянку місцевості з площею $S_{згв} = b_{рл}^2$, яка повністю входить до площі $S_{рл}$

сліду електромагнітного поля на поверхні укриваючого середовища під час її зондування.

Запропонована математична модель пошуку та виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ носить імовірнісний характер, ґрунтується на показниках та критеріях сукупності яких представлена у вигляді структурно-логічної схеми (рис. 2).

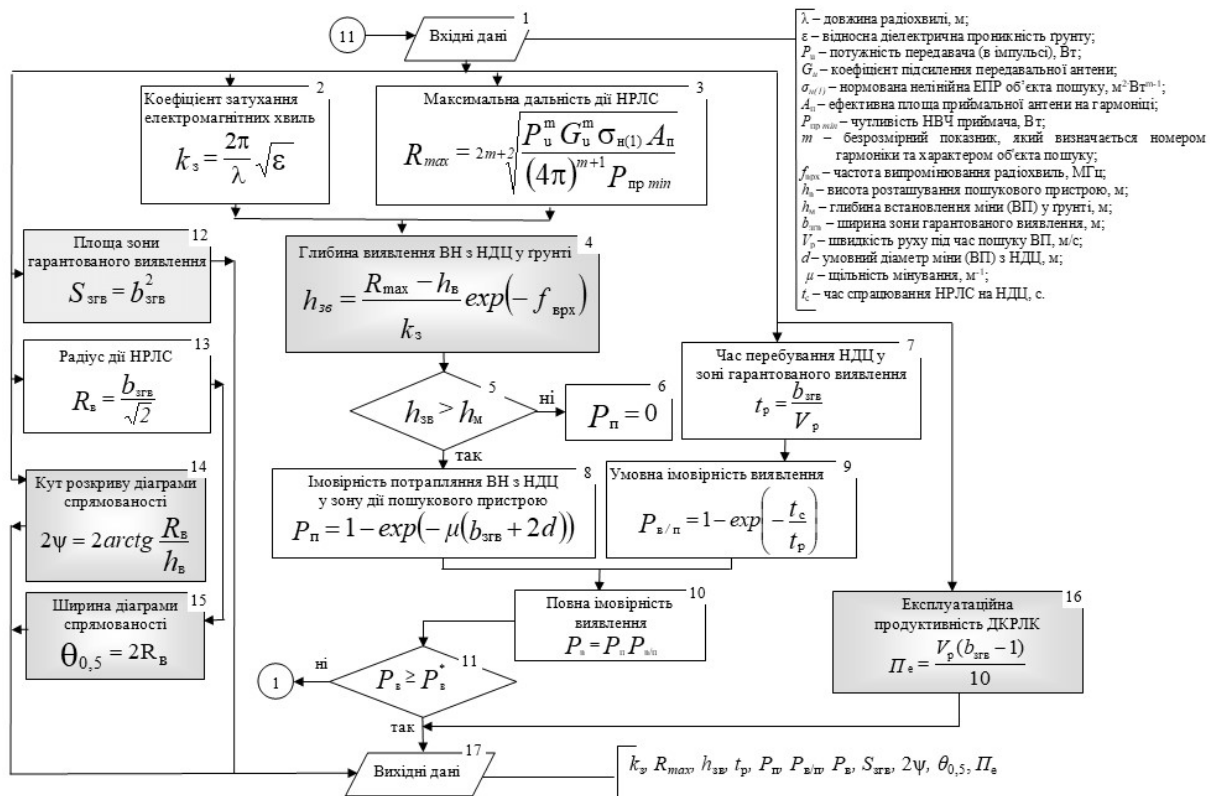


Рис. 2 Структурно-логічна схема математичної моделі виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ

Послідовність проведення розрахунків наступна.

На початковому етапі (блок 1) здійснюється збір вхідних даних до яких відносяться: λ – довжина радіохвилі, м; ϵ – відносна діелектрична проникність ґрунту; P_u – потужність передавача (в імпульсі), Вт; G_u – коефіцієнт підсилення передавальної антени; $\sigma_{n(1)}$ – нормована нелінійна ЕПР об’єкта пошуку, $m^2 \text{Вт}^{m-1}$; A_p – ефективна площа приймальної антени на гармоніці; $P_{pr \min}$ – чутливість НВЧ приймача; m – безрозмірний показник, який визначається номером гармоніки та характером об’єкта пошуку; f_{vrx} – частота випромінювання радіохвиль, МГц; h_b – висота розташування пошукового пристрою, м; h_m – глибина встановлення міни (ВП) у ґрунті, м; $b_{згв}$ – ширина зони гарантованого виявлення, м; V_p – швидкість руху під час пошуку ВП, м/с; d – умовний діаметр міни (ВП) з НДЦ, м; μ – щільність мінування, m^{-1} ; t_c – час спрацювання нелінійна радіолокаційна станція (НРЛС) на НДЦ, с.

У блоці 2 визначають коефіцієнт затухання електромагнітних хвиль [4-7] з урахуванням характеристик середовища, у якому здійснюється пошук ВП з НДЦ

$$k_3 = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon} \quad (1)$$

де λ – довжина радіохвилі, м; ϵ – відносна діелектрична проникність ґрунту.

Одночасно, у блоці 3, виконується розрахунок максимальної дальності дії пошукового пристрою на базі одночастотної НРЛС [4-7]

$$R_{\max} = \sqrt[2m+2]{\frac{P_u^m G_u^m \sigma_{n(1)} A_p}{(4\pi)^{m+1} P_{pr \min}}}, \quad (2)$$

де P_u – потужність передавача (в імпульсі), Вт;

G_u – коефіцієнт підсилення передавальної антени;

$\sigma_{n(1)}$ – нормована нелінійна ЕПР об’єкта пошуку, $m^2 \text{Вт}^{m-1}$;

A_p – ефективна площа приймальної антени на гармоніці;

$P_{pr \min}$ – чутливість НВЧ приймача, Вт;

m – номер гармоніки частоти приймання радіохвиль.

Отриманні у (1) та (2) результати дозволяють провести розрахунок глибини виявлення ВП з НДЦ в укриваючих середовищах (блок 4)

$$h_{3b} = \frac{R_{\max} - h_b}{k_3} \exp(-f_{vrx}) \quad (3)$$

де R_{\max} – максимальна дальність дії пошукового пристрою на базі одночастотної НРЛС, м;

f_{vrx} – частота випромінювання радіохвиль, МГц;

h_b – висота розташування пошукового пристрою, м;

k_3 – коефіцієнт затухання електромагнітних хвиль.

На наступному кроці (блок 5) здійснюється порівняння умов розміщення міни (ВП) з НДЦ в укриваючому середовищі

$$h_{зв} > h_M \quad (4)$$

де h_M – глибина встановлення міни у ґрунті, м.

Якщо нерівність не виконується, і глибина встановлення міни (ВП) з НДЦ більше глибини виявлення міни (ВП), то імовірність потрапляння міни (ВП) з НДЦ у зону дії пошукового пристрою (крок 6) дорівнює

$$P_{\Pi} = 0 \quad (5)$$

де P_{Π} – імовірність потрапляння міни (ВП) з НДЦ у зону дії пошукового пристрою.

При виконанні умови $h_{зв} > h_M$ розрахунки переходять до виконання блоку 8.

У блоці 7 здійснюється розрахунок часу перебування НДЦ міни (ВП) у зоні гарантованого виявлення згідно із залежністю

$$t_p = \frac{b_{згв}}{V_p} \quad (6)$$

де $b_{згв}$ – ширина зони гарантованого виявлення, м;
 V_p – швидкість руху під час пошуку ВП, м/с.

Імовірність потрапляння P_{Π} ВП з НДЦ в зону дії НРЛС визначається у блоці 8 за експоненційним законом розподілу [12, 13]

$$P_{\Pi} = 1 - \exp(-\mu(b_{згв} + 2d)) \quad (7)$$

де μ – щільність мінування, м⁻¹;

$b_{згв}$ – ширина зони гарантованого виявлення, м;

d – умовний діаметр міни (ВП) з НДЦ, м.

У блоці 9 визначається умовна імовірність виявлення міни (ВП) з НДЦ за умови її потрапляння в зону дії НРЛС [12, 13]

$$P_{В/П} = 1 - \exp\left(-\frac{t_c}{t_p}\right) \quad (8)$$

де t_c – час спрацювання НРЛС на НДЦ, с;

t_p – час перебування НДЦ міни (ВП) у зоні гарантованого виявлення, с.

Результати розрахунків блоків 8 та 9 застосовуються для визначення повної імовірності виявлення міни (ВП) з НДЦ [12, 13] у блоці 10

$$P_B = P_{\Pi} P_{В/П} \quad (9)$$

де P_{Π} – імовірність потрапляння міни (ВП) з НДЦ у зону дії пошукового пристрою;

$P_{В/П}$ – умовна імовірність виявлення міни (ВП) з НДЦ за умови її потрапляння в зону дії НРЛС.

У блоці 11 здійснюється перевірка згідно з прийнятим правилом прийняття рішення за придатністю

$$P_B \geq P_B^* \quad (10)$$

де P_B^* – мінімально необхідний рівень (в роботі згідно [14] прийнято $P_B^* = 0,996$).

При виконанні умови $P_B \geq P_B^*$ результати переходять до вихідних даних.

Якщо умова $P_B \geq P_B^*$ не виконується, розрахунки повертаються до блоку 1.

Блоки 12-15 являються розрахунковими для визначення функціональних показників

розповсюдження електромагнітного поля та визначення параметрів зони гарантованого виявлення мін (ВП) з НДЦ.

У блоці 12 визначається площа зони гарантованого виявлення міни (ВП) з НДЦ в залежності від встановленої ширини зони гарантованого виявлення

$$S_{згв} = b_{згв}^2 \quad (11)$$

де $b_{згв}$ – ширина зони гарантованого виявлення, м.

Радіус зони дії НРЛС розраховується у блоці 13

$$R_B = \frac{b_{згв}}{\sqrt{2}} \quad (12)$$

де $b_{згв}$ – ширина зони гарантованого виявлення, м.

У блоці 14 визначається кут розкриття діаграми спрямованості антенної системи пошукового пристрою

$$2\psi = 2\arctg \frac{R_B}{h_B} \quad (13)$$

де R_B – радіус зони дії НРЛС, м;

h_B – висота розташування пошукового пристрою, м.

Ширина діаграми спрямованості антенної системи пошукового пристрою розраховують у блоці 15

$$\theta_{0,5} = 2R_B \quad (14)$$

де R_B – радіус зони дії НРЛС, м.

У блоці 16 визначають експлуатаційну продуктивність ДКРЛК пошуку та виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ за формулою

$$P_e = \frac{V_p(b_{згв} - 1)}{10} \quad (15)$$

де V_p – швидкість руху під час пошуку ВП, км/год;

$b_{згв}$ – ширина зони гарантованого виявлення, м.

Формування вихідних даних, до значень яких обґрунтовуються вимоги, здійснюється у блоці 17. А саме: R_{max} – максимальна дальність дії пошукового пристрою одночастотної нелінійної радіолокації, м; $h_{зв}$ – глибина зони виявлення ВП з НДЦ, м; t_p – час перебування НДЦ міни (ВП) у зоні гарантованого виявлення, с; P_{Π} – імовірність потрапляння міни (ВП) з НДЦ в зону дії пошукового пристрою нелінійної радіолокації;

$P_{В/П}$ – умовна імовірність виявлення міни (ВП) з НДЦ за умови потрапляння в зону дії пошукового пристрою нелінійної радіолокації; P_B – повна імовірність виявлення міни (ВП) з НДЦ пошуковим пристроєм нелінійної радіолокації;

$S_{згв}$ – площа зони гарантованого виявлення міни (ВП) з НДЦ, м²; 2ψ – кут розкриття діаграми спрямованості антенної системи пошукового пристрою, град.; $\theta_{0,5}$ – ширина діаграми спрямованості антенної системи пошукового пристрою, м; P_e – експлуатаційна продуктивність ДКРЛК пошуку та виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ, га/год.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, в результаті досліджень набула удосконалення математична модель, , на відміну від існуючих, враховує імовірнісний характер процесу пошуку та площині показники зони гарантованого виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ, функціональні показники розповсюдження електромагнітних хвиль у вільному просторі та укриваючому середовищі. При цьому, в галузі НРЛ вперше введено поняття «зона гарантованого виявлення ВП з НДЦ», сутність якого полягає у

забезпечення реалізації вимог до рівнозначної імовірності їх виявлення на рівні не нижче заданого. Крім того, запропонована математична модель, серед інших технічних характеристик, дозволяє встановити параметри експлуатаційної продуктивності ДКРЛК пошуку та виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ.

Як напрям подальших досліджень є проведення моделювання із використанням запропонованої математичної моделі та обґрунтування вимог до перспективних ДКРЛК виявлення ВП з НДЦ методом НРЛ.

Література

1. **Нижаловський А.М.** На дорогах Чечни // Арм. сб. № 1, 1997. С. 27-29. 2. **Жуков С.** Опыт разминирования местности в условиях локальных военных конфликтов // Зарубежное военное обозрение. № 6, 1998. С. 14-19. 3. Экзаменуэт “горячая точка” // Арм. сб. № 1, 2000. С. 34-38. 4. **Блиох П.В.** Радиоволны на земле и в космосе. М.: Бюро Квантум. 2003. 207 с. 5. Вопросы подповерхностной радиолокации / под ред. А.Ю. Гринева. М.: Радиотехника, 2005. 416 с. 6. **Шербаков Г.Н.** Обнаружение скрытых объектов: монография. М.: Арбат-Информ, 2004. 144 с. 7. **Шербаков Г. Н.** Новые методы обнаружения скрытых объектов: монография. М.: ООО Эльф ИПР, 2011. 503 с. 8. Ground Penetrating Radar Theory and Applications / Н. М. Jol ed. – Amsterdam : Elsevier, 2008. 544 p. 9. LANDMARK Making Land-Mine Detection and Removal Practical. – Access mode : <https://www.llnl.gov/str/Azevedo.html>. 10. **Денисенко О.М.**

Математична модель виявлення вибухонебезпечних предметів пошуковим пристроєм з радіолокаційним способом виявлення, встановленим на легких броньованих машинах // Труды университета: зб. наук. праць / Національний університет оборони України імені Івана Черняховського. К.: НУОУ, 2011. № 52. С. 54-58. 11. **Коцюруба В.І.** Моделювання процесу пошуку і виявлення ВВП радіолокаційним методом // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони / Національний університет оборони України імені Івана Черняховського. К.: НУОУ, 2015. № 2 (23). С. 65-69. 12. **Вентцель Е.С.** Исследование операций. М.: Сов. радио, 1972. 572 с. 13. **Юрков Б.Н.** Исследование операций. М.: ВИА, 1990. 528 с. 14. IMAS 07.12 Контроль якості в протимінній діяльності // Перше видання 01 жовтня 2001 р. (Поправка 6, червень 2013 р.) – 27 с. <http://www.mil.gov.ua/ministry/normativno-pravova-baza/standarti.html>.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОИСКА И ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ С НЕКОНТАКТНЫМИ ДАТЧИКАМИ ЦЕЛИ МЕТОДОМ НЕЛИНЕЙНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

Александр Юрьевич Смольков¹

Владимир Иванович Коцюруба (доктор технических наук, профессор)¹

Константин Юрьевич Гунбин (кандидат военных наук, доцент)²

¹ *Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

² *Национальная академия Национальной гвардии Украины, Харьков, Украина*

Кардинальные изменения характера и значительное увеличение динамики ведения минной войны в военных конфликтах современности стали результатом смещения приоритетов в сторону применения новейших образцов минного оружия и самодельных взрывных устройств преимущественно с неконтактными датчиками цели. Такая постановка вопроса вызвала обострение проблемы противодействия взрывоопасным угрозам, а наряду с этим потребность в обеспечении нужного уровня эффективности, безопасности и себестоимости процессов поиска и обнаружения взрывных устройств с неконтактными (электронными) датчиками цели. Существующие технические средства поиска и обнаружения взрывоопасных предметов, как правило, в большинстве случаев основаны на использовании активных электромагнитных методов. Приближение таких поисковых устройств к взрывным устройствам с магнитными (неконтактными) датчиками цели или радиоуправляемыми достаточно часто приводил к несанкционированному взрыву и как следствие к потерям среди саперов.

Установлено, что почти все неконтактные датчики цели объединяет общий признак - наличие полупроводниковых элементов в их составе, или переходов типа металл-окисел-металл. Указанная особенность положена в основу современных средств обнаружения взрывных устройств с неконтактными датчиками цели методом нелинейной радиолокации. Однако, при этом, проблемными до сих пор остаются требования по безопасности использования поисковых устройств данного типа в ручном варианте или на транспортных средствах. Одним из путей решения данного противоречия является установление поисковых устройств на дистанционно-управляемую платформу. Причем, возникает насущная необходимость в обосновании тактико-технических требований к средствам данного типа при изменении условий и способов их применения.

На основе проведенного анализа предыдущих исследований, как отечественных, так и зарубежных специалистов, по использованию электромагнитных методов поиска и обнаружения рукотворных предметов в укрывающих средах (грунт, снег, вода и т.д.), предложено усовершенствованную математическую модель поиска и обнаружения взрывных устройств с

неконтактними датчиками цели методом нелинейной радиолокации. Указанная модель, в отличие от существующих, учитывает вероятностный характер процесса поиска и площадные показатели зоны гарантированного обнаружения устройств с неконтактными датчиками цели методом нелинейной радиолокации, функциональные показатели распространения электромагнитных волн в свободном пространстве и укрывающей среде. При этом в области нелинейной радиолокации впервые введено понятие "зона гарантированного обнаружения взрывных устройств с неконтактными датчиками цели", сущность которого заключается в обеспечении реализации требований к равнозначной вероятности их обнаружения на уровне не ниже заданного. Кроме того, предложенная математическая модель, среди других технических характеристик, позволяет установить параметры эксплуатационной производительности дистанционно-управляемого радиолокационного комплекса поиска и обнаружения взрывных устройств с неконтактными датчиками цели методом нелинейной радиолокации. Предложенные усовершенствования математической модели и последовательности проведения расчетов позволят повысить точность результатов моделирования процесса поиска и обнаружения взрывных устройств с неконтактными датчиками цели в укрывающих средах при обосновании требований к средствам разминирования данного типа.

Ключевые слова: математическая модель; взрывное устройство с неконтактным датчиком цели; нелинейный метод обнаружения; диаграмма направленности; зона гарантированного обнаружения.

MATHEMATICAL MODEL FOR SEARCHING AND DETECTING EXPLOSIVE DEVICES WITH NON-CONTACT TARGET SENSORS BY THE METHOD OF NON-LINEAR RADAR

Oleksandr Smolkov¹

Volodymyr Kotsiuruba (Doctor of technical sciences, professor)²

Konstantin Hunbin (candidate of technical sciences, associate professor)³

¹ National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

² National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Radical changes in the nature and significant increase in the dynamics of mine warfare in modern military conflicts are the result of shifting priorities towards the use of the latest models of minesweepers and improvised explosive devices with mostly non-contact target sensors. This state of affairs has exacerbated the problem of countering explosive threats, and with it the need to ensure the required level of efficiency, safety and cost of search and detection of explosive devices with non-contact (electronic) target sensors. Existing technical means of search and detection of explosive objects, as a rule, in most cases are based on the use of active electromagnetic methods. The approach of such search devices to explosive devices with magnetic (non-contact) target sensors or those controlled by radio, often led to an unauthorized explosion and as a consequence to losses among the sappers.

It is established that almost all non-contact sensors of the target are united by a common feature - the presence of semiconductor elements in their composition, or transitions such as metal-oxide-metal. These features are the basis of modern means of detecting explosive devices with non-contact target sensors by nonlinear radar. However, the requirements for the safety of using search engines of this type in the manual version or on land vehicles are still problematic. One way to resolve this contradiction is to install search engines on a remote-controlled platform. Moreover, there is an urgent need to substantiate the tactical and technical requirements for this type of equipment when changing the conditions and methods of their application.

Based on the analysis of previous studies, both domestic and foreign experts, on the use of electromagnetic methods of search and detection of man-made objects in sheltered environments (soil, snow, water, etc.), proposed an improved mathematical model of search and detection of explosive devices with non-contact target sensors nonlinear radar. This model, in contrast to the existing ones, takes into account the probabilistic nature of the search process and the plane indicators of the guaranteed detection zone of devices with non-contact target sensors by nonlinear radar, functional indicators of electromagnetic wave propagation in free space and shelter. In the field of nonlinear radar, the concept of "zone of guaranteed detection of explosive devices with non-contact target sensors" was introduced for the first time, the essence of which is to ensure the implementation of the requirements for equivalent probability of detection at a level not lower than specified. In addition, the proposed mathematical model, among other technical characteristics, allows to set the performance parameters of the remote-controlled radar complex search and detection of explosive devices with non-contact target sensors by nonlinear radar. The proposed improvements of the mathematical model and the sequence of calculations will increase the accuracy of the results of modeling the search and detection of explosive devices with non-contact target sensors in sheltered environments when substantiating the requirements for demining of this type.

Key words: mathematical model; an explosive device with a non-contact target sensor; nonlinear detection method; directional diagram; zone of guaranteed detection.

Олег Володимирович Павловський (доктор військових наук, с.н.с)¹
Валентин Юрійович Мазур (доктор військових наук, доцент)²
Віталій Францович Таргонський¹

¹ *Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна*

² *Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, Україна*

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ РЕМОНТНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНІКИ ТИЛУ ОПЕРАТИВНОГО УГРУПОВАННЯ ВІЙСЬК

Аналіз війн та збройних конфліктів останніх років та виконання завдань військовими частинами (підрозділами) в операції Об'єднаних сил (антитерористичній операції) підтверджує, що успіх виконання завдань механізованими, танковими, десантно-штурмовими та іншими військовими частинами (підрозділами) буде залежати від ефективності функціонування системи забезпечення військ (сил).

Знаходження військових частин (підрозділів), які ведуть бойові дії, у постійному боездатному стані буде залежати від ефективності функціонування системи забезпечення, тобто, як будуть підрозділи логістики здійснювати підвезення матеріальних засобів, паливно-мастильних матеріалів, відновлювати пошкоджені зразки озброєння та військової техніки, тощо. При цьому, ефективність їх функціонування повною мірою буде залежати від своєчасного і якісного відновлення техніки тилу, яка отримала бойові або експлуатаційні пошкодження, ремонтно-відновлювальними військовими частинами (підрозділами).

Тому у статті запропоновано методичний підхід щодо обґрунтування складу ремонтних підрозділів для відновлення техніки тилу оперативного угруповання військ, який ґрунтується на вирішенні оптимізаційної задачі цілочисельного нелінійного програмування з мінімізації затрат, призначених для ремонту та утримання резервних зразків техніки тилу.

Ключові слова: ремонт; відновлення; резерв; техніка тилу.

Вступ

Аналіз застосування підрозділів та військових частин сил логістики на території Донецької та Луганської областей дозволяє стверджувати, що одним із основних чинників, які впливають на успіх у забезпеченні механізованих (танкових) військових частин це є наявність в строю працездатних зразків техніки тилу (ТТл). При цьому, одним із основних джерел надходження в підрозділи (військові частини) працездатних зразків ТТл в ході ведення бойових дій є повернення їх із стаціонарних та рухомих ремонтно-відновлювальних військових частин (підрозділів) після виконання заходів з відновлення.

Але, як показав досвід виконання завдань в операції Об'єднаних сил (АТО) – сили логістики, стикнулись з певними проблемами, які були викликані тим, що ремонтно-відновлювальні підрозділи (військові частини) були неспроможні охопити увесь ремонтний фонд, який потребував відновлення.

Постановка проблеми. Під час проведення операцій (бойових дій) усунення втрат (ТТл) здійснюється, зазвичай, двома способами. Перший

спосіб ґрунтується на постачанні відремонтованих зразків ТТл, що отримали експлуатаційні та бойові пошкодження, другий – на подачі ТТл з резерву, який утримується в центрах забезпечення (базах, складах).

Отже, під час обґрунтування раціонального складу сил і засобів ремонту ТТл головну увагу слід приділяти визначенню такого складу ремонтних органів (РО), зокрема, кількості ремонтних відділень (ремвід) та ремонтних комплектів (РК) у них, а також кількості резервних зразків ТТл, які б забезпечували укомплектування ними військ протягом операції на рівні, не нижчому від заданого рівня укомплектованості $K_{ТТл}^{(вим)}$.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових праць, присвячених предметній галузі, яка досліджується, свідчить про те, що проблематика обґрунтування складу сил і засобів системи забезпечення військ озброєнням та військовою технікою вже була об'єктом наукового пошуку [1, 2]. Для вирішення подібних питань пропонувалися різноманітні підходи, сутність яких, головним чином, зводилась до знаходження такої кількості зазначених сил і засобів, яка б

дозволяла із заданою ймовірністю виконувати покладені на них завдання. Зокрема в роботі [3] запропонований метод прогнозування величини втрат озброєння та військової техніки, які виникають у військах (сила) під час ведення бойових дій (операції). У роботі [4] наводиться методика визначення обсягу обмінного фонду агрегатів для ремонту ОВТ. Запропонований алгоритм вирішення задачі щодо зменшення логістичних витрат, який базується на розгляді системи обмінного фонду агрегатів. Так у роботі [5] пропонується структура ієрархії задач до груп поточного ремонту ОВТ в місцях їх дислокації, яка заснована на оптимізації складу і стратегії використання цих груп, а у роботі [6] розглянуто підхід до визначення втрат автомобільної техніки під час ведення територіальної оборони. В роботі [7] запропоновано методичний підхід до оцінювання економічної ефективності ремонту зразків ОВТ, який враховує фінансово-економічні витрати на ремонт ОВТ в стаціонарних умовах та у рухомих ремонтно-відновлювальних військових частинах (підрозділах). В роботі [8] визначено, що ефективне управління інформаційними потоками у системі логістики буде залежати від ступені її автоматизації. Запропоновано складові системи управління, на основі яких буде прогнозуватись потреба військових частин (підрозділів) у матеріально-технічних засобах, визначатись на який час їх необхідно подати, у якому об'ємі та оптимальний маршрут їх підвезення, а в роботі [9] для вирішення завдання щодо своєчасного забезпечення військових частин (підрозділів) матеріальними засобами (МЗ) запропоновано метод оптимізації матеріальних потоків. В літературних джерелах [10] запропоновано методику оцінювання відновлюваності ОВТ, згідно якої основним оціночним параметром відновлюваності зразків ОВТ може служити середній час простою ОВТ в ремонті., а у роботі [11] запропонована методика оцінювання ефективності функціонування системи відновлення. Суть якої полягає в отриманні відомостей про надійність відновлення ОВТ за номенклатурою в кожній ланці структури системи відновлення, кількості відновлених зразків ОВТ на кожному рівні ієрархії, кількості неохоплених ремонтно-відновлювальними роботами зразків ОВТ в кожній ланці, кількості працездатних зразків ОВТ на кожен добу операції (бойових дій).

Головним недоліком такого підходу є те, що значення потрібної величини ймовірності виконання покладених завдань нормативно не визначене, і його вибір, як правило, залежить лише від особи, яка приймає рішення. Це зумовлює суттєву залежність отриманих результатів від суб'єктивних факторів, що не можна вважати прийнятним. Крім того, недостатньо адекватно враховувався вплив РК на результати функціонування РО.

Таким чином, методичний підхід щодо обґрунтування складу ремонтних підрозділів для

відновлення техніки тилу, якій враховує найбільш вагомими недоліки існуючих методичних підходів є актуальним питанням.

Мета статті. Метою статті є висвітлення методичного підходу щодо обґрунтування складу ремонтних підрозділів для відновлення техніки тилу оперативного угруповання військ.

Виклад основного матеріалу дослідження

Запропонований методичний підхід складатиметься з таких взаємно пов'язаних етапів (рис. 1):

підготовка вихідних даних;

визначення кількості зразків ТТл, які необхідно повернути до строю під час операції для підтримання потрібного рівня укомплектованості військ технікою тилу;

визначення потрібної кількості ремонтних відділень та ремонтних комплектів для підтримання потрібного (заданого) рівня укомплектованості військ технікою тилу.

На *першому етапі* визначається кількість зразків ТТл (ΔN), які необхідно повернути до строю під час операції (за рахунок відновлення або резерву) для підтримання потрібного (заданого) рівня укомплектованості військ технікою

тилу $K_{ТТл}^{(вим)}$.

Для виконання цього спочатку слід розрахувати:

прогнозовану кількість ТТл в строю (N) за умови, якщо не проводитиметься її ремонт та буде відсутній резерв;

потрібну кількість техніки тилу в строю ($N^{(вим)}$) для підтримання значення $K_{ТТл}^{(вим)}$.

При цьому:

$$N = N_0 - \Delta N = N_0 - N_0 \cdot \beta = N_0 \cdot (1 - \beta), \quad (1)$$

$$\beta = \beta_0 \cdot K_\phi \cdot K_{отв} \cdot K_{cc} \cdot T, \quad (2)$$

$$N^{(вим)} = N_0 \cdot K_{ТТл}^{(вим)}, \quad (3)$$

де β – прогнозовані відносні втрати ТТл протягом операції;

β_0 – показник норми середньодобових безповоротних втрат, що очікуються, виходу у ремонт (капітальний, середній, поточний) ОВТ, втрат і витрат інших матеріально-технічних засобів;

K_ϕ – коефіцієнт форми застосування військ;

$K_{отв}$ – коефіцієнт урахування ролі і місця військового формування в операції (бойових діях);

K_{cc} – коефіцієнт урахування співвідношень сил і засобів сторін в операції (бойових діях);

T – тривалість операції (дів);

N_0 – кількість зразків ТТл згідно зі штатно-табельною потребою;

ΔN – прогнозована кількість втрачених зразків ТТл протягом усієї операції (бойових дій).

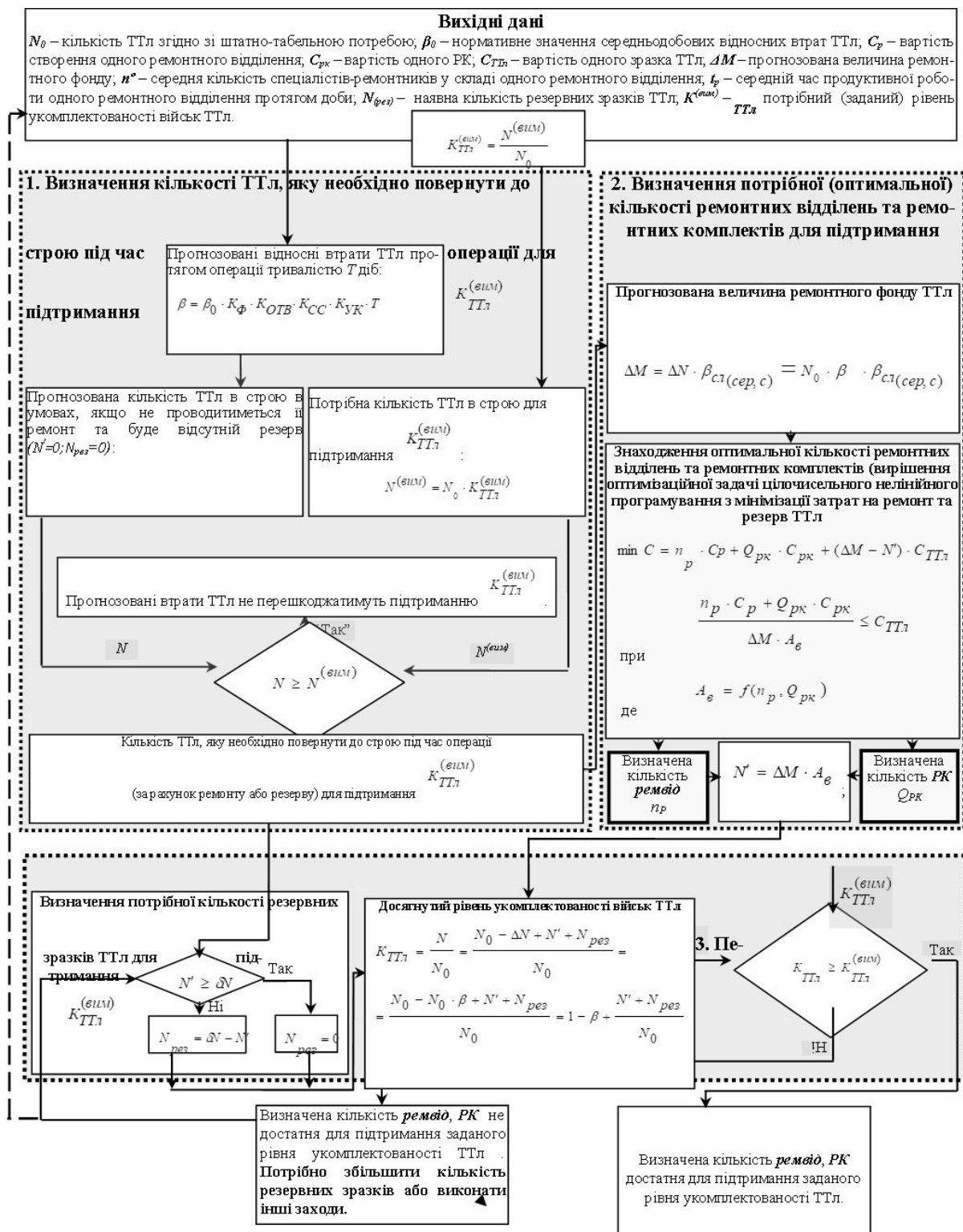


Рис. 1 Блок-схема методичного підходу щодо обґрунтування складу ремонтних підрозділів для відновлення техніки тилу оперативного угруповання військ

Після цього перевіряється виконання умови

$$N \geq N^{(вим)} \quad (4)$$

Якщо наведена умова виконуватиметься, то це свідчить про те, що прогнозовані втрати ТТл не перешкоджатимуть підтриманню протягом операції (бойових дій) забезпеченості військ ТТл на рівні, не

нижчому від $K_{ТТл}^{(вим)}$. Якщо ж не виконуватиметься, то це свідчить про те, що прогнозовані втрати ТТл перешкоджатимуть підтриманню протягом операції (бойових дій) забезпеченості військ технікою тилу на рівні, не нижчому від $K_{ТТл}^{(вим)}$. У такому разі повернення певної кількості зразків ТТл (δN) до строю під час операції необхідно здійснювати за

рахунок ремонту або резерву. Потрібне значення δN являтиме собою різницю $N^{(вим)}$ та N

$$\begin{aligned} \delta N &= N^{(вим)} - N = N_0 \cdot K_{ТТл}^{(вим)} - (N_0 - \Delta N) = \\ &= N_0 \cdot K_{ТТл}^{(вим)} - (N_0 - N_0 \cdot \beta) = \\ &= N_0 \cdot (\beta + K_{ТТл}^{(вим)} - 1) \end{aligned} \quad (5)$$

На *другому етапі* визначається потрібна кількість ремонтних відділень та ремонтних комплектів для підтримання значення $K_{ТТл}^{(вим)}$.

Для цього спочатку розраховується прогнозована величина загального ремонтного фонду ТТл (ΔM) за таким виразом

$$\Delta M = \Delta N \cdot \beta_{сл(сер,с)} = N_0 \cdot \beta \cdot \beta_{сл(сер,с)}, \quad (6)$$

де β (сл, сер, с) – відносні втрати зразків ТТл, які отримали пошкодження певного ступеня: сл – слабкі, сер – середні, с – сильні.

Величина β сл (сер, с) визначається залежно від складності ремонту, який виконується РО ТТл того чи іншого рівня підпорядкованості військ.

Наступна операція – знаходження потрібної кількості ремонтних відділень та ремонтних комплектів шляхом вирішення оптимізаційної задачі цілочисельного нелінійного програмування з мінімізації затрат на ремонт та резерв ТТл, де:

цільова функція

$$\begin{aligned} \min C &= n_p \cdot C_p + Q_{рк} \cdot C_{рк} + \\ &+ (\Delta M - N') \cdot C_{ТТл} = n_p \cdot C_p + Q_{рк} \cdot C_{рк} + \\ &+ [\Delta M - \Delta M \cdot A_B(n_p, Q_{рк})] \cdot C_{ТТл} = \\ &= n_p \cdot C_p + Q_{рк} \cdot C_{рк} + \\ &+ \Delta M \cdot C_{ТТл} [1 - A_B(n_p, Q_{рк})] \end{aligned} \quad (7)$$

обмеження

$$\frac{n_p \cdot C_p + Q_{рк} \cdot C_{рк}}{\Delta M \cdot A_B} \leq C_{ТТл} \quad (8)$$

змінні

$$n_p = 0, 1, 2, \dots; \quad Q_{рк} = 0, 1, 2, \dots,$$

де n_p – кількість каналів обслуговування (ремонтних відділень) у РО;

C_p – вартість створення одного ремвід;

$Q_{рк}$ – кількість РК;

$C_{рк}$ – вартість одного РК;

N' – кількість відновлених зразків ТТл;

$C_{ТТл}$ – вартість одного зразка ТТл;

A_B – ймовірність своєчасного відновлення ТТл.

Для визначеної таким чином оптимальної кількості *ремвід* та РК розраховується прогнозована кількість відремонтованих з їхнім використанням зразків ТТл (N') за такими виразами

$$\begin{aligned} N' &= \Delta M \cdot A_B = \Delta M \cdot A_p = \\ &= N_0 \cdot \beta \cdot \beta_{сл(сер,с)} \cdot A_p \end{aligned} \quad (9)$$

де A_p – ймовірність своєчасного ремонту пошкоджених зразків ТТл;

φ – функція, яка враховує наявність певної кількості РК, а також можливість проведення ремонту в умовах, коли РК відсутні і ремонт здійснюють, використовуючи як джерело запасних частин пошкоджені зразки ТТл, що належать до безповоротних втрат.

Величина A_p може бути визначена за допомогою моделей функціонування ремонтних органів, які основані на представленні ремонту ТТл у вигляді марковських багатоканальних однорідних СМО [12].

Величина φ може бути розрахована за допомогою виразів:

$$\varphi = 0,3 + 0,7 \cdot \frac{Q_{рк} \cdot N_{p1}}{N'} \quad (10)$$

де N_{p1} – кількість зразків ТТл, які можливо відновити за рахунок 1-го ремонтного комплекту.

На *третьому етапі* визначається досягнутий рівень ($K_{ТТл}$) укомплектованості військ ТТл за умови наявності визначеної на другому етапі кількості *ремвід* та РК. У разі, якщо досягнення величини $K_{ТТл}$ буде не менше, ніж потрібний (заданий) рівень укомплектованості військ ТТл, це свідчатиме про те, що визначена кількість *ремвід*, РК та резервних зразків ТТл достатня для підтримання заданого рівня укомплектованості ТТл, якщо ж ні, то це означатиме що визначена кількість *ремвід*, РК та резервних зразків ТТл недостатня для підтримання заданого рівня укомплектованості ТТл і є потреба у збільшенні кількості резервних зразків або проведенні інших заходів.

Потрібна кількість резервних зразків ТТл ($N_{рез}$) становитиме

$$\begin{aligned} N_{рез} &= \delta N - N' = N_0 \cdot (\beta + K_{ТТл}^{(вим)} - 1) - \\ &- N_0 \cdot \beta \cdot A_p = N_0 \cdot (\beta + K_{ТТл}^{(вим)} - 1 - \beta \cdot A_p) = \\ &= N_0 \cdot [\beta \cdot (1 - A_p) + K_{ТТл}^{(вим)} - 1] \end{aligned} \quad (11)$$

Висновки й перспективи подальших досліджень

Запропонований методичний підхід дозволяє обґрунтувати склад сил і засобів ремонту ТТл оперативного угруповання військ в оборонній операції, зокрема, розраховувати кількість *ремвід* та РК. Крім того, методичний підхід дає можливість розраховувати кількість зразків ТТл, які потрібно утримувати в резерві.

Новизною методичного підходу є те, що він ґрунтується на вирішенні оптимізаційної задачі цілочисельного нелінійного програмування з мінімізації затрат на ремонт та резерв ТТл.

Перспективами подальших досліджень може бути формування аналітичної моделі функціонування ремонтних органів техніки тилу, яка буде сприяти адекватному моделюванню процесів, що відбуваються під час ремонту ТТл.

Література

1. Шуєнкін В. О. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил): навч. посіб. / В. О. Шуєнкін, І. С. Ішутін та ін. – Київ: ЦНДІ ЗС України, 2006. Ч. 1. 326 с. 2. Закусило П. С. Методика обґрунтування вимог до системи комплексного ремонту бронетанкового озброєння і техніки армійського корпусу в оборонній операції: дис. канд. військ. наук: 20.01.05 «Будівництво Збройних Сил» / П. С. Закусило. Київ, 2002. 175 с. 3. Павловський О.В. Прогнозування величини втрат озброєння та військової техніки під час операцій (бойових дій). *Системи озброєння і військова техніка*, 2015, № 4(44), с. 116-118. 4. Морозов, О.О. Методика визначення обсягу обмінного фонду агрегатів для ремонту озброєння і військової техніки. *Військово-технічний збірник*, 2017, №16, с. 55-59. 5. Морозов, О.О. Методика формування вимог до груп поточного ремонту озброєння і військової техніки. *Системи озброєння і військова техніка*, 2016, № 1(45) с. 51-55. 6. Шостак, В.Г. К задаче определения потерь автомобильной техники территориальных войск. *Вестник военной академии республики Беларусь*. 2013, №2(39). – С.68-72 7. V. Dachkovskiy Methodical approach to evaluation of economic efficiency of repairing the weapons and military equipment. *Journal of Scientific Papers VUZF review*. – 2020. – Vol. 5, No 1, p. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.38188/2534-9228.20.1.03>
8. Гаврилюк І.Ю. Мацько, О.Й. Дачковський, В.О. Концептуальні основи управління потоками в системі логістичного забезпечення Збройних Сил України. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, – 2019. – № 1(34) С. 37 – 44. DOI:10.33099/2311-7249/2019-34-1-37-44.
9. Dachkovskiy, V.O. The method of the optimization of material flows for functioning of the recovery system. *Social development & Security*. – 2020. – №10(2), 27–34. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.2.4>
10. Дачковський, В.О. Радченко, Л.М. Методика оцінювання відновлюваності озброєння та військової техніки. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, – 2019. – № 3(36) С. 89–96. DOI:10.33099/2311-7249/2019-36-3-89-96
11. Дачковський, В.О. Коцюруба, В.І. Методика оцінювання ефективності функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. – 2020. – № 1(37) С. 5–14. DOI:10.33099/2311-7249/2020-37-1-5-14
12. Шуєнкін В. О., Донченко В. С. Прикладные модели теории массового обслуживания / Київ: НМК ВО «Учебно-методический кабинет высшего образования», 1992. 398 с.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ СОСТАВА РЕМОНТНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНИКИ ТЫЛА ОПЕРАТИВНОЙ ГРУППИРОВКИ ВОЙСК

*Олег Владимирович Павловский (доктор военных наук, с.н.с.)¹
 Валентин Юревич Мазур (доктор военных наук, доцент)²
 Виталий Францович Таргонский¹*

¹ *Центральный научно-исследовательский институт Вооружённых Сил Украины, Киев, Украина*
² *Национальная академия Государственной пограничной службы Украины имени Богдана Хмельницкого, Хмельницкий, Украина*

Анализ войн и вооруженных конфликтов последних лет и выполнения задач воинскими частями (подразделениями) в операции Объединенных сил (антитеррористической операции) подтверждает, что успех выполнения задач механизированными, танковыми, десантно-штурмовыми и другими воинскими частями (подразделениями) будет зависеть от эффективности функционирования системы обеспечения войск (сил).

Нахождение военных частей (подразделений), которые ведут боевые действия, в постоянном боеспособном состоянии будет зависеть от эффективности функционирования системы обеспечения, то есть, как будут подразделения логистики осуществлять подвоз материальных средств, горюче-смазочные материалы, восстанавливать поврежденные образцы вооружения и военной техники и тому подобное. При этом, эффективность их функционирования в полной мере будет зависеть от своевременного и качественного восстановления техники тыла, которая получила боевые или эксплуатационные повреждения, ремонтно-восстановительными войсковыми частями (подразделениями).

Поэтому в статье предложен методический подход к обоснованию состава ремонтных подразделений для восстановления техники тыла оперативной группировки войск, основанный на решении оптимизационной задачи целочисленного нелинейного программирования по минимизации затрат, предназначенных для ремонта и содержания резервных образцов техники тыла.

Ключевые слова: ремонт; восстановление; резерв; техника тыла.

METHODICAL APPROACH TO SUBSTANTIATION OF THE COMPOSITION OF REPAIR DIVISIONS FOR RESTORATION OF BODY TECHNIQUE OF THE OPERATIONAL GROUP OF VISA

*Oleh Pavlovskiy (Doctor of Military Sciences, Senior Research Fellow)¹
 Valentyn Mazur (Doctor of Military Sciences, Associate Professor)²
 Vitalii Tarhonskiy¹*

¹ Central research institute of Armed Force of Ukraine

² National Academy of State Border Guard Service of Ukraine name after Bohdan Khmelnytsky

Analysis of wars and armed conflicts in recent years and the implementation of tasks by military units (units) in the Joint Forces operation (anti-terrorist operation) confirms that the success of tasks of mechanized, tank, assault and other military units (units) will depend on the effectiveness of troops (forces) support systems.

The location of military units (units) conducting combat operations in a constant state of combat will depend on the efficiency of the support system, ie how the logistics units will deliver materials, fuel and lubricants, restore damaged samples of weapons and military equipment, etc. At the same time, the effectiveness of their operation will fully depend on the timely and high-quality restoration of rear equipment, which received combat or operational damage, repair and recovery units (units).

Therefore, the article proposes a methodological approach to substantiate the composition of repair units for the restoration of rear equipment of the operational group of troops, which is based on solving the optimization problem of integer nonlinear programming to minimize costs for repair and maintenance of backup samples of rear equipment.

Keywords: repair; restoration; reserve; rear equipment.

References

- 1. Shuenkin V.O.** Theoretical foundations of logistics of troops (forces): textbook. way. / VO Shuenkin, IS Ishutin and others. - Kyiv: Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, 2006. Part 1. 326 p. **2. Zakusylo P.S.** Methods of substantiation of requirements to the system of complex repair of armored weapons and equipment of the army corps in the defense operation: dis. Cand. troops. Sciences: 20.01.05 "Construction of the Armed Forces" / PS Zakusylo. Kyiv, 2002. 175 p. **3. Pavlovsky O.V.** Forecasting the amount of losses of weapons and military equipment during operations (combat operations). Weapons systems and military equipment, 2015, № 4 (44), p. 116-118. **4. Morozov, O.O.** Methods for determining the volume of the exchange fund of units for the repair of weapons and military equipment. Military-technical collection, 2017, №16, p. 55-59. **5. Morozov, O.O.** Methods of forming requirements for groups of current repairs of armaments and military equipment. Weapons systems and military equipment, 2016, № 1 (45) p. 51-55. **6. Shostak, V.G.** To the task of determining the losses of motor vehicles of territorial troops. Bulletin of the Military Academy of the Republic of Belarus. 2013, №2 (39). - P.68-72. **7. V. Dachkovskiy** Methodical approach to evaluation of economic efficiency of repairing the weapons and military equipment / V. Dachkovskiy, O. Sampir Y. Horbachova // Journal of Scientific Papers VUZF review. – 2020. – Vol. 5, No 1, p. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.38188/2534-9228.20.1.03> **8. Gavrilyuk, I.Yu.** Matsko, O. Dachkovsky, V.O. Conceptual basis of flow management in the system of logistic support of the Armed Forces of Ukraine. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence* - 2019. - № 1 (34) P. 37 - 44. DOI:10.33099/2311-7249/2019-34-1-37-44. **9. Dachkovskiy, V.O.** The method of the optimization of material flows for functioning of the recovery system. *Social development & Security*. – 2020. – №10(2), 27 – 34. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.2.4> **10. Dachkovskiy V.O.** Radchenko, L.M. Recovery methodology weapons and military equipment *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*. - 2019. - № 3 (36) p. 89-96. DOI:10.33099/2311-7249/2019-36-3-89-96 **11. Dachkovskiy, V.O.** Kotsyuruba, V.I. Method of evaluation of efficiency of functioning of arms and military engineering system. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*. - 2020. - № 1 (37) P. 5-14. DOI:10.33099/2311-7249/2020-37-1-5-14 **12. Shuenkin V.O.** Donchenko VS Applied models of the theory of queuing / Kiev: NMK VO "Educational and methodical office of higher education", 1992. 398 with.

Олексій Анатолійович Кільменінов (кандидат технічних наук)

Ярослав Вячеславович Мельник

Дмитро Анатолійович Чопа (кандидат технічних наук, с.н.с.)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ JCATS ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

В статті авторами проведений аналіз існуючих підходів щодо формування тактико-технічних вимог, які висуваються до перспективних (тих, що модернізуються) зразків ОВТ. Враховуючи значну роль імітаційного моделювання в ході супроводження науко-дослідних та дослідно-конструкторських робіт під час створення нових (тих, що модернізуються) зразків ОВТ було проаналізовано можливості системи імітаційного моделювання бойових дій (СІМ) JCATS. Результати аналізу структури та змісту складових бази даних СІМ JCATS дозволили визначити підходи до формування вихідних даних для створення обрисів перспективних (тих, що модернізуються) зразків ОВТ в імітаційному середовищі. Були визначені показники і критерії в базі даних СІМ JCATS, які відповідають показникам і критеріям, що формують обрис реальних зразків ОВТ та сформульовані підходи щодо використання їх для обґрунтування тактико-технічних вимог, що висуваються до перспективних (тих, що модернізуються) зразків ОВТ.

В статті на прикладі окремого зразка ОВТ (стрілецька зброя) було надано порядок формування бази даних СІМ JCATS для певного типу боєприпасу та отримання результатів впливу боєприпасу по цілі. Також наведений порядок створення бази даних для артилерійських боєприпасів та можливості оцінки ефективності їх дії по цілі.

Ключові слова: *система імітаційного моделювання бойових дій, тактико-технічні вимоги до перспективних зразків ОВТ, диференційні рівняння Ланчестера, метод Монте-Карло, ймовірність влучення та ураження.*

Вступ

Озброєння та військова техніка (ОВТ) складають головний матеріальний компонент воєнної могутності держави. Відповідно розвиток ОВТ є однією з головних умов, що визначають рівень боєздатності сучасної армії.

Розроблення перспективних зразків ОВТ проводиться відповідно до завдань, що характерні для виду озброєння, умов їх виконання та врахування можливостей військово-промислового комплексу.

Відповідність зразків ОВТ завданням, що на них покладені, забезпечуються сукупністю їх властивостей і характеризують якість матеріальної складової бойового потенціалу частини (підрозділу).

Кількісно-якісним відображенням властивостей зразків ОВТ є їх тактико-технічні характеристики (ТТХ). Від повноти переліку та обґрунтування їх рівня прямо залежать бойові якості перспективних зразків.

Постановка проблеми. Під час розроблення тактико-технічного завдання зі створення зразка ОВТ необхідно обґрунтувати вибір оцінних критеріїв та їх значення, а саме: призначення

зразка, принципи його дії, місце в загальній системі озброєння і т.і.

На сучасному етапі значно зросла роль імітаційного моделювання в ході супроводження науко-дослідних та дослідно-конструкторських робіт для воєнного сектору. Це обумовлено наступними обставинами.

По-перше, на початкових етапах розроблення неможливо використовувати реальне середовище для оцінки його впливу на зразок ОВТ, що проєктується.

По-друге, вартість створення реального середовища на наступних етапах дуже висока.

Слід зазначити, що створення віртуального середовища імітаційного моделювання повинно випереджати розроблення зразка ОВТ. Це забезпечить доцільність створення (модернізації), формування обґрунтованого тактико-технічне завдання (ТТЗ), значно скоротить витрати та час на розроблення, забезпечить високу якість функціонування зразка ОВТ, що розроблюється.

По-третє, деякі вимоги, що визначені в ТТЗ, неможливо перевірити в реальному середовищі внаслідок відсутності реального середовища або

неможливості забезпечення необхідного рівня безпеки.

Мета статті - аналіз можливості використання засобу імітаційного моделювання бойових дій JCATS для оцінки тактико-технічних вимог до перспективних (тих, що модернізуються) зразків ОВТ.

Виклад основного матеріалу дослідження

За результатами проведеного аналізу існуючих на сьогоднішній день підходів до моделювання бойових дій [1] можна зазначити, як правило, вони основані на використанні апарату Марківських випадкових процесів та методу динаміки середніх. Зазначені методи дозволяють досліджувати динаміку зміни чисельності протидіючих сторін, формалізувати процеси функціонування однотипних зразків ОВТ, надавати оцінку окремим показникам їх бойових можливостей, а також проводити комплексну оцінку бойової ефективності окремих однотипних зразків ОВТ.

Разом з тим існуючі підходи мають ряд суттєвих недоліків.

По-перше, є ряд припущень, що знижують адекватність отриманих результатів. До таких припущень відносяться: використання коефіцієнтів розмірності для однотипних зразків ОВТ; оперування усередненими за вірогідністю різноманітних умов застосування показників (бойових потенціалів), які не дозволяють враховувати вплив конкретних умов бойового застосування (протидія противника, фізико-географічні умови, пору року та час доби) на швидкість переміщення, вірогідність виявлення та ураження цілей, обмеження щодо стану об'єкту, в яких він може знаходитись та інше.

До того ж існуючі аналітичні моделі потребують в якості вихідних даних критерії, які важко визначити в умовах сьогодення. Ці труднощі пов'язані з неможливістю (або обмеженою можливістю) проведення натурних випробувань і прямого виміру параметрів, недостатньою точністю вихідних даних, яку реально можливо зібрати за обмежений час.

Зазначене робить практично неможливим:

визначення вірогідності переходу системи з одного стану в інший (щільність вірогідності переходу) в моделях випадкового процесу з дискретним станом та безперервним часом, побудованого з використанням апарату Марківських випадкових процесів;

визначення інтенсивності потоків випадків, які переводять елемент системи з одного стану в інший та залежать від кількості випадкових станів, що не дозволяє скласти диференціальні рівняння динаміки середніх;

оцінку впливу окремих факторів та характеристик на кінцевий результат ситуації, що моделюється, а також оцінку варіантів отриманих результатів;

оцінку ступеня виконання поставлених завдань;

По-друге, переважна кількість існуючих моделей недостатньо реалізовані в програмному середовищі. Моделі, що реалізовано, зазвичай, не мають між собою функціональних та логічних зв'язків, інформаційно та технічно не сумісних.

По-третє, вони не дозволяють достатньо врахувати особливості системного застосування сил та засобів і можуть бути використані тільки для рішення специфічних, часткових завдань досліджень.

Вказані обставини свідчать про обмеження можливостей застосування існуючих підходів до моделювання бойових дій та необхідності переходу від автономного моделювання до мережевого, яке надає більш ширші можливості для реалізації системного підходу, застосування математичних методів і сучасної обчислювальної техніки під час дослідження складних процесів.

Сучасні досягнення в області інформаційних технологій, збільшення можливостей обчислювальної техніки, динамічний розвиток технологій програмування та моделювання відкрили можливості для опису і дослідження процесів функціонування різноманітних складних систем, у тому числі військового призначення. Провідну роль займає розподілене імітаційне моделювання, яке на відміну від інших методів практично не має обмежень [2] і дозволяє:

Відтворювати застосування сил та засобів протидіючих сторін з можливістю обліку впливу багатьох факторів, притаманних реальним процесам, і взаємодії між силами і засобами; одночасного дослідження процесів на різних рівнях деталізації.

В поєднанні з графічним інтерфейсом забезпечити наочність ведення віртуальної збройної боротьби. Впровадження креативного інтерактивного графічного інтерфейсу дає можливість користувачам втручатись в процес моделювання з метою змін або корегування дій як своїх сил, так і сил противника. Це дозволяє визначити найбільш ефективні засоби для ведення збройної боротьби та способи їх застосування.

Зазначені обставини сприяли створенню конструктивних систем моделювання – інтерактивних систем, в яких об'єкти та процеси їх функціонування представлені за допомогою математичного (алгоритмічного) опису та відповідного програмного забезпечення. Однією з таких систем є система імітаційного моделювання бойових дій (СІМ) JCATS – Joint Conflict and Tactical Simulation.

В СІМ JCATS реалізована об'єктно-орієнтовна архітектура моделей, яка забезпечує модульність та достатню гнучкість. Це дозволяє спростити процеси створення різноманітних за складністю комплексів моделей типових бойових ситуацій із моделей функціонування окремих зразків (солдат, танк, БПЛА, автомат, літак, корабель тощо).

Відповідність CIM JCATS стандартам архітектури високого рівня (HLA-High Level Architecture) і розподіленого моделювання (DIS-Distributed Simulation) дозволяє забезпечити взаємозв'язок на рівні окремих моделей, підвищити ефективність взаємодії різнотипних моделей на етапах розроблення або вдосконалення різнотипних комплексів моделей та їх функціонування.

З точки зору використання математичного апарату для формалізованого опису процесів ведення збройної боротьби CIM JCATS являє собою дворівневу ієрархічну модель.

Перший рівень - деталізований опис взаємодії на рівні окремих об'єктів з використанням метода Монте-Карло.

При цьому враховується склад і тактико-технічні характеристики ОВТ, засобів прицілювання, типи боєприпасів та їх здатність ураження, габаритні розміри об'єктів, діапазони швидкісних характеристик техніки, характеристики місцевості, дорожніх та погодних умов, пори року, час доби, стан особового складу, рівень його підготовки.

Другий рівень - опис взаємодії на рівні організаційних одиниць, які представлені в системі як агреговані системи, з використанням диференціальних рівнянь Ланчестера.

Для опису першого та другого рівня в CIM JCATS створюється база даних ОВТ. В базі даних формуються взаємозв'язки між боєприпасами (їх

властивості щодо нанесення ураження) та групами цілей, по яких ці боєприпаси можуть застосовуватись. [5]

В статті буде проведений аналіз певних складових бази даних CIM JCATS та розглянутий процес формування бази даних окремих зразків ОВТ, тому що саме в базі даних закладаються ймовірнісні показники, значення яких впливають на тактико-технічні характеристики конкретного зразка озброєння (боєприпаса). Результати моделювання функціонування зразка ОВТ у віртуальному середовищі (в ході розіграшу тактичного епізоду), дозволять кількісно обґрунтувати тактико-технічні вимоги до перспективного зразка ОВТ.

На рис. 2.1 представлено загальний вигляд редактора баз даних CIM JCATS. Алгоритм створення баз даних складається з чіткої послідовності.

Першим кроком створюється боєприпас (рис.2.2), описуються всі його властивості (рис. 2.3), такі як: вид боєприпаса, приналежність до конкретного виду або типу озброєння, його балістичних характеристик, характеристики руйнівної здатності.

Створивши та описавши боєприпас в базі даних необхідно визначити ймовірнісні характеристики цього боєприпаса.

Ці ймовірнісні характеристики заповнюються у відповідних таблицях і називаються таблицями Ph і Pk. (рис. 2.4, 2.5)

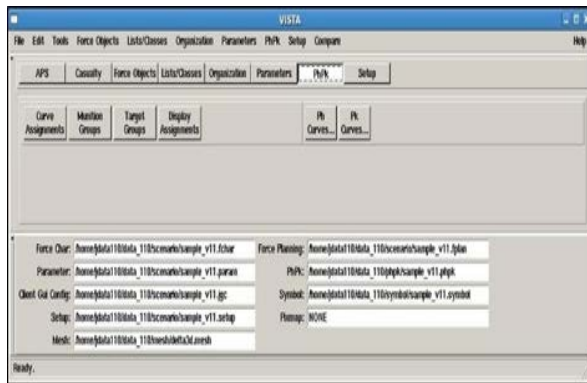


Рис. 2.1 Редактор створення баз даних в імітаційному середовищі

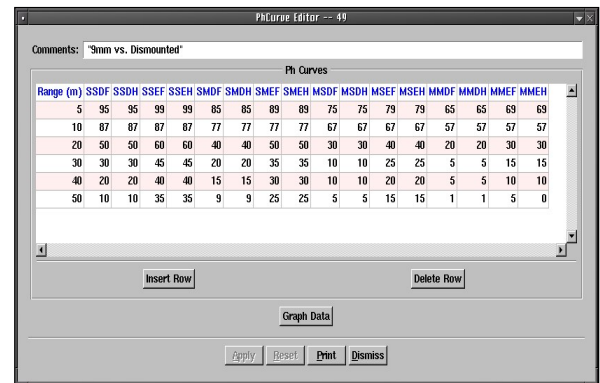


Рис. 2.2 Редактор створення боєприпасів Munition Groups Editor

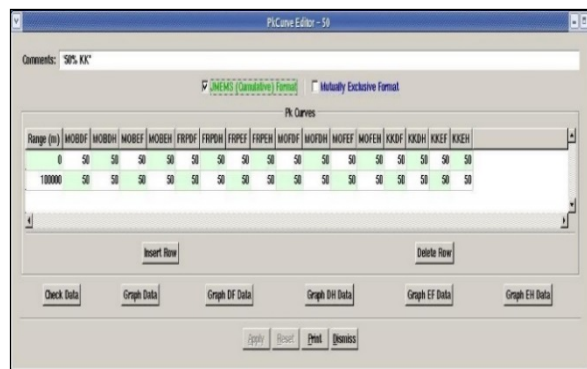


Рис. 2.3 Редактор властивостей боєприпасів руйнівної здатності.

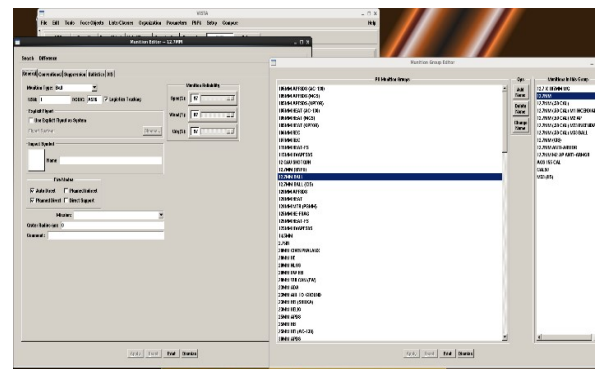


Рис. 2.4 Редактор ймовірності Ph боєприпасу

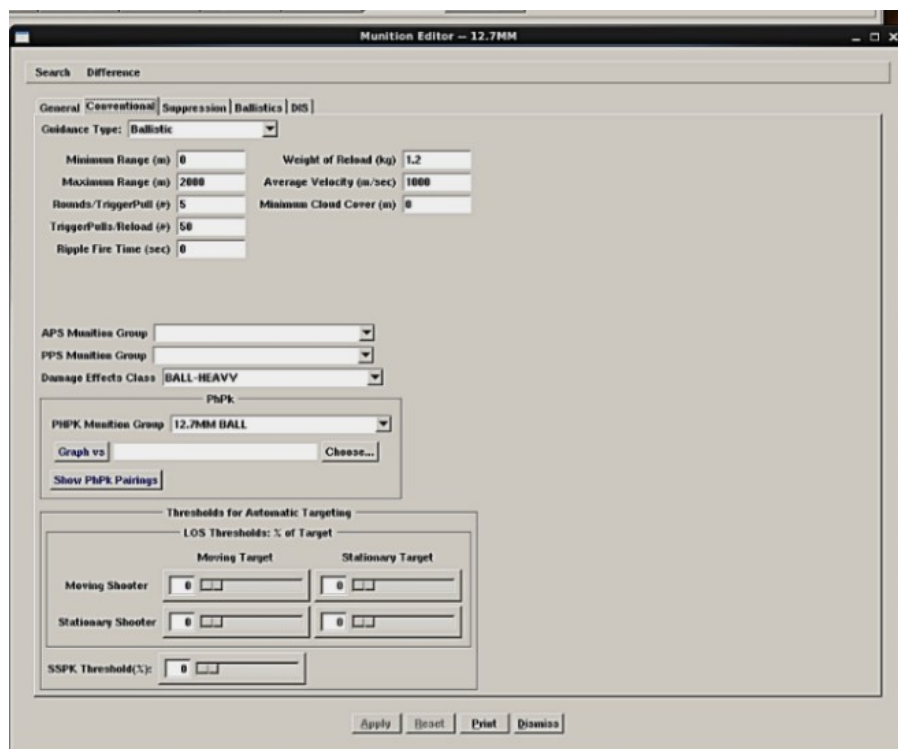


Рис. 2.5 Редактор ймовірності Рк боеприпаса

Таблиця Ph визначає ймовірнісні балістичні показники боеприпаса, тобто то, це ймовірність влучного пострілу даним боеприпасом на відстань по цілі, при чому, ймовірність вказується для кожного стану цілі та стану об'єкта, з якого зроблено постріл цим боеприпасом. Розглянемо всі значення, які заносяться в таблиці:

Значення стану об'єкту, що здійснює постріл:

- S (Stationary) - об'єкт нерухомий;
- M (Moving) - об'єкт знаходиться в русі;

Значення стану цілі:

- S (Stationary) - ціль нерухома;
- M (Moving) - ціль рухається;

Значення стану захисту цілі:

- E (Exposed) - схильна до впливу;
- D (Defilade) - знаходиться в укритті;

Значення кутів влучення боеприпаса в ціль:

- H (Head) - боеприпас потрапляє в ціль під кутом 90 градусів (лобовий постріл);
- F (Flank) - боеприпас потрапляє в ціль під іншими кутами (постріли з флангу);

Наприклад: SSDH - постріл з автомату АК-74 кулею калібра 5,45-мм з місця (S) по людині, яка не рухається (S) в окопі (D) прямо перед стрільцем (H) і далі вибираємо дистанцію пострілу з таблиці.

Заповнивши цю таблицю для конкретного боеприпаса, ми отримаємо реальні ймовірнісні балістичні показники в імітаційному середовищі. Цю інформацію можливо отримати з балістичних випробувань реального зразка, або з полігонних випробувань, або з конструкторсько-технічної документації щодо конкретного зразка боеприпаса чи зразка озброєння. Аналогічно можна отримати інформацію про вогневу потужність, яку має боеприпас в залежності від дистанції пострілу.

Саме це і відображає друга таблиця Рк, іншими словами, в імітаційному середовищі ймовірнісні показники таблиці Рк відображають стан цілі після влучного пострілу. В імітаційному середовищі розробники визначили наступний перелік станів:

Чотири стани цілі після влучання:

- Mob (Mobility Kill) - ціль не може рухатись;
- Frp (Firepower Kill) - повне знищення цілі.

Дві умови стану цілі в момент влучання боеприпаса:

- E (Exposed) - ціль не захищена;
- D (Defilade) - ціль захищена (має бронезахист, укрита, в окопі тощо).

Дві умови влучення боеприпаса в ціль:

- H (Head) - постріл з лінії прямого вогню;
- F (Flank) - постріл з флангів.

Наприклад: ККЕН - повне знищення цілі (КК), яка перебувала без захисту (Е), постріл був зроблений з лінії прямого вогню (Н).

Створивши боеприпас з усіма ймовірнісними показниками цей боеприпас "прив'язується" до конкретного виду озброєння. Це робиться у відповідному редакторі Munition Group editor (рис. 2.6). Це перший і основний етап створення бази даних для імітаційного середовища. Після створення всіх типів озброєння, які будуть брати участь в майбутньому експерименті необхідно створити групи цілей для цього озброєння.

Суть цього процесу полягає в "прив'язці" конкретного типу або зразка озброєння до конкретної групи цілей, тому що ймовірність ураження різних груп цілей з одного і того ж типу озброєння буде різна. Тому розробники СІМ JCATS врахували цей факт під час розроблення системи.

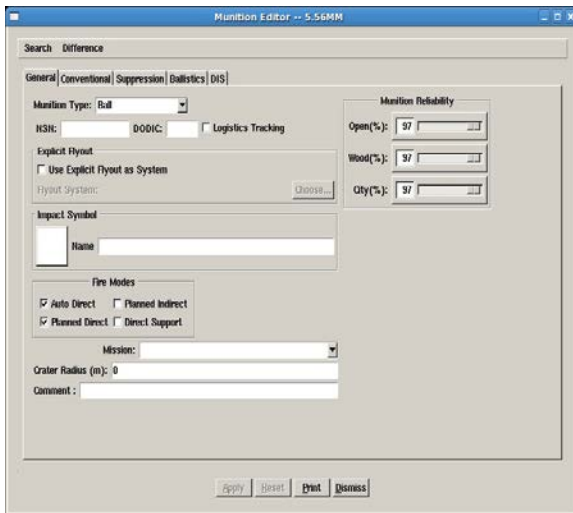


Рис. 2.6 Редактор озброєння

Створивши в базі даних, наприклад, патрон калібром 5,45-мм та “прив’язавши” його до автомату АК-74 окремо прописуються ймовірності показники для пострілу по живій силі, по автомобілям, легкій броньованій техніці тощо. Це робиться у відповідному редакторі Target Group editor (рис 2.7).

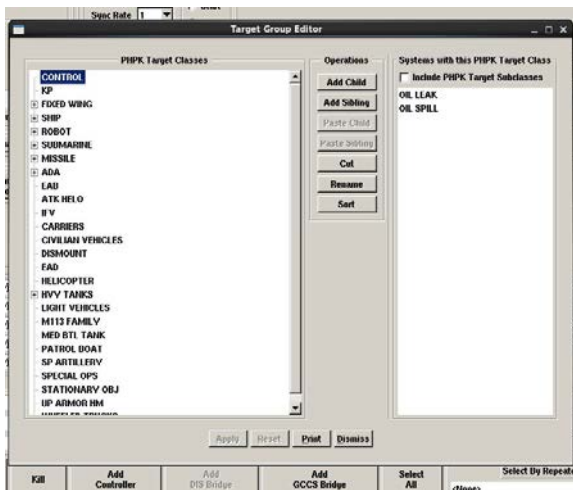


Рис. 2.7 меню редактора цілей

Таким чином, у базі даних імітаційного середовища кожна створена одиниця має свої ймовірнісні балістичні показники для кожного пострілу по конкретній одиниці (цілі).

Розглянемо, як система з цим працює. Як вже було зазначено в SIM JCATS є чотири варіанти знищення цілі, точніше, чотири варіанти стану цілі після влучного пострілу: втрата мобільності (ціль не може рухатись), втрата здатності вести вогонь, втрата здатності вести вогонь та мобільності, повне знищення. Значення описуються ймовірностями цих подій та визначені в значеннях Pk. За допомогою вбудованого в імітаційну систему генератора випадкових чисел, який працює наступним чином:

Нехай MoFPk - ймовірність того, що ціль буде вражена або втратить мобільність, або втратить здатність вести вогонь з врахуванням взаємозв’язку між боеприпасом та цілю, їх станами та дистанцією між ними;

Нехай R - випадкове число від 0 до 1;
Якщо $R < MoF$ система не спрацює;
Якщо $R > MoF$ система подавлена;
Все інше - не має ефекту.

Приклад роботи генератора випадкових чисел під час розіграшу:

Ймовірність Pk враження цілі після влучного пострілу патроном 5,45 мм складає:

$MoB = 45; Frp = 40; MoF = 50; Kk = 1$

R - випадкове число від 0 до 1

Якщо $R > MoF$ ціль не вражено, але потенційно подавлено;

Якщо $R < Kk$ ціль вбито

$[R=0.09: 0.09 < 1 = \text{вбито}]$;

Якщо $(R - Kk) \leq (MoF - Frp)$ - ціль втратила мобільність

$[R=0.15: (0.15 - 1) < (0.50 - 0.40) = 0.05 < 1 = \text{втрата мобільності}]$;

Якщо $R > MoB$ ціль втратила здатність стріляти

$[R=0.46: 0.46 > 0.45 = \text{втрата здатності стріляти}]$;

Все інше - втрата мобільності та здатності стріляти.

На рис. 2.8, 2.9, 2.10 зображені всі можливі результати, якщо постріл в ціль був влучний.

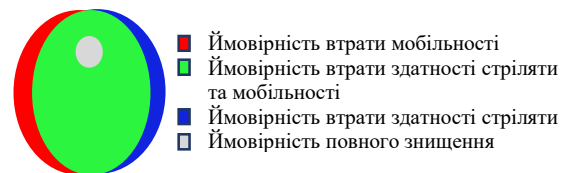


Рис. 2.8 Ілюстрація вибору значень ймовірностей із таблиці Pk

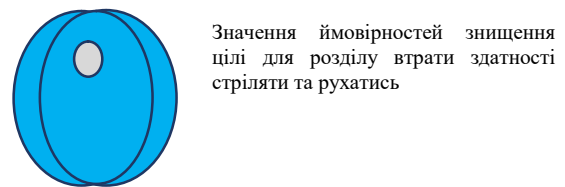


Рис. 2.9 Ілюстрація вибору значень ймовірностей із графі MobFrp таблиці Pk

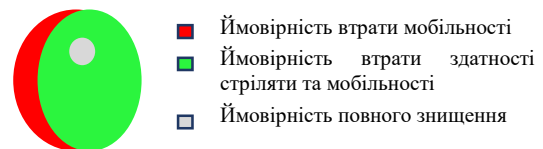


Рис. 2.10 Ілюстрація вибору значень ймовірностей втрати мобільності всіх варіантів із графі Mob таблиці Pk

На рисунку 2.11 проілюстровано, як система здійснює вибір значень ймовірності знищення цілі при умові що в таблиці Pk в графах ймовірність втрати мобільності та втрати здатності стріляти мають або однакові значення або не вказані взагалі.

Так в SIM JCATS створюється вогнепальна зброя, здійснюється прив’язка до конкретних груп цілей. Давайте розглянемо, як створюються артилерійське озброєння.



Варіант роботи системи, якщо значення перших із трьох ймовірнісних значень стану цілі (втрата мобільності, здатності стріляти, втрата мобільності та здатності стріляти) або не визначено або ймовірність однакова. Це призводить до трьох варіантів:

- втрата мобільності та здатності стріляти;
- повне знищення;
- відсутність втрат (біла площа).

Рис. 2.11 Ілюстрація вибору значень ймовірностей повного знищення цілі.

При створенні артилерійських боєприпасів в базі даних CIM JCATS враховуються такі показники як калібр, мінімальна та максимальна дальність польоту боєприпаса, відстань підриву боєприпаса від цілі, ймовірнісні зони ураження (радіуси), ймовірнісні радіуси розльоту уламків та ймовірнісні показники ефективності застосування конкретного виду боєприпаса на місцевості [4] (рис. 2.12).

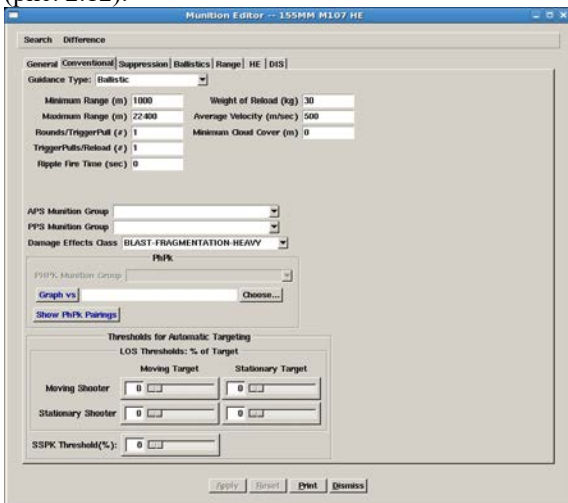


Рис. 2.12 Редактор артилерійських боєприпасів.

CIM JCATS розрізняє три типи або види місцевості, на якій застосовують артилерійські боєприпаси: відкрита місцевість (про рельєф місцевості зараз не йдеться); місто або населений пункт; масив з рослинністю. Для кожного виду місцевості є можливість встановити окремий ймовірнісний показник ефективності. Також окремо визначаються бажані значення придушення цілей, що знаходяться в зоні ураження боєприпаса в залежності від приналежності до класу цілей.

Окремо хочеться зупинитись на вкладці “дистанція” (Range). В цьому розділі доступні значення дальності польоту боєприпаса, часу польоту, кутів прицілювання та влучення, а також балістичних похибок. Значення похибок наведення та балістики є стандартним відхиленням нормального розподілу, а не ймовірною помилкою. Помилка прицілювання застосовується один раз для стрільб з “n” залпів, для того щоб визначити фактичну точку прицілювання з врахуванням впливів атмосферних явищ та деяких відмінностей в боєприпасах. Балістична ж похибка застосовується до кожного пострілу у зв’язку з відмінностями ваги боєприпасів, його розміру, положенню озброєння після пострілу і т.і. (рис. 2.13).

Range (m)	Time of Flight (sec)	Angle of Fall (degrees)	Aiming Error (deflection)	Aiming Error (range)	Balistic Error (deflection)	Balistic Error (range)
1000	22	30	5	6	6	42
6100	22	30	5	6	6	42
12200	44	30	7	9	10	64
22400	58	37	7	10	10	100

Рис. 2.13 Таблиця балістичних похибок

Як було зазначено раніше, в CIM JCATS артилерійські боєприпаси розглядаються в двох варіантах: боєприпаси з великою вибухонебезпечною зоною, основою формування якої є кут влучення боєприпаса, та боєприпаси з зональним ефектом, що розглядаються як вибух безпосередньо поблизу цілі. При ураженні систем такими боєприпасами, враховуються алгоритми для визначення впливу боєприпасів на різних типах місцевості. Для кожного з них вказується кут влучення в залежності від дальності пострілу. Такі боєприпаси можуть залишати воронки та призвести до руйнування стін будівель. Траєкторії польоту та кути влучення розраховуються з використанням дальності та часу польоту боєприпаса. Слід зазначити, якщо розрахунковий кут не відповідає значенням мінімального/максимального значення кутів із відповідних значень таблиці HE, CIM JCATS вибирає мінімальне значення (рис. 2.14).

Vulnerability Category	Algorithm	DO	Open 1st	Wood 1st	City 1st	Open 2nd	Wood 2nd	City 2nd	Open 3rd	Wood 3rd	City 3rd	% Mob Kill	% FP Kill	% MobFP Kill	% K Kill
FIXED WING	Carlton	1	3050	1925	2925	5850	2925	4425	3850	2925	5925	25	0	0	75
HELICOPTER	Carlton	1	495	495	495	495	495	495	495	495	495	25	0	0	75
ARMORED VEHICLE	Carlton	1	75	45.5	45.5	75	45.5	45.5	75	45.5	45.5	0	50	0	50
DISMOUNT	Carlton	1	534	267	267	534	267	267	534	267	267	0	100	0	0
Person Exposed	Carlton	1	534	267	267	534	267	267	534	267	267	0	100	0	0
Person Foothole	Carlton	1	2	0.6	0.6	2	0.6	0.6	2	0.6	0.6	0	100	0	0
Person Prone	Carlton	1	103	30.9	30.9	103	30.9	30.9	103	30.9	30.9	0	100	0	0
Person Protected	Carlton	1	2	0.6	0.6	2	0.6	0.6	2	0.6	0.6	0	100	0	0
SNIP	Carlton	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	100
SOFT SKINNED	Carlton	1	70	47	47	70	47	47	70	47	47	50	0	0	50
TANK	Carlton	1	94	56	56	94	56	56	94	56	56	0	0	0	100

Рис. 2.14 Таблиця ймовірнісних балістичних показників для артилерійських боєприпасів.

Зона ураження, або радіус ураження (Lethality Angle). В цих таблицях визначається радіуси зон ураження в залежності від кута влучення для різних типів місцевості. Крім того, з цієї точки обчислюється траєкторія польоту боеприпасу. Це зроблено для того, щоб визначити вплив місцевості на стан, або ймовірність захисту цілі від уламків.

Слід зазначити, що СИМ JCATS використовує два алгоритми для визначення стану цілі після ураження зони артилерією: алгоритм Карлтона; алгоритм Кукке. Перший застосовується при стрільбі по площам, другий застосовується для важких цілей (типу танк). Різниця між ними полягає в радіусах зон ураження та в таблицях PhPk для уламків.

Розглянувши певні етапи створення бази даних деяких зразків ОВТ в СИМ JCATS можна зробити висновки, що для проведення наукових досліджень ефективності застосування ОВТ слід використовувати ймовірнісні показники

Література

1. Купріненко О.М. Методика оцінки воєно-економічної ефективності перспективних типів бойових броньованих машин. Системи озброєння і військова техніка, ЦНДІ ОВТ ЗСУ. Київ 2014, № 4(40). 2. Кучеренко Ю.Ф., Александров С.М., Шубін Є.В., Гузько О.М. Деякі аспекти процесу створення автоматизованої системи спеціального призначення. Системи обробки інформації, Випуск 8 (48) 2005. 3. Макеєв В.І., Вакал А.О., Леганьков І.В. Методи оцінки ефективності бойового застосування зразків

ефективності конкретного боеприпасу, які в СИМ JCATS визначаються у відповідних таблицях PhPk (для вогнепальної зброї) та HE (для артилерійських боеприпасів) та за своєю суттю відображають характеристики вогневих можливостей конкретного зразка ОВТ.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Таким чином, проаналізувавши структуру бази даних СИМ JCATS, можна зробити висновок про можливість та доцільність використання зазначеного засобу імітаційного моделювання для обґрунтування ТТВ перспективних зразків ОВТ.

Напрямами подальших досліджень будуть створення баз даних СИМ JCATS з ТТХ основної номенклатури існуючих (реальних) зразків ОВТ та проведення досліджень з оцінки їх ефективності в імітаційному середовищі, максимально наближеному до реальних умов їх бойового застосування.

озброєння і боеприпасів. Збірник наукових праць Харківського Національного університету Повітряних Сил, №5(54) 2017. 4. Гриб Д.А., Демідов Б.О., Науменко М.В. Методологічний підхід до формування технічного обрисів перспективних зразків та зразків озброєння і військової техніки, що модернізуються. Наука і оборона. № 4 2009 С. 30-34с. 5. Vista (scenario) editor user guide version 13.1, технічна документація до системи імітаційного моделювання JCATS. 30 Jul 2018.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ JCATS ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНЫМ ОБРАЗЦАМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Алексей Анатолиевич Кильменинов (кандидат технических наук)

Ярослав Вячеславович Мельник

Дмитрий Анатолиевич Чопа (кандидат технических наук, с.н.с.)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье авторами проведен анализ существующих подходов к формированию тактико-технических требований, предъявляемых к перспективным (к тем, которые модернизируются) образцам вооружения и военной техники (ВВТ). Учитывая значительную роль имитационного моделирования в ходе сопровождения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при создании новых (тех которые модернизируются) образцов ВВТ были проанализированы возможности системы имитационного моделирования боевых действий (СИМ) JCATS. В результате анализа структуры и содержания составляющих базы данных СИМ JCATS позволили определить подходы к формированию исходных данных для создания очертания перспективных (тех, которые модернизируются) образцов ВВТ в имитационной среде. Были определены показатели и критерии в базе данных СИМ JCATS, которые соответствуют показателям и критериям, которые формируют облик реальных образцов ВВТ, а также сформулированы подходы по использованию их для обоснования тактико-технических требований, предъявляемых к перспективным (к тем, которые модернизируются) образцам ВВТ.

В статье на примере отдельного образца ВВТ (стрелковое оружие) был представлен порядок формирования базы данных СИМ JCATS для определенного типа боеприпаса и получения результатов воздействия боеприпаса по цели. Так же показан порядок создания базы данных для артиллерийских боеприпасов и возможности оценки эффективности их воздействия по цели.

Ключевые слова: *система имитационного моделирования боевых действий, тактико-технические требования к перспективным образцам ВВТ, дифференциальные уравнения Ланчестера, метод Монте-Карло, вероятность попадания и поражения.*

USING THE CAPABILITIES OF THE JCATS SIMULATION SYSTEM FOR
JUSTIFICATION OF TACTICAL AND TECHNICAL REQUIREMENTS FOR
ADVANCED WEAPONS AND MILITARY TECHNICAL

Oleksii Kilmeninov (Candidate of technical sciences)

Yaroslav Melnyk

Dmytro Chopa (Candidate of technical sciences, Senior Research Fellow)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

In the article, the authors analyzed the existing approaches to the formation of tactical and technical requirements for promising (those that are being modernized) models of weapons and military equipment (AME). Taking into account the significant role of simulation in the course of support of research and development work in the creation of new (those that are being modernized) weapons and military equipment, the capabilities of the JCATS combat simulation system (SIM) were analyzed. As a result of the analysis of the structure and content of the components of the JCATS SIM database, it was possible to determine the approaches to the formation of initial data to create the outline of promising (those that are being modernized) weapons and military equipment in a simulation environment. Indicators and criteria were identified in the JCATS SIM database, which correspond to the indicators and criteria that form the appearance of real weapons and military equipment, as well as approaches were formulated for using them to substantiate the tactical and technical requirements for promising (to those that are being modernized) samples WME.

In the article, using the example of a separate model of weapons and military equipment (small arms), the procedure for the formation of the JCATS SIM database for a certain type of ammunition was presented and the results of the impact of the ammunition on the target were obtained. It also shows the procedure for creating a database for artillery ammunition and the possibility of assessing the effectiveness of their impact on the target.

Key words: *combat operations simulation system, tactical and technical requirements for promising weapons and military equipment, Lanchester differential equations, Monte Carlo method, hit and kill probability.*

References

1. Kuprinenko O. Methods for assessing the military and economic effectiveness of promising types of armored combat vehicles. Weapons systems and military equipment, Central Research Institute of Armed Forces of Ukraine. [Metody'ka ocinky' voyenno-ekonomichnoyi efekty'vnosti perspekty'vny'x ty'piv bojovy'x bron'ovany'x mashy'n.] Kyiv 2014, № 4 (40). **2. Kucherenko Y., Alexandrov S., Shubin E., Guzko O.** Some aspects of the process of creating an automated special purpose system. Information processing systems. [Deyaki aspekty' procesu stvorenniya avtomaty'zovanoi sy'stemy' special'nogo pry'znachennya] Issue 8 (48) 2005. **3. Makeev V., Vakal A., Legankov I.** Methods for assessing the effectiveness of combat use of

samples of weapons and ammunition. [Metody' ocinky' efekty'vnosti bojovogo zastosuvannya zrazkiv ozbroyennya i boyepry'pasiv] Collection of scientific works of Kharkiv National University of the Air Force, №5 (54) 2017 **4. Gryb D., Demidov B., Naumenko M.** Methodological approach to the formation of the technical outline of promising models and samples of weapons and military equipment, modernized Science and Defense. [Metodologichny'j pidxid do formuvannya texnichnogo obry'su perspekty'vny'x zrazkiv ta zrazkiv ozbroyennya i vijs'kovoyi texniki', shho modernizuyut'sya] № 4 2009 pp. 30-34p. **5. Vista (scenario) editor user guide version 13.1, technical documentation for the JCATS simulation system.** 30 Jul 2018.

Спартак Юрійович Гогоняни (кандидат військових наук, с.н.с.)

Олександр Аміранович Георгадзе (кандидат військових наук)

Євген Григорович Руденко

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

АРХІТЕКТУРА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ЕКСПЕРТНО-НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ З ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ

Наявність повнофункціональної системи навчання військових фахівців, яка задовольняє потреби в доступі до контенту та формує відповідні компетентності у слухачів, є невід'ємною ознакою вищого військового навчального закладу. У статті проаналізовано архітектуру та класифікацію експертно-навчальних систем з підготовки військових фахівців, що може використовуватися для навчання. Експертно-навчальна система з підготовки військових фахівців побудована на трьох групах принципів: кібернетичних, педагогічних, психологічних, які є основою для проектування, зберігання та перетворення інформації, визначають форми діяльності викладача та особливості формування, функціонування і форм прояву по відношенню до психіки людини. Описано архітектуру експертно-навчальних систем підготовки військових фахівців, яка взаємодіє з такими категоріями користувачів: слухач, який використовує закладені в систему знання; експерт-викладач, який передає знання до системи; експерт-психолог, який забезпечує адаптацію системи до індивідуальних особливостей слухача; експерт предметної галузі, який передає професійні знання і ділиться досвідом. Представлено умови, від яких залежить ефективність роботи експертно-навчальних систем: висока швидкість обробки інформації; накопичення і застосування результатів навчання слухачів; адаптація системи під рівні знань слухачів. Експертно-навчальна система з підготовки військових фахівців класифікована за глобальними критеріями: за типом задачі, що вирішується; за зв'язком з реальним часом; за ступенем інтеграції з іншими програмами; за ступенем доступу. Критерій за типом задачі, що вирішується включає: інтерпретацію даних, діагностику, моніторинг, проектування, прогнозування, планування, навчання. Критерій за зв'язком з реальним часом складається з статистичної, квазідинамічної та динамічної експертно-навчальних систем. Інтеграція забезпечується з автономними та гібридними експертно-навчальними системами. Ступінь доступу поділяється на відкритий та закритий. Використання експертно-навчальних систем для підготовки військових фахівців базується на інформаційній технології навчання з використанням розподіленого знання.

Ключові слова: експертно-навчальна система; архітектура; система принципів; класифікація.

Вступ

Постановка проблеми. В сучасних умовах підготовки військових фахівців невід'ємною ознакою вищого військового навчального закладу є наявність повнофункціональної системи навчання, що задовольнятиме потреби в оперативному доступі до якісного контенту, необхідного для формування відповідних компетентностей слухачів.

Ключовим напрямом державної освітньої політики України щодо підготовки військових фахівців є забезпечення інформатизації освіти, удосконалення інформаційно-ресурсного забезпечення, що вимагає створення якісного освітнього середовища з використанням технологій глобальної мережі. Зручність і гнучкість гіпертекстового представлення матеріалів, оперативний доступ до значних об'ємів інформації, можливість віддаленого спілкування між викладачами й слухачами – все це дає змогу широко застосовувати інтернет-технології в освітньому процесі. У зв'язку з цим перспективними є розробки інтелектуальних

навчальних систем, що об'єднують у собі методи штучного інтелекту та інтернет-технології.

Одним із найбільш дієвих способів розв'язання зазначеної проблеми є впровадження в освітній процес ВВНЗ експертно-навчальних систем з підготовки військових фахівців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальною тенденцією у підготовці майбутніх спеціалістів, у тому числі й військових фахівців, є використання інформаційних технологій і створення на їх основі принципово нового класу засобів – експертно-навчальних систем [11;13;16]. У цих роботах використовуються різні підходи до визначення понятійного апарату експертно-навчальних систем.

Дослідженню питань ЕНС присвячена ціла низка робіт, зокрема в розвідках В.Ю. Бикова, Б.М. Герасимова, О.Г. Оксіюка розглядаються проблеми використання ЕНС; Є.О. Башкової, Т.А. Гаврилової, П. Джексона запропоновано методи розробки ЕНС; В.А. Петрушина, Н.А. Петрової, М.А. Сухинина, Н.А.Левіна висвітлено принцип побудови архітектури експертно-навчальних систем.

Проте, проблема створення високоефективних технологій підготовки військових фахівців не була предметом окремого наукового дослідження, що не дозволяє оцінити їхню ефективність в освітньому процесі, з чого випливає необхідність проведення досліджень у вказаному напрямі.

Усе це свідчить про важливість і актуальність проведення досліджень, присвячених проблемам архітектури експертно-навчальних систем з підготовки військових фахівців.

Метою статті є аналіз архітектури та класифікації експертно-навчальних систем з підготовки військових фахівців.

Виклад основного матеріалу дослідження

Актуальною проблемою у підготовці військових фахівців є використання нового класу інформаційних технологій навчання – експертно-навчальних систем. На сьогодні є багато різних визначень експертно-навчальних систем [11;13;16] із аналізу яких випливає, що ці визначення побудовані на основі: виконуваних функцій; компонентів їхньої структури; комбінації структурних компонентів і виконуваних функцій.

Виходячи із завдань дослідження, найбільш повними визначеннями експертно-навчальних систем можна вважати визначення, які дали В.А. Петрушин [11, с. 45] і Д. Ю. Янушко [16]. Згідно з ними, експертно-навчальна система – це комп'ютерна програма, що акумулює знання фахівців-експертів у конкретних предметних галузях, здійснює і контролює процес навчання.

Призначення такої системи полягає в тому, що вона, з одного боку, допомагає викладачу навчати і контролювати слухача, а з іншого – надає можливість слухачам постійно навчатись.

Початковим етапом проектування експертно-навчальних систем з підготовки військових фахівців є побудова її архітектури, яка повинна базуватися на певній системі принципів [14;15], представлених у вигляді трьох самостійних груп: кібернетичні, педагогічні та психологічні.

Кібернетичні принципи – це найбільш загальні вихідні положення теорії, фактів і законів кібернетики, які є основою для проектування і створення широкого класу систем управління, зберігання, передачі та перетворення інформації.

Педагогічні принципи – це найбільш загальні положення, які визначають провідні форми діяльності викладача та вихідні вимоги до педагогічного процесу щодо розробки навчальних інформаційних технологій і систем, організації та проведення процесу навчання, у тому числі в інформаційному освітньому середовищі.

Психологічні принципи – це вихідні положення, що визначають розуміння суті й витоків психіки людей, особливості її формування, розвитку, механізми функціонування і форми проявів, способи підходу до її вивчення і зміни. Ґрунтуючись на виокремленій системі принципів побудови експертно-навчальних систем нами обґрунтовано експертно-навчальний підхід, який визначає особливості використання цих систем для підготовки військових фахівців (рис.1).

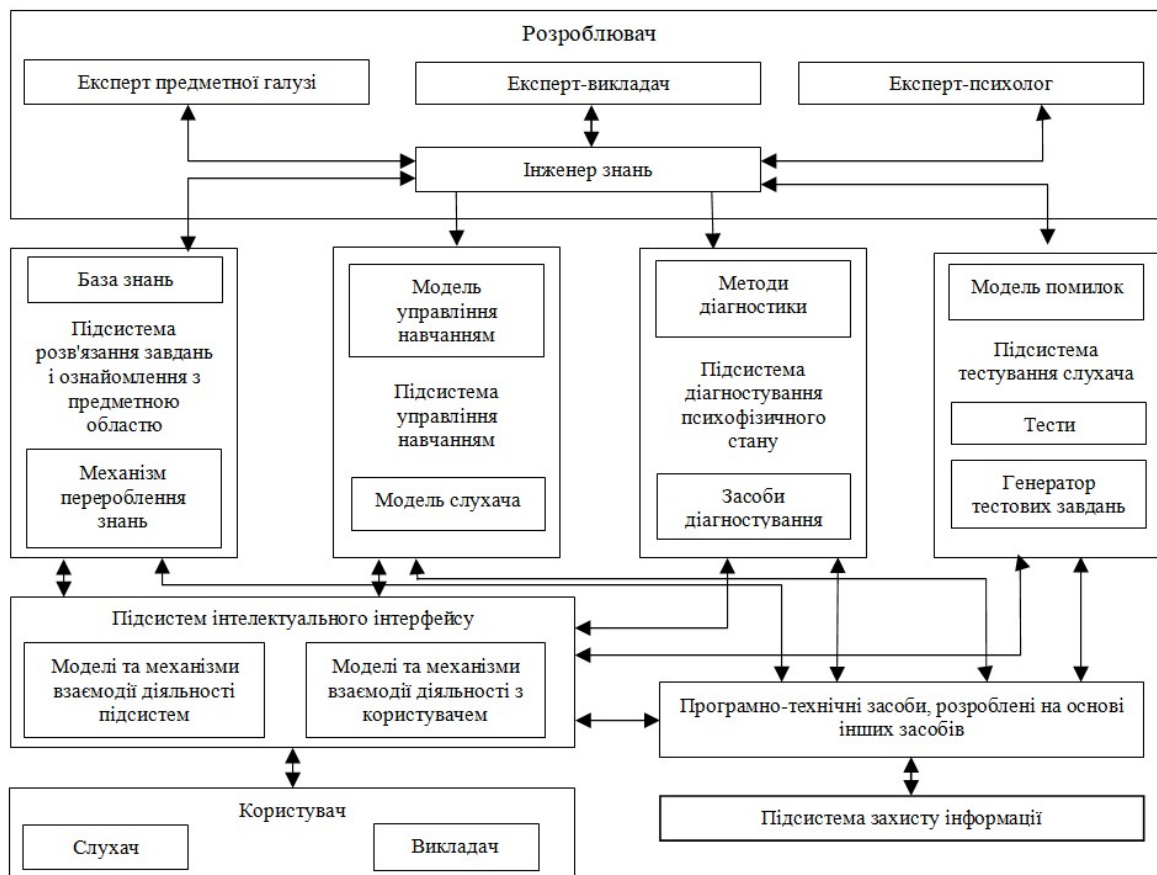


Рис. 1. Архітектура експертно-навчальних систем підготовки військових фахівців

Архітектура експертно-навчальних систем підготовки військових фахівців включає наступні основні компоненти.

1. Багатокомпонентна внутрішня експертна система предметної галузі призначена для вироблення еталонних рішень з досліджуваної предметної області та будується на знаннях експерта і заздалегідь заготовленої сукупності завдань. База знань описує структуру, основні поняття і методи рішень задач досліджуваної предметної області.

Експертна система управління навчанням враховує обмеження, що накладаються на навчальний матеріал з урахуванням яких здійснюється планування процесу навчання. База знань управління навчанням містить опис мети, теми курсів, способи їх аналізу. Система формалізує знання експерта-викладача про принципи і методи навчання, на яких базується експертно-навчальний підхід у підготовці військових фахівців. Ця система формалізує знання експерта-психолога, яким також може бути викладач.

База знань містить також каталог можливих помилок слухачів і правила висунення та перевірки гіпотез про їх неправильні уявлення з предметної області, а також статистичні дані про процес навчання.

2. Комплекс зовнішніх експертних систем та їх баз знань розширює можливості експертно-навчальної системи підготовки військових фахівців за рахунок включення у процес навчання знань, розподілених в комп'ютерних мережах або експертно-навчальних системах, які використовуються при вирішенні складних завдань з різним ступенем інформаційної невизначеності. Взаємодія між компонентами експертних систем, а також їх базами знань здійснюється через підсистему підтримки знань і даних та процесор управління навчанням.

3. Підсистема інтерфейсу користувача забезпечує взаємодію всіх користувачів (слухачів, викладачів) із системою. У процесі функціонування експертно-навчальні системи можуть імітувати роботу людини-експерта у тій чи іншій предметній галузі.

Передбачається діалоговий або інтерактивний режим роботи слухача із системою, який самостійно вибирає темп роботи із системою і траєкторію власного навчання.

4. З експертно-навчальною системою взаємодіють чотири основних категорії користувачів.

Слухач – використовує закладені в цій системі знання для вивчення різних видів професійної діяльності.

Експерт-викладач – передає свої знання про предметну область до вказаної системи з метою надання допомоги в процесі вирішення завдань, а також оцінки дій слухачів.

Експерт-психолог – враховує особистісні характеристики слухача. Знання експерта-психолога необхідні для забезпечення адаптації експертно-навчальної системи до індивідуальних особливостей слухача.

Експерт предметної галузі – фахівець, що володіє достатнім обсягом професійних знань, ділиться своїм досвідом та передає знання.

Ефективність роботи експертно-навчальних систем залежить від дотримання таких умов:

високої швидкості обробки інформації;
можливості накопичення і застосування знань про результати навчання кожного слухача;
можливості адаптації системи до зміни рівня знань слухача.

Розглянемо класифікацію експертно-навчальних систем з підготовки військових фахівців за деякими глобальними критеріями (рис.2) [7].

Класифікація за типом задачі, що вирішується.

Інтерпретація даних визначає значення даних, результати якого повинні бути узгодженими і коректними. Звичайно передбачається багатоваріантний аналіз даних.

Діагностика дає можливість виявити несправності в деякій системі. Несправність – це відхилення від норми. Таке трактування дозволяє з єдиних теоретичних позицій розглядати і несправність устаткування в технічних системах. Важливою специфікою є необхідність розуміння функціональної структури системи діагностування.

Моніторинг передбачає безперервну інтерпретацію даних в реальному масштабі часу і сигналізацію про вихід тих чи інших параметрів за допустимі межі.

Проектування готує специфікацію на створення об'єктів з наперед визначеними властивостями. Для організації ефективного проектування необхідно формувати не тільки самі проектні рішення, але і мотиви їх ухвалення. Таким чином, в задачах проектування тісно пов'язуються два основні процеси: процес виведення рішення і процес пояснення.

Прогнозування забезпечує логічний вивід вірогідних наслідків із заданих ситуацій. У системі прогнозування звичайно використовується параметрична динамічна модель, в якій значення параметрів підганяються під задану ситуацію. Наслідки, що виводяться з цієї моделі, складають основу для прогнозів з оцінками вірогідності.

Планування передбачає знаходження планів дій, що відносяться до об'єктів, здатних виконувати деякі функції. У таких системах використовуються моделі поведінки реальних об'єктів з тим, щоб логічно вивести наслідки планованої діяльності.

Навчання. Системи навчання діагностують помилки при вивченні будь-якої дисципліни за допомогою ЕОМ і підказують правильні рішення. Вони акумулюють знання про гіпотетичного учня і його характерні помилки, потім в роботі здатні діагностувати слабкості в знаннях слухачів, і знаходити відповідні способи для їх ліквідації. Такі системи планують процес спілкування зі слухачем залежно від успіхів слухача, з метою передачі знань.

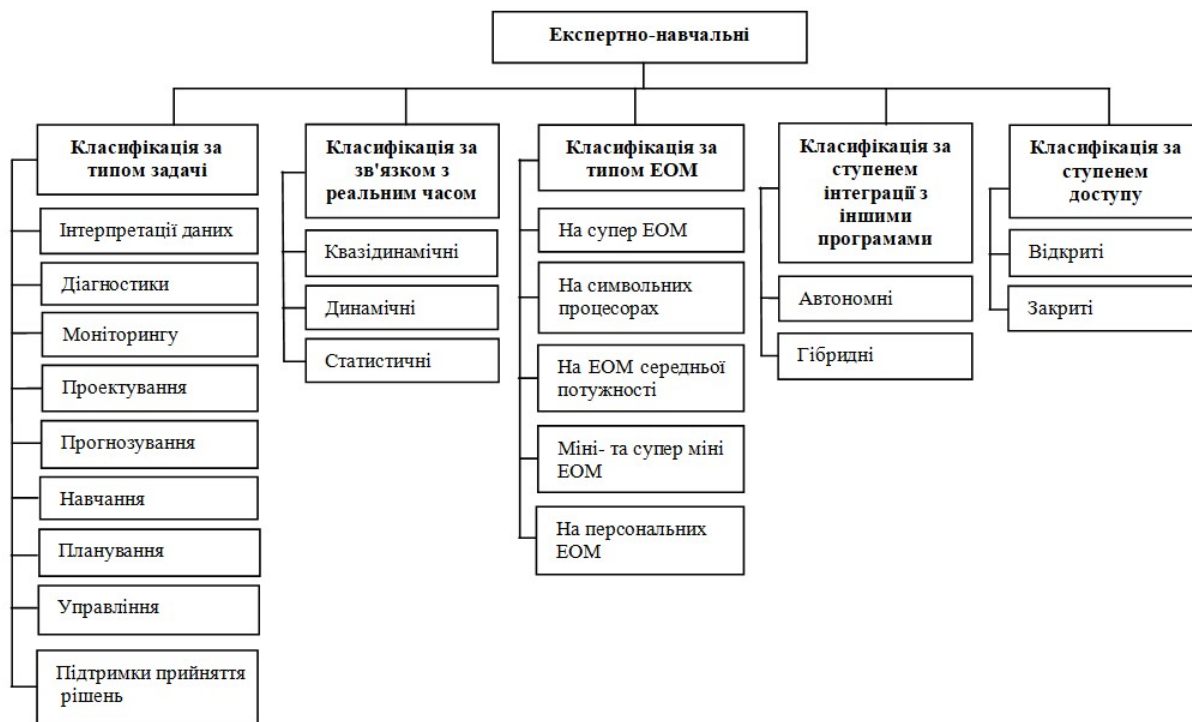


Рис. 2 Класифікація експертно-навчальних систем з підготовки військових фахівців

Класифікація за зв'язком з реальним часом.

Статичні експертно-навчальні системи розробляються в предметних областях, в яких бази знань і дані, що інтерпретуються, не змінюються в часі, вони стабільні.

Квасидинамічні експертно-навчальні системи дозволяють інтерпретувати ситуацію, яка змінюється з деяким фіксованим інтервалом часу.

Динамічні експертно-навчальні системи працюють в поєднанні з датчиками об'єктів в режимі реального часу з безперервною інтерпретацією даних, що надходять.

Класифікація за типом ЕОМ виділяє експертно-навчальні системи:

для унікальних стратегічно важливих задач на СУПЕР-ЕВМ (CRAY, CONVEX);

на ЕОМ середньої продуктивності (mainframe);

на символічних процесорах і робочих станціях (SUN, APOLLO);

на міні- та суперміні ЕОМ (VAX, micro-VAX);

на ПК (IBM PC, MAC).

Класифікація за ступенем інтеграції з іншими програмами.

Автономні експертно-навчальні системи забезпечують роботу безпосередньо в режимі консультацій з користувачем для специфічних експертних задач при рішенні яких не вимагається залучати традиційні методи обробки даних.

Гібридні експертно-навчальні системи – програмний комплекс, що агрегує стандартні прикладні програми (наприклад, математичну статистику, лінійне програмування) і засоби маніпулювання знаннями. Це може бути інтелектуальна надбудова над прикладними програмами або інтегроване середовище для вирішення складної задачі з елементами експертних знань. Не дивлячись на зовнішню

привабливість гібридного підходу, розробка таких систем є надзвичайно складною задачею. Компонування не просто різних програм, а різних методологій породжує цілий комплекс і теоретичних, і практичних труднощів.

Класифікація за ступенем доступу.

Відкриті експертно-навчальні системи взаємодіють з іншими системами відповідно зі встановленими правилами. Взаємозв'язок компонентів здійснюється за допомогою протоколів – домовленостей відносно форматів подання інформації та правил, що визначають функціонування компонентів, що виконують інформаційний обмін.

Закриті експертно-навчальні системи – системи з фіксованими межами, які не мають обміну із зовнішнім середовищем і тому відносно незалежні від нього. Закриті системи ігнорують зовнішній вплив і не віддають власну енергію зовнішньому середовищу. Для них характерні, перш за все, розвинені внутрішні зв'язки, і створює їх зазвичай людина для задоволення конкретних потреб та інтересів.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Таким чином, проаналізована архітектура експертно-навчальних систем підготовки військових фахівців базується на інформаційній технології навчання з використанням розподіленого знання. Грунтуючись на експертно-навчальному підході, який визначає особливості експертно-навчальних систем для підготовки військових фахівців, представлена архітектура експертно-навчальних систем може використовуватися для навчання бази знань, які розподілені на серверах інтернету та інших комп'ютерних мереж.

Література

1. Аксенов М. В. Технология разработки экспертно-обучающих систем, ориентированных на обучение точным дисциплинам: дисс. канд. техн. наук. Москва. – 2004.
2. Антонов Г. А., Пустынный И. Н. Обучении и искусственный интеллект или основы современной дидактики высшей школы. Донецк. – 2002. – 504 с.
3. Бородакий Ю. В., Лободинский Ю. Г. Эволюция информационных систем (современное состояние и перспективы). Москва. – 2011. – 368 с.
4. Бурдаев В. П., Бурдаева Л. В. Экспертно обучающие системы второго поколения: Искусственный интеллект. 2002. Т. 3. – С. 345-353.
5. Великий тлумачний словник сучасної української мови: 250000 / уклад. та голов. ред. В. Т. Бусел. Київ. – 2005. – 1728 с.
6. Голенков В. В. Инструментальные средства проектирования интеллектуальных обучающих систем: Методическое пособие по курсу «Интеллектуальные обучающие и тренажерные системы» для студентов специальности «Искусственный интеллект». Минск. – 1999. – 102 с.
7. Джексон П. Экспертные системы. Москва. – 2001. – 609 с.
8. Кузнецов М. А. Симдянов И. Г. Практика создания Web-документов. Санкт-Петербург. – 2005. – 948 с.
9. Мусюра В. І. Експертні системи. Ч.1. Вінниця. – 2006. – 115 с.
10. Остроух А. В. Основы построения систем искусственного интеллекта для промышленных и строительных предприятий. Монография. Москва. – 2008. – 280 с.
11. Петрушин В. А. Экспертно-обучающие системы / Отв. ред. А. М. Довгялло / Ин-т кибернетики АН УССР. Киев. – 1992. – 196 с.
12. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный поход. Москва. – 2006. – 1408 с.
13. Попов Э. В. Статические и динамические экспертные системы. Учеб. пособие / Э. В. Попов, И. Б. Фоминых, Е. Б. Кисель, М. Д. Шапот. Москва. – 1996. – 320 с.
14. Шевчук О.Б. Кібернетичні принципи проектування та розробки експертних навчальних систем. Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка: Педагогічні науки. 2016. №1 (298). – С.137-142.
15. Шевчук О.Б. Психологічні принципи в проектуванні та розробці експертних навчальних систем. Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. 2016. Вип.1. – С.307-313.
16. Янушко Д. Ю. Интеллектуальные и экспертные системы дистанционного обучения в системе повышения квалификации. Информатизация образования – 2008: интеграция информационных и педагогических технологий: материалы междунар. науч. конф., Минск, 22–25 октября 2008 г. / Редкол.: И. А. Новик (отв. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2008. – С. 604 – 610.

АРХИТЕКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНО-УЧЕБНЫХ СИСТЕМ ПО ПОДГОТОВКЕ ВОЕННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

*Спартак Юрьевич Гогоняц (кандидат военных наук, с.н.с)
Александр Амиранович Георгадзе (кандидат военных наук)
Евгений Григорьевич Руденко*

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Наличие полнофункциональной системы обучения военных специалистов, которая удовлетворяет потребности в доступе к контенту и соответствующие компетентности у слушателей, является неотъемлемым признаком высшего военного учебного заведения. В статье проанализированы архитектуру и классификацию экспертно-обучающих систем по подготовке военных специалистов, может использоваться для обучения. Экспертно-обучающая система по подготовке военных специалистов построена на трех группах принципов: кибернетических, педагогических, психологических, которые являются основой для проектирования, хранения и преобразования информации, определяют формы деятельности преподавателя и особенности формирования, функционирования и форм проявления по отношению к психике человека. Описаны архитектура экспертно-обучающих систем подготовки военных специалистов, которая взаимодействует с такими категориями пользователей: слушатель, который использует заложенные в систему знания; эксперт-преподаватель, который передает знания в систему; эксперт-психолог, который обеспечивает адаптацию системы к индивидуальным особенностям слушателя; эксперт предметной области, который передает профессиональные знания и делится опытом. Представлены условия, от которых зависит эффективность работы экспертно-обучающих систем: высокая скорость обработки информации; накопления и применения результатов обучения слушателей; адаптация системы под уровни знаний слушателей. Экспертно-обучающая система по подготовке военных специалистов классифицирована по глобальным критериям: по типу решаемой задачи; по связи с реальным временем; по степени интеграции с другими программами; по степени доступа. Критерий по типу решаемой задачи включает: интерпретацию данных, диагностику, мониторинг, проектирование, прогнозирование, планирование, обучение. Критерий по связи с реальным временем состоит из статистической, квазидинамической и динамической экспертно-обучающих систем. Интеграция обеспечивается автономными и гибридными экспертно-учебными системами. Степень доступа делится на открытый и закрытый. Использование экспертно-обучающих систем для подготовки военных специалистов базируется на информационной технологии обучения с использованием распределенного знания.

Ключевые слова: *экспертно-обучающая система; архитектура; система принципов; классификация.*

ARCHITECTURE AND CLASSIFICATION OF EXPERT-EDUCATIONAL SYSTEMS FOR TRAINING OF MILITARY SPECIALISTS

Spartak Hohoniants (Candidate of military sciences)
Oleksandr Heorhadze (Candidate of military sciences)
Evgeny Rudenko

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The existence of a full-fledged system of training military specialists, which meets the needs of access to content and forms the relevant competencies of students, is an integral feature of higher military education. The article analyzes the architecture and classification of expert training systems for the training of military specialists that can be used for training. Expert training system for military training is based on three groups of principles: cybernetic, pedagogical, psychological, which are the basis for the design, storage and transformation of information, determine the forms of teacher activity and features of formation, functioning and forms of manifestation in relation to the human psyche. The architecture of expert-training systems of military specialists training is described, which interacts with the following categories of users: listener who uses the knowledge embedded in the system; expert teacher who transfers knowledge to the system; expert psychologist, who ensures the adaptation of the system to the individual characteristics of the listener; subject matter expert who transfers professional knowledge and shares experience. The conditions on which the efficiency of expert-educational systems depends are presented: high speed of information processing; accumulation and application of learning outcomes of students; adaptation of the system to the level of knowledge of students. The expert training system for the training of military specialists is classified according to global criteria: by the type of task to be solved; in real time; by the degree of integration with other programs; by degree of access. The criterion for the type of problem to be solved includes: data interpretation, diagnostics, monitoring, design, forecasting, planning, training. The criterion for real-time communication consists of statistical, quasi-dynamic and dynamic expert training systems. Integration is provided with autonomous and hybrid expert training systems. The degree of access is divided into open and closed. The use of expert training systems for the training of military specialists is based on information technology training with the use of distributed knowledge.

Key words: expert-educational system; architecture; system of principles; classification.

References

- 1. Aksenov M.V.** Technology of development of the expert-training systems oriented on training of the exact disciplines: Cand. of Sciences. Moscow: 2004.
- 2. Antonov G. A., Pustynnikov I. N.** Obuchenike and artificial intelligence or the basics of modern didactics of higher school. Donetsk. - - 2002. - 504 c.
- 3. Borodakiy Yu. V., Lobodinsky Yu. G.** Evolution of information systems (current state and prospects). Moscow. - 2011. - 368 c.
- 4. Burdaev V. P., Burdaeva L. V.** Expert Training Systems of the second generation: Artificial Intelligence. 2002. T. 3. - C. 345-353.
- 5. Great tлумachnyj dictionary of suchasnoj Ukrainskoj movi: 250000 / uklad. ta head. ed. v. T. Busel. Kiev. - 2005. - 1728 c.**
- 6. Golenkov V.V.** Tools for designing of the intellectual training systems: Methodical manual of the course "Intellectual training and training systems" for the students of the specialty "Artificial Intelligence". Minsk. - 1999. - 102 c.
- 7. Jackson P.** Expert systems. Moscow. - 2001. - 609 c.
- 8. Kuznetsov MA Simdyanov I. G.** Practice of creating Web-documents. Saint-Petersburg. - 2005. - 948 c.
- 9. Musura V.I.** Expert systems. P.1. Vinnytsia. - 2006. - 115 c.
- 10. Ostroukh A.V.** Basics of artificial intelligence systems construction for industrial and construction enterprises. Monograph. Moscow. -2008. - 280 c.
- 11. Petrushin V. A.** Expert-training systems / Otv. ed. A.M. Dovgyallo / In-t cybernetics of the Ukrainian SSR Academy of Sciences. Kiev. - 1992. - 196 c.
- 12. Russell S., Norvig P.** Artificial Intelligence. Modern trekking. Moscow. - 2006. - 1408 c.
- 13. Popov E.V.** Static and dynamic expert systems. Textbook / E.V. Popov, I.B. Fominykh, E.B. Kissel, M. D. Shapot. Moscowa. - 1996. - 320 c.
- 14. Shevchuk O.B.** Kibernetichny principled design and disassembly of experimental imaginative systems. A student of Lugansk national university named after Taras Shevchenko: Pedagogical sciences. 2016. №1 (298). - C.137-142.
- 15. Shevchuk O.B.** Psychological principles in the design and development of experimental early childhood systems. Scientific notes of the Berdyansk State Pedagogical University. Series: Pedagogical sciences. 2016. VIP.1. - C.307-313.
- 16. Janushko D. Yu.** Intellectual and expert systems of distance learning in the system of professional development. Informatization of education - 2008: integration of information and pedagogical technologies: materials of the international scientific conf., Minsk, 22-25 October 2008 / Edited by I.A. Novik (in Russian) [et al.] Minsk: BSU, 2008. - C. 604 - 610.

Роман Родіонович Тимошенко (кандидат технічних наук)

Сергій Васильович Лук'яненко

Денис Валерійович Єфімов

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МОЖЛИВОСТІ ТА ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ JCATS ПРИ ПІДГОТОВЦІ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Підготовка військових фахівців артилеристів в умовах особливого періоду, коли необхідно в стислі терміни забезпечити високий рівень знань та умінь, обумовлюють завдання що до пошуку інструментів навчання яким є імітаційне моделювання а саме використання системи імітаційного моделювання JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation). Тому в статті розглядаються питання використання JCATS для підготовки артилерійських підрозділів так, як підготовка артилерійських підрозділів вимагає значних затрат та матеріально технічних ресурсів (паливо, боєзапасу, моторесурсу та ін.). І створення умов навчання для командирів артилерійських підрозділів використання своїх знань та умінь, з метою автоматичного відпрацювання алгоритму роботи посадових осіб та розвідку самостійного мислення що до швидкого прийняття рішення під час нарощування обстановки.

Метою даної статті є аналіз можливостей та досвід використання JCATS при проведенні планових бригадних командно штабних навчань з діючими ОМПБР та ОТБР під час моделювання бойових дій артилерійських підрозділів на центрі імітаційного моделювання Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського з 2018 року по 2020 рік.

Ключові слова: артилерійський огонь; артилерійські підрозділи; JCATS; командне-штабні навчання; імітаційне моделювання.

Вступ

Мета системи бойової підготовки і фактори, які впливають на її функціонування, визначають головний зміст бойової підготовки одним з них є:

підготовка, безпосереднє удосконалення і постійне підтримання високої мобілізаційної готовності підрозділів, частин та з'єднань до проведення активних і рішучих бойових дій в умовах застосування сучасних засобів та забезпечення високої боєздатності;

підвищення ефективності і якості підготовки особового складу, здатного досконало володіти зброєю, бойовими і технічними засобами, швидко приймати рішення у складних умовах ведення бойових дій;

безперервне удосконалення методів організації взаємодії підрозділів і частин під час ведення бойових дій;

підготовка і бойове залагодження частин та забезпечення їх у дії у різноманітних видах бою.

Постановка проблеми. Збройний конфлікт, який відбувається сьогодні на Сході України, став справжнім випробуванням боєздатності та гнучкості пристосування до нових умов ведення бойових дій під час виконання свої завдань для Збройних Сил та інших військових формувань. За рахунок значного зростання засобів розвідки особливо БПЛА та БУАР та всебічного застосування систем підтримки прийняття рішення значно зростає швидкоплинність виявлення та

ураження цілей артилерією. Це вимагає високої взаємодії та швидкого реагування командирами артилерійських підрозділів, що потребує отримання значної практики ведення бойових дій.

Як відомо, більшість зразків озброєння та військової техніки, якими оснащені Збройні Сили України або повністю витратили свій ресурс, або знаходяться на межі його використання. Не оминуло це артилерійські підрозділи.

Найбільш важливим фактором є уміння командирів артилерійських підрозділів прийняти рішення та набуття практичних навичок в управлінні вогнем артилерії з використанням новітніх методів відповідно до стандартів НАТО. Одним з основних завдань під час КШН з використанням програмного засобу JCATS навчити командирів підрозділів у реальному часі ефективно діяти під час розіграшу бойових дій та приймати самостійні рішення, проведення розвідки з використанням новітніх систем спостереження, залучення безпілотних літальних комплексів, застосування нестандартної тактики взаємодії підрозділів під час ведення бойових дій.

Пріоритетним напрямком є підвищення якості бойової підготовки у ЗС України без збільшення фінансових затрат. Одним з напрямків вирішення даного завдання є використання Імітаційне моделювання (ІМ). ІМ сьогодні стало потужним інструментом у всьому світі та використовується для підготовки командирів та штабів діям під час планування та ведення операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз публікацій показав, що дослідження та розробкою і використанням нових системи імітаційного моделювання у військовій сфері, є актуальними [1-3]. Зокрема, у Сполучених Штатах Америки проблему розглядають як питання національної безпеки. Для її вирішення сьогодні розроблено програму, яка передбачає 3D моделювання місцевості, застосування альтернативних систем. У рамках зазначеної програми велика увага приділяється підвищенню навичок і знань не лише артилерійських підрозділів а інших військових формувань. Для прикладу, у Збройних силах США згідно з даною програмою заплановано до 2025 року збільшити час використання системи імітаційного моделювання.

Метою статті є розглянути можливості системи імітаційного моделювання JCATS як одного з інструментів для підготовки артилерійських підрозділів.

Проаналізувати доцільність використання системи JCATS при підготовці офіцерів артилерійських підрозділів ЗС України, розглянути перспективи впровадження досвіду, що був одержаний під час командно-штабних навчань реальних бригад які проводилися на центрі імітаційному моделювання спільно з командними пунктами Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського в системі бойової (оперативної) підготовки Збройних Сил України.

Виклад основного матеріалу дослідження

ІМ - це спроба відтворення існуючої реальності (людей, дій, умов і т. ін.) методами функціональної реалізації моделей у межах певного проміжку часу. Використання ІМ під час підготовки артилерійських підрозділів є найбільш актуальною та дає змогу досягнути високої бойової готовності артилерійських підрозділів при значній економії боєприпасів (БП) та технічного ресурсу артилерійських систем з можливістю повторення тих чи інших епізодів бойових дій.

Головна ідея навчань - створити для органів управління, які залучаються до проведення навчань, обстановку, яка максимально наближена до тієї, що виникає на полі бою. Її створюють за рахунок відтворення подій (за допомогою засобів ІМ), які повинні відбуватись після того, як завершені всі процеси організації бойових дій [4]. JCATS дозволяє відтворювати дії артилерії у відповідності до планів, які були розроблені на етапі прийняття рішення. В той же час за рахунок дій противника які відтворюють події за задумом керівника навчань, створюється послідовність епізодів.

Офіцери артилерійських підрозділів під час навчань з використанням ІМ відпрацьовують та покращують навички роботи штабів, тому що головна сфера застосування JCATS — це підготовка органів управління. Діяльність

командирів підрозділів, яка і в реальному житті залежить від координації штабу, планування, надання наказів (розпоряджень) і підтримки зв'язку, тобто всіх штабних функцій[5].

За допомогою JCATS утворюється "віртуальне поле бою" підміняючи для командирів та органів управління реальні сили (власні та противника), місцевість з її унікальними властивостями та, навіть, саму природу (пору року, кліматичні умови, час тощо).

Система імітаційного моделювання JCATS має багатий арсенал засобів для моделювання дій артилерійських підрозділів. Вони зведені в спеціальне, окреме меню. На рис. 1 зображений загальний вигляд меню "Опції артилерії".

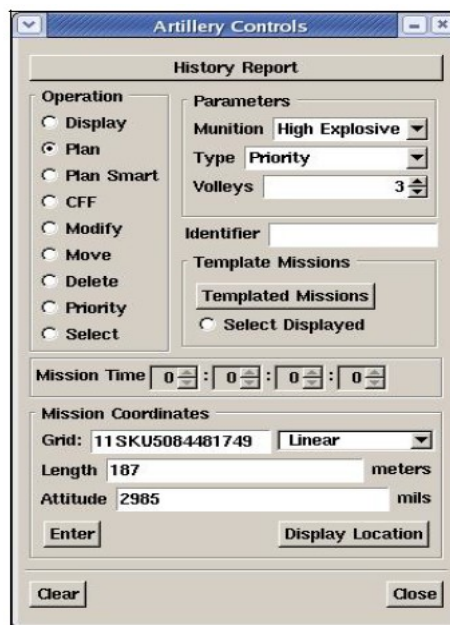


Рис. 1. Меню "Опції артилерії"

Меню "Опції артилерії" (Artillery Controls Menu) використовується для планування та виконання місії непрямого вогню як під час фази планування так і під час моделювання (гри). Опції місії включають тип озброєння, черговість пострілів, типи пострілів (дугові, перпендикулярні або горизонтальні), кількість залпів та час місії. Це меню також дає змогу отримати графічні звіти у місіях для конкретної одиниці чи сили (робочої станції).

Місії артилерії можуть плануватися на рівні підрозділів артилерії або окремою гарматою. Заплановані місії можуть бути введені в таблицю місій для виконання пізніше під час гри.

Опція "Тип боєприпасів" дозволяє обрати один з типів боєприпасів, а саме:

"Chembio" – означає хімічно-біологічну зброю (Під час гри наслідки застосування відображаються у вигляді жовтих знаків, що перетворюються на різнобарвний витягнутий еліпс, що імітує шлейф району забруднення. Фактична хмара відображається тільки на робочій станції контролера);

“Flares” – це сигнальні ракети (Спалах відображається жовтою міткою заставки. Жовте коло буде відображатися із зазначенням діаметру освітленої області. За цей час цілі можуть бути обстріляні. Застосовується тільки в темний час доби);

“HE” – означає вибухівку (фугас) (Велика площа зони ураження. Залишаються кратери і може призвести до пошкодження або руйнування будівель);

“ICM” – звичайні/традиційні боеприпаси;

“MICLIC” – заряд мін (для створення проходу в мінному полі);

“Mines AP” – протипіхотні міни, (FASCAM) (Мінні поля відображаються у вигляді пурпурних прямокутників з позначенням AP);

“Mines AT” – протитанкові міни, (FASCAM) (Мінні поля відображаються у вигляді пурпурних прямокутників з позначенням AT); На рис. 2 зображено постановка мінних полів.

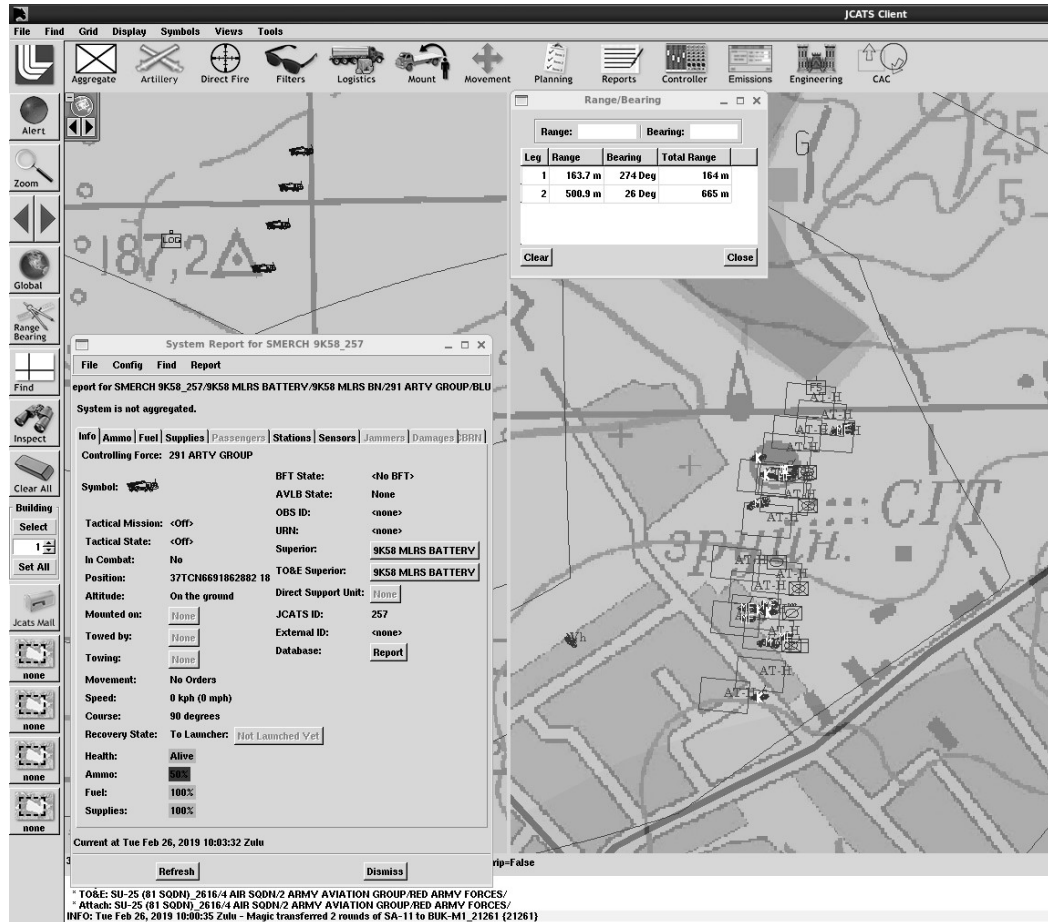


Рис. 2. Постановка мінних полів

“Smoke BiSp” – біспектральний дим (димова завіса). Весь дим відображається у вигляді оранжевих спалахів, що змінюють форму на білий еліпс;

“Smoke HC” – гексахлорний дим;

“Smoke WP” – білий фосфорний дим. (наступальні боеприпаси);

“All” – означає “всі типи” боеприпасів (немає у фазі планування).

JCATS дозволяє моделювати три способи планування місій артилерії:

вибір цілі та визначення однієї чи більше систем, що будуть вести вогонь;

введення координат місії та визначення однієї чи більше систем, що будуть вести вогонь;

активні передові спостерігачі (ПС) матимуть системи прямої підтримки та автоматично призначені місії артилерії;

Меню порядок виконання вогневого ураження “Type” має наступні можливості.

ASAP – показує, що місія буде виконана найближчим часом.

Priority – показує, що місія буде переміщена в початок черги і має пріоритет над усіма іншими місіями для обраної системи.

Time on Target – показує час виконання місії.

Timed – показує коли почнеться місія після закінчення попередньої. Можна вибрати (Mission Time) коли необхідно спланувати початок місії на конкретно визначений час;

Також під час гри моделюється переміщення техніки, ведення розвідки за допомогою безпілотних літальних комплексів, як візуально так і за допомогою радіолокаційними станціями розвідки наземних рухомих цілей (СНАР), радіолокаційними комплексами типу АРК-1 і спроможна здобувати в найкоротші терміни досить різноманітні й точні дані про противника.

На рис.3 зображено як в системі імітаційного моделювання JCATS це відпрацьовується.

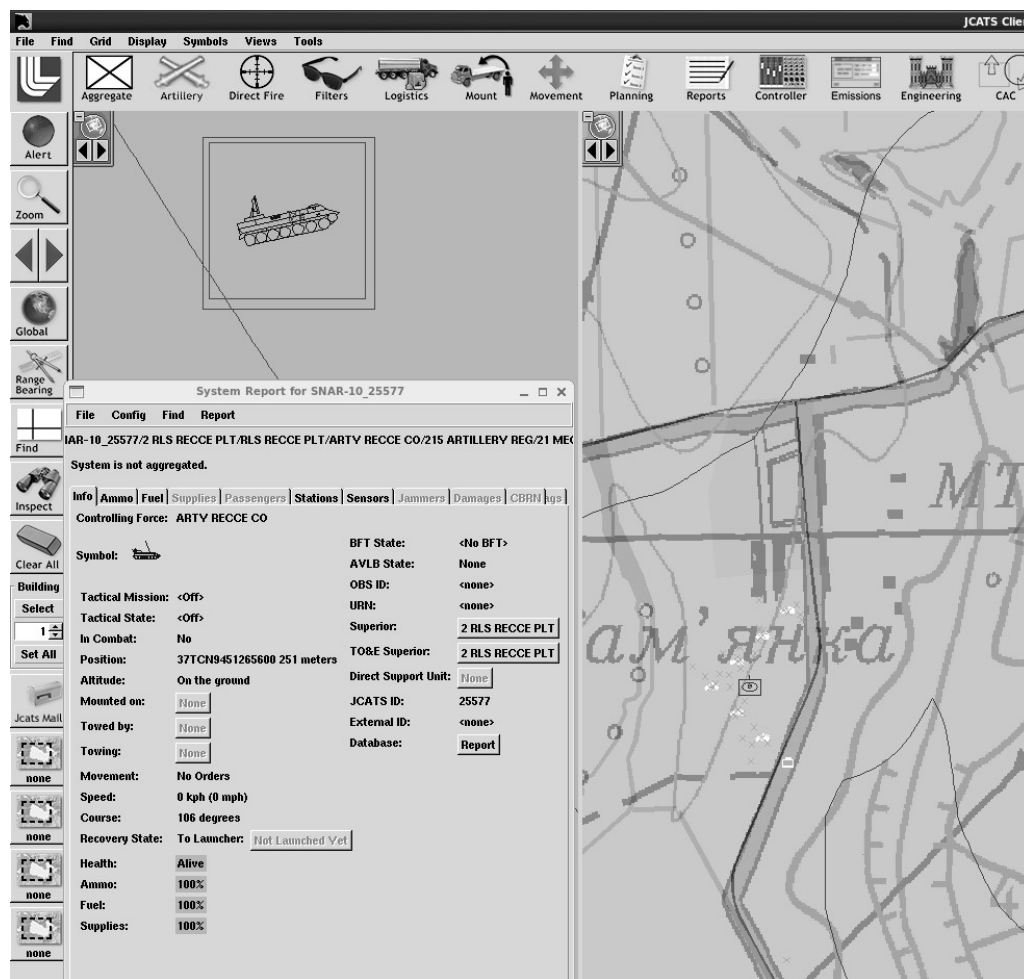


Рис. 3. Робота артилерійської розвідки

Робота логістики, ремонтних підрозділів що до відновлення боєздатності артилерійських систем. Програмою враховується час приведення артилерії к бою, час політу снаряда до цілі, розсіювання та вражаюча дія боєприпасів для різних зразків озброєння та військової техніки, особового складу, відносно знаходження його на відповідній місцевості або у лісі, окопі.

Також моделюються застосування різних типів детонаторів а саме осколочні, фугасні, та радіо детонатора.

Все це у сукупності дозволяє реалістично відігравати бойові дії для командирів артилерійських підрозділів та дає змогу проводити КШН більш деталізовано.

Досвід проведення командно штабних навчань з використанням системи імітаційного моделювання JCATS вказує на великий потенціал щодо підготовки командирів. Надає можливість керівнику провести детальний розбір дій командирів, показати загальну картину бою, вказати на недоліки та за рахунок можливості проведення необмеженої кількості повторення симуляції бойових дій відпрацювати взаємодію, а також спробувати реалізувати нестандартні рішення.

Підчас проведення КШН з 2018-2019 року спостерігалось у більшості бригад при повторному відпрацюванні наступу (оборони) відхід від

встановлених керівними документами порядку застосування артилерії [4] а саме:

Підчас контр батареиної боротьби командир БУАР мав у прямому підпорядкуванні батарею 2С5 а також самостійно ставив задачу на ураження артилерії противника мінуючи управління БРАГ іншим артилерійським підрозділам. По закінченню стрільби артилерійські батареї (дивізіон), які залучались для ураження цілей командира БУАР самостійно інформували своє керівництво про витрати боєприпасів. За рахунок цього зменшився час реакції на вогневе ураження противника. Це дало змогу уникати уражень противника ще на вогневих позиціях. Та як наслідок змусило противника знизити інтенсивність вогневого ураження наших військ.

Також змінювали самостійно тактику застосування протитанкового резерву. Це виникало тому, що рухома група загородження (РГЗ) підчас проведення оборонного бою, жодного разу не виконало завдання щодо мінування напрямку прориву противника. В керівних документах вказано що РГЗ повинно встановлювати протитанкове мінне поле перед протитанковим резервом на відстані 800м у напрямку противника [6]. Гра показала що в умовах великої кількості розвідки особливо при використанні противником безпілотних літальних апаратів неможливо скрити висунання ПТР з РГЗ і

тому, як правило, його знищували ударом артилерії або прямою наводкою ще на маршрутах висування. Так під удар артилерії у 50% випадках опинявся протитанковий резерв ще на марші, що знижувало його бойовий потенціал.

При повторних розіграшах оборонного бою 80% випадках командири змінювали тактику застосування протитанкового резерву. Суть змін була в тому, що РГЗ встановлювала всі міни ще до початку бойових дій та уходила в тил з метою направлення можливого прориву противника у напрямку де вже завчасно у засідці знаходиться один з двох протитанкових резервів. У випадку непрогнозованої зміни напрямку наступу противника його намагаються змусити змінити напрямок удару силами старшого начальника а саме проведенням дистанційного мінування та при необхідності висуванням протитанкового резерву якій не залучається для відбиття прориву. Хотілося наголосити що відхід від РГЗ та залучення дистанційного мінування для перенаправлення напрямку удару противника є нормою застосування протитанкового резерву станами НОТО.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Система імітаційного моделювання JCATS дозволяє моделювати на цифровій карті як вогневе ураження так і тактичні дії артилерійських

Література

1. Лук'яненко С.В. Основні інноваційні напрями застосування сучасних інформаційних технологій у підготовці військових фахівців / Лук'яненко С.В., Чопа Д.А., Єфімов Д.В. // Сучасні інформаційні технології в сфері безпеки та оборони – 2019. – № 3 (36). – С.127–134.
2. Чопа Д.А. Методика порівняльної оцінки ефективності бойового застосування арт. підрозділів, на озброєнні яких знаходяться гармати різних зразків / Чопа Д.А., Вакал А.О., Коплик І.В. // "Труди Академії", Київ.-2002, –№33, інв. 38382. –С. 72–74.
3. Чопа Д.А. Використання СМПЗ автома-тизованих робочих місць для обґрунтування вимог до нових зразків РАО "Труди Академії", Київ. –2001, –№32, інв. 38204. –С.64–65.

підрозділів підчас ведення бойових дій. Це дозволяє впрохувати витратні матеріалів (боєприпасів, пального, ремкомплектів, можливості та часу щодо інженерного обладнання вогневих позицій), Моделює пролітний час, розсіювання, вражаючу дію снарядів в залежності від точки влучання снаряда для різних обертів. Надає можливість проводити обмін інформацією між командирами різних підрозділів як у графічному так і у текстовому форматі та висвітлювати загальну обстановку на карті.

Таким чином за рахунок можливості моделювати як існуючі так і перспективи зразки озброєння та боєприпасів виникає можливість використання системи імітаційного моделювання JCATS для обґрунтування та підтвердження доцільності створення нових зразків озброєння та військової техніки.

Відпрацювання навичок командирів щодо застосування артилерії щодо маршу, оборони контрнаступу, наступу, контр батареїної боротьби.

Перспективою подальших досліджень є використання програмного засобу JCATS для наукового обґрунтування впливу застосування нових форм та способів ведення бойових та необхідність створення та використання перспективних зразків озброєння техніки та боєприпасів.

4. Лаврінчук О.В. Методика застосування технології імітаційного моделювання в підготовці фахівців Збройних Сил України / Лаврінчук О.В., Заїки Л.А. // К.: Інститут УДО України. Зб. мат. науково-практична конференція "Актуальні проблеми захисту національних інтересів України від загроз" 2020 р. (26 червня), –С.12–13.
5. Житник В.Є. Моделювання бойових дій артилерійського комплексу наземної артилерії тактичного рівня / Житник В.Є., Чопа Д.А., Вакал А.О.// "Труди Академії", Київ. – 2000, –№26, інв. 37255. – С.42–48.
6. Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії (група, дивізіон, батарея, взвод, гармата) / затверджені наказом командувача Сухопутних військ Збройних Сил України від 17.06.2008 року № 261

ВОЗМОЖНОСТИ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ JCATS ПРИ ПОДГОТОВКЕ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Роман Родіонович Тимошенко (кандидат технических наук)

Сергій Васильович Лук'яненко

Денис Валерійович Єфімов

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Подготовка артиллеристов в условиях особого периода, когда необходимо в сжатые сроки обеспечить высокий уровень знаний и умений, что может обеспечить имитационное моделирование а именно использование системы JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation). В статье рассматриваются вопросы использования JCATS для подготовки артиллерийских подразделений так, как подготовка артиллерийских подразделений требует значительных затрат материально-технических ресурсов (топливо, боезапаса, моторесурса и др.). Целью данной статьи является анализ возможностей и опыт использования JCATS при проведении плановых бригадных командно штабных учений с действующими ОМПБР и ОТБР при моделировании боевых действий артиллерийских

подразделений на центре имитационного моделирования Национального университета обороны Украины имени Ивана Чарняховського с 2018 года по 2020 год.

Ключевые слова: артиллерийский огонь; артиллерийские подразделения; JCATS; командно-штабные учения; имитационное моделирование.

POSSIBILITIES AND EXPERIENCE OF USING THE JCATS SIMULATION SYSTEM IN THE PREPARATION OF ARTILLERY UNITS

Roman Timoshenko (Candidate of Technical Sciences)

Sergiy Luk'yanenko

Denis Yefimov

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

Training of gunners in a special period, when it is necessary to provide a high level of knowledge and skills in a short time, which can be provided by simulation modeling, namely the use of the JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation) system. The article discusses the use of JCATS for the training of artillery units, since the training of artillery units requires significant expenditures of material and technical resources (fuel, ammunition, motor resources, etc.). The purpose of this article is to analyze the capabilities and experience of using JCATS when conducting planned brigade command and staff exercises with active OMBR and OTBR when simulating the combat actions of artillery units at the center of simulation of the Ivan Charnyakhovsky National University of Defense of Ukraine from 2018 to 2020.

Keywords: *artillery fire; artillery units; JCATS; command post exercise; simulation.*

References

- 1. Luk'yanenko S.V.,** Chopa D.A., Ufimov D.V. (2019), Main innovations directly from the storage of modern information technologies in the preparation of business fahivts Modern information technologies in the field of security and defense. - No. 3 (36). - pp. 127-134.
- 2. Chopa D.A.,** Vakal A.O., Kopluk I.V. (2002), Methods of a random assessment of the effectiveness of combat stagnation art. pidrozdiliv, on the walled-off ones there are harmatians of the young zrazkiv / Chopa D.A., // "Trudy Akademii", Kyiv –№33, inv. 38382. –S. 72-74.
- 3. Chopa D.A.** (2001) Viktoristannya SMPZ of automated working machines for cleaning up new workers of RAO "Trudy Akademii", Kiev. –№32, inv. 38204. –S.64–65.
- 4. Lavrinchuk O.V.,** Zauki L.A. (2020) Methods of storing the technology of imitational model in the preparation of enterprises of the Zbroynykh Forces of Ukraine K.: Institute of Education of Ukraine. Zb. mat. scientific-practical conference "Actual problems to the hunt for national interests of Ukraine from threats" –S.12–13.
- 5. Zhitnik V.Y.,** Chopa D.A., Vakal A.O. (2000), Model of battle artillery complex of ground artillery tactical rivnya "Trudy Akademii", Kiev., –№26, iHB. 37255. - P.42–48.
- 6.** Rules for shooting and control over fire ground artillery (group, division, battery, platoon, garmat) / approved by the order of the commander of the Land Forces of Zbroynykh Forces of Ukraine from 17.06.2008 to the Rock No. 261

*Олександр Володимирович Войтко (кандидат військових наук)
Владислав Григорович Солонніков (доктор технічних наук, професор)
Олена Владиславівна Полякова*

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ СТАЛОСТІ ПРОЦЕСУ РОЗВИТКУ ГРОМАДСЬКОЇ ДУМКИ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЧНОГО НАРАТИВУ ДЕРЖАВИ

При виконанні заходів щодо популяризації та підтримки населенням набуття повноправного членства України в ЄС та НАТО в першу чергу треба переконатися, що за результатами реалізації цих заходів система розвитку громадської думки населення залишиться у сталому процесі бажаних змін без неконтрольованих збурень. Основне завдання дослідження полягає в перевірці стабільності, сталості процесу розвитку громадянської думки в бажаному напрямку, у виявленні і передбаченні небажаних збурень у стосунках громадян різної політичної орієнтації. В статті розглядається наукове обґрунтування особливостей застосування методу фрактального аналізу при визначенні сталості процесу розвитку громадської думки держави за умови реалізації стратегічного наративу при проведенні відповідних заходів щодо популяризації та підтримки населенням набуття повноправного членства України в ЄС. Шляхом розрахунку індексу фрактальності доведено, що процес розвитку громадської думки населення України щодо вступу до ЄС, який поданий часовим рядом за результатами узагальнених статистичних даних опитування населення України у період з 2002 по 2019 роки, є сталим. Результати дослідження свідчать, що впровадження управляючих впливів штатних структур і підрозділів системи стратегічних комунікацій Міністерства оборони та Збройних Сил України, розрахованих з урахуванням даних прогнозу на 2020-2021 роки, не викличе суттєвих неконтрольованих збурень, а процес змін громадської думки населення України буде відбуватися у сталому русі бажаних змін у відповідності до стратегічного наративу держави. Це надасть можливість здійснювати науково-обґрунтований розподіл прогнозованого загального об'єму завдань між різними структурними підрозділами системи стратегічних комунікацій Міністерства оборони та Збройних Сил України з обов'язковим врахуванням особливостей різних цільових аудиторій.

Ключові слова: стратегічний наратив, цільова аудиторія, інформаційно-психологічний вплив, стратегічні комунікації, фрактальний аналіз, індекс фрактальності, мінімальне клітинне покриття.

Вступ

Євроінтеграція та вступ до НАТО – цивілізаційний вибір України, одна з ключових вимог Революції гідності. Відтепер це закріплено у основному Законі України. Верховна Рада ухвалила внесення змін до Конституції України щодо стратегічного курсу держави на набуття повноправного членства України в Європейському Союзі та в Організації Північноатлантичного договору [1].

В новій редакції Воєнної доктрини України визначені напрями забезпечення воєнної безпеки та завдання щодо набуття критеріїв, необхідних для членства в Європейському Союзі та Організації Північноатлантичного договору [2].

Відповідно до Воєнної доктрини України та Стратегічного оборонного бюлетня України Міністром оборони України 22 листопада 2017 року було затверджено Концепцію стратегічних комунікацій Міністерства оборони України та Збройних Сил України № 612 [3]. В цьому документі зазначено, що використання всіх комунікативних можливостей держави спрямовується на досягнення її цілей.

Стратегічні комунікації на сьогоднішній день перебувають в стадії становлення, при чому цей процес, на відміну від провідних країн світу, відбувається в реальних бойових умовах. Тому наявні проблеми та труднощі потребують

оперативного визначення та вирішення.

В основу побудови стратегічних комунікацій входить формування стратегічного наративу. Цим питанням суттєва увага приділяється в роботах [4-6]. Так авторами статті в роботі [4] розглядалося завдання щодо наукового обґрунтування особливостей впровадження стратегічного наративу держави на підставі аналізу статистичних даних громадської думки та прогнозування сценаріїв її розвитку.

Проведений аналіз часових рядів статистичних даних розвитку громадської думки надає можливість визначити особливості впровадження стратегічного наративу держави системою стратегічних комунікацій та реалізувати інтереси держави у вигляді активізації підтримки населенням стратегічного курсу на набуття повноправного членства України в ЄС та НАТО. Отриманий точковий прогноз зміни громадської думки вказує на необхідне мінімальне значення ефективності, якої має досягти система стратегічних комунікацій, при проведенні відповідних заходів щодо популяризації та підтримки населенням відповідного курсу держави.

Аналіз цих даних свідчить про те, що для забезпечення в подальшому позитивного прогнозного розвитку громадської думки населення України щодо вступу до ЄС та НАТО необхідно у

2020 та 2021 роках збільшити кількість прихильників розвитку суспільства в цьому напрямку відповідно на 2,4 млн. чол.(6,3 %) у 2020 році та 0,7 млн. чол.(2,1%) у 2021 році щодо вступу до ЄС та на 13,7 млн. чол.(35,6 %) у 2020 році та на 2,0 млн. чол.(5,3 %) у 2021 році щодо вступу до НАТО. Що стосується прихильників позаблокового статусу України, то при відповідній організації роботи в інформаційному просторі їх кількість зменшиться у 2020 році на 0,45 млн. чол. (1,6 %) та на 2,2 млн. чол.(4,7 %) у 2021 році [4].

Постановка проблеми. Спираючись на результати досліджень, викладені в роботі [4], треба організувати роботу різних структур і підрозділів системи стратегічних комунікацій таким чином, щоб досягти зазначеного збільшення кількості прихильників розвитку суспільства в визначеному напрямку. Це забезпечить вихід процесу подальшого розвитку громадської думки населення на стійкий прогнозований тренд запланованих змін. Але це лише припущення. Результат таких дій може стати і негативним. Справа полягає в тому, що система формування і підтримки населенням відповідного курсу держави є нелінійною динамічною системою і реакція різних цільових аудиторій на ті чи інші внутрішні чи зовнішні управляючі впливи може бути слабко передбаченою. Тому при плануванні управляючих впливів в першу чергу треба переконатися, що за результатами реалізації цього впливу система розвитку громадської думки населення залишиться у сталому процесі бажаних змін без неконтрольованих збурень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні дослідження часових рядів методами теорії нелінійних динамічних систем застосовується все частіше [7]. Відповідно до цієї теорії досліджувані процес, що подається часовим рядом, включає в себе хаотичну складову. Занадто збільшена хаотичність системи може призвести до втрати її сталості. Теорія хаосу дозволяє спрогнозувати і дослідити сталі стани динамічних систем. Для дослідження сталості часових рядів в теорії хаосу рекомендується використовувати аттрактори і фрактали як дієві інструменти дослідження [8,9].

Як правило нелінійні динамічні системи мають фрактальні аттрактори, тобто нестійкі фазові траєкторії цих систем з часом намагаються стати фракталами [7].

Часові ряди, які побудовані на статистичних даних громадської думки населення щодо досліджуваного процесу, теж володіють фрактальною статистикою, тому для їх дослідження можуть використовуватися методи фрактального аналізу.

Серед відомих підходів до проведення фрактального аналізу найчастіше використовують дослідження динаміки досліджуваного процесу у часі шляхом розрахунку такої його характеристики як фрактальна розмірність.

В звичайному розумінні розмірність геометричної фігури – це мінімальна кількість координат, необхідних для її опису як множини точок при врахуванні особливостей її структури. Так для опису лінії достатньо однієї координати, для опису поверхні – двох, для опису тіла – трьох координат. Таку розмірність називають топологічною розмірністю і позначають D_T [10].

Існує ще один підхід до поняття розмірності. В цьому випадку поняття розмірності подають як число D , яке характеризує зв'язок природної міри геометричної фігури (наприклад, довжини, площі або об'єму) з величиною (в даному випадку довжиною), що покладена в основу вихідної метричної системи. Якщо метричний еталон такої величини, що прийнятий за одиницю, збільшити (зменшити) в b разів, то вибрана міра зменшиться (збільшиться) в b^D разів. Таку розмірність називають метричною [10].

$$M = \lim_{\delta \rightarrow 0} [N(\delta)\delta^D], D = 1,2,3 \quad (1)$$

де $N(\delta)$ – кількість симплексів (відрізків, клітин або кубів) з геометричним лінійним розміром δ , що визначають апроксимацію вихідної величини. На основі цього виразу Хаусдорфв 1919 р. запропонував своє визначення розмірності для випадку компактної множини у довільному метричному просторі [11].

$$D = \lim_{\delta \rightarrow 0} \left[\frac{\ln N(\delta)}{\ln(1/\delta)} \right], \quad (2)$$

де $N(\delta)$ – мінімальна кількість куль радіуса δ , які покривають цю множину. Для звичайних геометричних фігур $D = D_T$. Але для більш складних множин таких, як фрактали $D > D_T$.

Якщо вихідна множина розглядається у евклідовому просторі, то у визначенні (2) замість покриттів цієї множини кулями можна розглядати варіанти її покриття більш простими фігурами (наприклад, клітинами) з геометричним розміром δ . В цьому випадку вводиться нове поняття клітинної фрактальної розмірності. При $\delta \rightarrow 0$ граничні значення сферичної і клітинної розмірностей співпадають.

Ефективним науковим інструментом дослідження фрактальної структури часових рядів є метод обчислення їх фрактальної розмірності шляхом клітинного покриття графіку зображення часового ряду.

Якщо в якості апроксимації часових рядів розглядати сукупність плоских геометричних фігур(клітин) зі спільним геометричним параметром δ , то за визначенням Хаусдорфа D – розмірність визначається за законом.

$$S(\delta) \sim \delta^{2-D} \text{ при } \delta \rightarrow 0, \quad (3)$$

де $S(\delta)$ – площа всієї сукупності клітин з масштабом розбиття δ .

В якості показника стабільності реальних часових рядів в [12] пропонується використовувати індекс фрактальності μ . Перевага цього індексу у порівнянні з іншими фрактальними показниками полягає в тому, що для його визначення з припустимою точністю достатньо даних на два порядки менше ніж для розрахунку інших τ подібних показників. Тому в подальшому будемо розглядати μ в якості основного фрактального показника. Це дає можливість використовувати його в якості локальної характеристики, що визначає динаміку основних станів вихідного процесу. До таких станів відносять періоди відносного спокою (флети) і періоди відносного тривалого руху вверх

або вниз (тенди). Якщо $\mu > 0,5$, то спостерігається флет, у випадку коли $\mu < 0,5$ – тренд. При $\mu \approx 0,5$ процес знаходиться у проміжному стані між флетом і трендом. Це дає можливість проводити локальний фрактальний аналіз часових рядів.

Метою статті є наукове дослідження сталості динаміки процесу розвитку громадської думки населення України щодо вступу до ЄС методами фрактального аналізу з урахуванням особливостей впровадження стратегічного нарративу держави за результатами прогнозованих на 2020-2021 роки управляючих впливів штатних структур і підрозділів системи стратегічних комунікацій.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що дослідження нелінійних динамічних систем і процесів, до яких можна віднести і процес розвитку громадської думки населення України щодо вступу до ЄС, який подається авторами статті за результатами попередніх досліджень як часовий ряд, що побудований на узагальнених статистичних даних опитування населення України у період з 2002 по 2019 роки, доцільно досліджувати методами фрактального аналізу. Основне завдання дослідження полягає в перевірці стабільності, сталості процесу розвитку громадянської думки в бажаному напрямку, у виявленні і передбаченні небажаних збурень у стосунках громадян різної політичної орієнтації. Здійснювати це завдання будемо шляхом розрахунку індексу фрактальності μ та дослідження поведінки функції $\mu(t)$.

Визначення фрактальної розмірності для часового ряду проведемо способом клітинного покриття графічного зображення часового ряду за методикою, викладеною у роботі [13].

Нехай спостереження часового ряду зміни громадської думки щодо вступу до ЄС $\{x(t_i)\}_{i=1}^N$ розглядаються на інтервалі $[0, T]$. Виміри цього ряду в моменти спостереження характеризують результати опитування населення щодо досліджуваного питання з 2002 по 2019 роки. З урахуванням 2020 і 2021 років, на які розраховується прогноз, графік зміни громадської думки будемо розглядати на часовому інтервалі $[2002 - 2021]$. Розділимо інтервал на m частин точками $0 = \tau_0, \tau_1, \dots, \tau_m = T$, де $\tau_i - \tau_{i-1} = \delta, \delta = \frac{T}{m}, (i = \overline{1, m})$. Позначимо таке рівномірне розбиття інтервалу реалізації часового ряду через ω_m . Покриємо зображення часового ряду прямокутниками з основою (масштабом) δ . Висота прямокутника на інтервалі $[\tau_i - \tau_{i-1}]$ буде дорівнювати розмаху варіювання $A_i(\delta)$ значень часового ряду $x(t_i)$ на цьому інтервалі. Обчислимо величину $V(\delta) = \sum_{i=1}^m A_i(\delta)$. Відповідно площа такого мінімального покриття дорівнює $S(\delta) = V(\delta)\delta$. Порівнюючи отриманий вираз з виразом (2), тобто визначенням фрактальної розмірності, після відносно нескладних математичних перетворень в [10] показано, що

$$S(\delta) \sim \delta^{2-D}, \text{ а } V(\delta) = \delta^{-\mu}, \text{ де } \mu = D_\mu - 1.$$

Величину D_μ називають розмірністю мінімального покриття.

В нашому дослідженні при обчисленні індексу фрактальності μ була використана послідовність n вкладених розбиттів ω_m , де $m = 2^n$, $n = 1, 2, 3, 4, 5$. Кожне розбиття складалося з 2^n інтервалів, які включали 2^{5-n} спостережень $x(t_i)$.

Для кожного розбиття ω_m обчислювалося значення $V(\delta)$. Отримані результати обчислень подані у таблиці 1.

На рис. 1 (a,b,c,d,e,f) зображений графік досліджуваного ряду і нанесені на нього мінімальні клітинні покриття, які відповідають значенням $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5$, тобто значенням $m = 1, 2, 4, 8, 16, 20$, або масштабу розбиття $\delta = 20, 10, 5, 2,5, 1,25, 1$ відповідно. Клітинні покриття являють собою сукупність прямокутників, кількість яких на кожному графіку відповідає вибраному значенню m . Висота кожного прямокутника, як вже було зазначено, дорівнює розмаху варіювання $A_i(\delta)$ значень графіка на відповідному інтервалі $[\tau_i - \tau_{i-1}]$. Тобто сума висот всіх прямокутників на кожному графіку розраховувалася за формулою $V(\delta) = \sum_{i=1}^m A_i(\delta)$, використовуючи значення статистичних даних опитування громадської думки населення України щодо вступу до ЄС, у відповідності з якими і побудований досліджуваний часовий ряд. Результати розрахунку величини V для кожного розбиття занесені до таблиці 1.

З використанням даних таблиці 1 побудуємо графік залежності $V(\delta)$ у подвійному логарифмічному масштабі (рис. 2).

За наведеним даним з використанням методу найменших квадратів та програмного продукту Matlab побудована лінія регресії, рівняння якої має вигляд $y = kx + b$. Це надає можливість визначити величину індексу фрактальності μ , яка є індикатором локальної сталості (стабільності) часового ряду. Оскільки, у відповідності з [12], $\mu = -k$, то рівняння лінії регресії може бути записано наступним чином $y = -0.4313x + 10.4312$, тобто індекс фрактальності досліджуваного ряду дорівнює $\mu = -0,4313$. Це означає, що часовий ряд, який характеризує динаміку розвитку процесу зміни громадської думки населення України щодо вступу до ЄС, знаходиться у проміжному стані між флетом і трендом, але значно ближче до сталого стану відносного спокою. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що досліджуваний процес зміни громадської думки населення у 2020–2021 роках буде плавно змінюватися в напрямку бажаних перспектив його розвитку, а впровадження управляючих впливів штатних структур і підрозділів системи стратегічних комунікацій, розрахованих з урахуванням даних прогнозу на 2020-2021 роки, не викличе суттєвих збурень та аномальних відхилень в його протіканні.

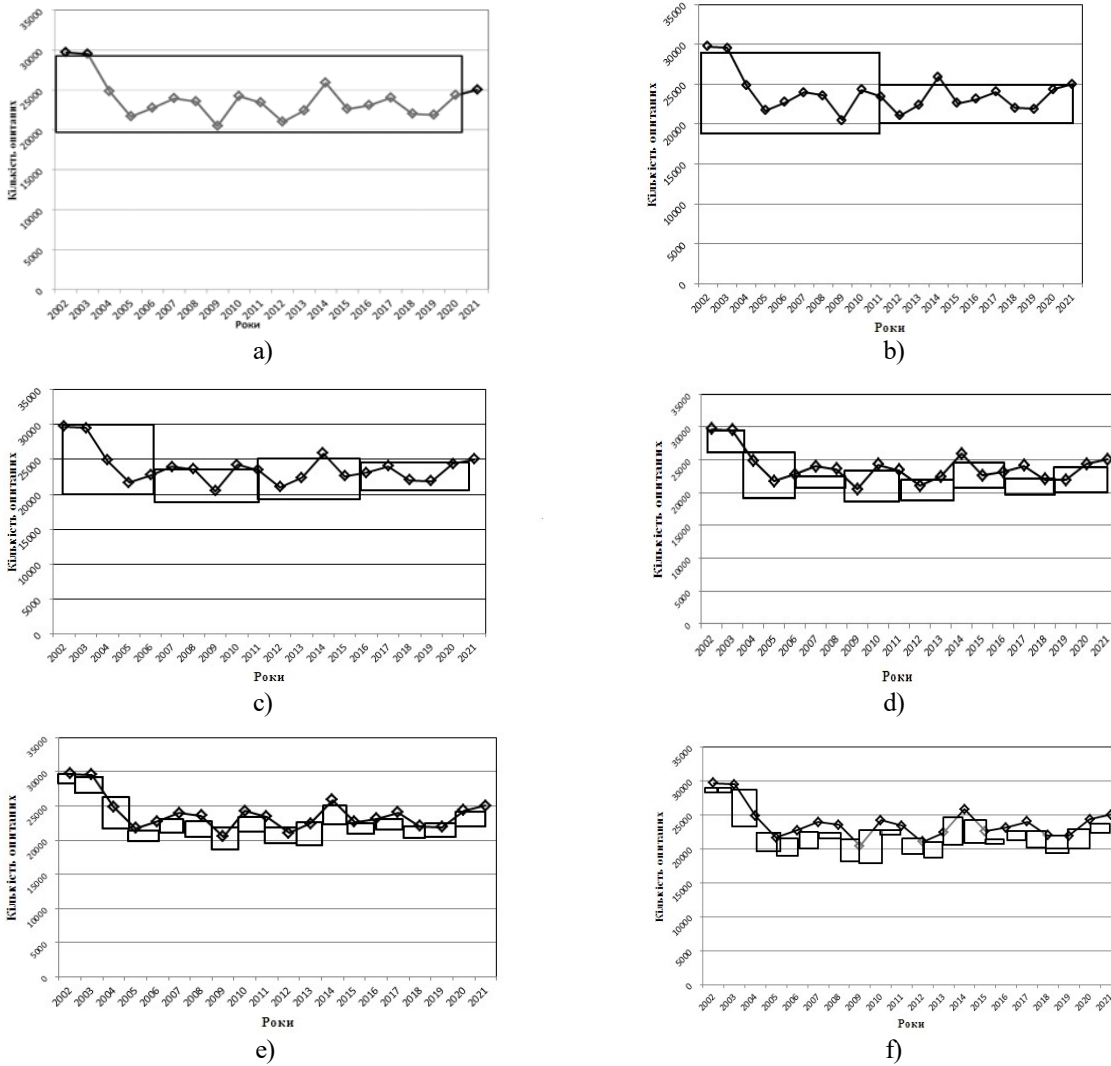


Рис. 1. Графік досліджуваного часового ряду зміни громадської думки з нанесеними на нього мінімальними клітинними покриттями з відповідного масштабу розбиття δ .

Таблиця 1.

Значення величини $V(\delta)$ в залежності від масштабу розбиття δ .

n	5	4	3	2	1	0
m	20	16	8	4	2	1
δ	1	1,25	2,50	5	10	20
$\ln \delta$	0	0,2231	0,9163	1,6094	2,3026	2,9957
V	35621	28584	24446	17213	12510	9241
$\ln V$	10,4762	10,236	10,0984	9,7487	9,4295	9,1283

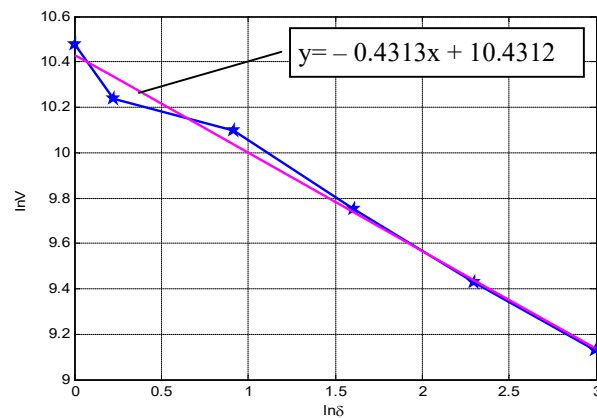


Рис. 2. Графік функції $V(\delta)$ та лінії регресії, подані у подвійному логарифмічному масштабі.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Таким чином з використанням фрактального аналізу шляхом розрахунку індексу фрактальності μ доведено, що процес розвитку громадської думки населення України щодо вступу до ЄС, який поданий часовим рядом за результатами узагальнених статистичних даних опитування населення України у період з 2002 по 2019 роки з урахуванням особливостей впровадження стратегічного нарративу держави за результатами прогнозованих на 2020-2021 роки управляючих впливів штатних структур і підрозділів системи стратегічних комунікацій, залишиться у сталому русі бажаних змін без суттєвих неконтрольованих збурень. Але оскільки дослідження показали, що індекс фрактальності досліджуваного часового ряду, який характеризує динаміку нелінійної системи формування і підтримки населенням відповідного курсу держави $\mu = 0,4313$, тобто хоча і несуттєво, але менше 0,5, то все ж таки реакція певних цільових аудиторій на ті чи інші внутрішні

управляючі впливи може бути негативною. У зв'язку з цим для зменшення цих небажаних аномальних відхилень і забезпечення оптимального сумарного інформаційного впливу доцільно здійснювати науково-обґрунтований розподіл прогнозованого загального об'єму завдань між різними структурними підрозділами системи стратегічних комунікацій з обов'язковим врахуванням особливостей різних цільових аудиторій. Саме у напрямку вирішення цих питань доцільно здійснювати подальший розвиток даного дослідження. Це надасть можливість не тільки конкретизувати цілі і завдання для кожного структурного підрозділу системи стратегічних комунікацій, але й дозволить розробити дієві та ефективні матеріали інформаційно-психологічного впливу для їх досягнення. В якості продуктивного інструментарію реалізації запланованого очікується застосовувати сучасні методи теорії соціальних досліджень та теорії інформаційних операцій. Це дозволить аргументувати тематику повідомлень та вибрати канали розповсюдження матеріалів інформаційно-психологічного впливу з урахуванням індивідуальних особливостей цільових аудиторій.

Література

1. Конституція України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР із змінами № 2680-VIII від 07.02.2019, ВВР, 2019, № 9. 2. Указ президента України № 555/2015 24 вересня 2015 року "Про нову редакцію Военної доктрини України". 3. Про затвердження Концепції стратегічних комунікацій Міністерства оборони України та Збройних Сил України : Наказ Міністра оборони України від 22.11.2017 р. №612/2017. URL:<http://www.mil.gov.ua>. 4. Солонніков В.Г., Войтко О.В., Пашенко Т.П. Обґрунтування реалізації стратегічного нарративу держави. Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". 2020. – №1(37). – С.203-212. 5. Войтко О.В. Оцінювання ефективності функціонування системи стратегічних комунікацій Міністерства оборони та Збройних Сил України. Науковий журнал "Системи управління, навігації та зв'язку". 2018. – №3(49). – С. 97-99. 6. Кацалап В.О., Войтко О.В., Чернега В.М. Методика оцінки загроз інформаційній безпеці України у военній сфері.

Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". 2018. – №1(31). – С.149-154. 7. Малинецкий Г.Г. Нелинейная динамика. Подходы, результаты, надежды / Г.Г. Малинецкий, А.В. Потапов, А.В. Подлазов. – М.: Комкнига, 2006. – 216 с. 8. Федер Е. Фракталы / Е. Федер. – М.: Мир, 1991. – 262 с. 9. Кроновер Р. Фракталы и хаос в динамических системах / Р. Кроновер. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с. 10. Дубовиков М.М., Старченко Н.В. Экономифика и анализ финансовых временных рядов. Современная физика в поисках экономической теории // Под ред. В. В. Харитоновой и А. А. Ежова. – М.: МИФИ. 11. Hausdorff F. Dimension und Ausseres Mass // Mathematische Annalen. 1919. 79. P. 157 – 179. 12. Дубовиков М.М. Размерность минимального покрытия и локальный анализ фрактальных временных рядов / М.М. Дубовиков, А.В. Князев, Н.В. Старченко // Вестник РУДН, 2004. – Т.3. – № 1. – С. 81–95. 13. Антонова И.В., Чикина Н.А. Применение методов фрактального анализа к исследованию временных рядов. Вестник НТУ "ХПИ", 2015, № 32 (1141). – С. 4–9.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАРРАТИВУ ГОСУДАРСТВА

*Александр Владимирович Войтко (кандидат военных наук)
Владислав Григорьевич Солонников (доктор технических наук, профессор)
Елена Владиславовна Полякова*

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

При выполнении мероприятий по популяризации и поддержке населением обретение полноправного членства Украины в ЕС и НАТО в первую очередь надо убедиться, что по результатам реализации этих мер система развития общественного мнения населения останется в постоянном процессе желаемых изменений без неконтролируемых возмущений. Основная задача исследования заключается в проверке стабильности, устойчивости процесса развития гражданской мысли в нужном направлении, в выявлении и предвидении нежелательных возмущений в отношении граждан различной политической ориентации. В статье рассматривается научное обоснование особенностей применения метода фрактального анализа при определении устойчивости процесса развития общественного мнения государства при реализации стратегического нарратива при проведении соответствующих мероприятий по популяризации и поддержке населением обретение полноправного членства Украины в ЕС. Путем расчета индекса фрактальности доказано, что процесс развития общественного мнения населения Украины относительно вступления в ЕС, который представлен временным рядом по результатам обобщенных статистических данных опроса населения Украины в период с 2002 по 2019

годы, является постоянным. Результаты исследования показывают, что внедрение управляющих воздействий штатных структур и подразделений системы стратегических коммуникаций Министерства обороны и Вооруженных Сил Украины, рассчитанных с учетом данных прогноза на 2020-2021 годы, не вызовет существенных неконтролируемых возмущений, а процесс изменений общественного мнения населения Украины будет происходить в постоянном движении желаемых изменений в соответствии с стратегического нарратива государства. Это позволит осуществлять научно-обоснованное распределение прогнозируемого общего объема задач между различными структурными подразделениями системы стратегических коммуникаций Министерства обороны и Вооруженных Сил Украины с обязательным учетом особенностей различных целевых аудиторий.

Ключевые слова: стратегический нарратив, целевая аудитория, информационно-психологическое воздействие, стратегические коммуникации, фрактальный анализ, индекс фрактальности, минимальное клеточное покрытие.

PECULIARITIES OF APPLICATION OF THE METHOD OF FRACTAL ANALYSIS OF CONSTANTNESS OF THE PROCESS OF DEVELOPMENT OF PUBLIC OPINION IN THE IMPLEMENTATION OF THE STRATEGIC NARRATIVE

Oleksandr Voitko (Candidate of Military Sciences)
Vladislav Solonnikov (Doctor of Technical, Professor)
Elena Polyakova

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

When carrying out measures to popularize and support the population of Ukraine's acquisition of full membership in the EU and NATO, first of all, it is necessary to make sure that, as a result of the implementation of these measures, the system for the development of public opinion of the population will remain in a constant process of desired changes without uncontrollable disturbances. The main objective of the study is to test the stability and sustainability of the development of civic thought in the right direction, to identify and anticipate unwanted disturbances in the relations of citizens of different political orientations. The article discusses the scientific substantiation of the features of the application of the fractal analysis method in determining the sustainability of the development of public opinion of the state in the implementation of a strategic narrative when carrying out appropriate measures to popularize and support by the population the acquisition of full membership of Ukraine in the EU. By calculating the fractality index, it has been proved that the process of development of public opinion of the population of Ukraine regarding accession to the EU, which is represented by a time series based on the results of generalized statistical data from a survey of the population of Ukraine in the period from 2002 to 2019, is constant. The results of the study show that the implementation of the control actions of the staff structures and subdivisions of the strategic communications system of the Ministry of Defense and the Armed Forces of Ukraine, calculated taking into account the forecast data for 2020-2021, will not cause significant uncontrollable disturbances, and the process of changes in public opinion of the population of Ukraine will take place in constant movement of the desired changes in accordance with the strategic narrative of the state. This will make it possible to carry out a scientifically grounded distribution of the predicted total volume of tasks between various structural divisions of the strategic communications system of the Ministry of Defense and the Armed Forces of Ukraine, with the obligatory consideration of the characteristics of various target audiences.

Key words: strategic narrative, target audience, information and psychological influence, strategic communications, fractal analysis, fractality index, minimum cell coverage.

References

1. The Constitution of Ukraine of 28.06.1996 № 254k / 96-VR with changes № 2680-VIII of 07.02.2019, VVR, 2019, № 9. 2. Decree of the President of Ukraine № 555/2015 of September 24, 2015 "On the new version of the Military Doctrine of Ukraine". 3. On approval of the Concept of Strategic Communications of the Ministry of Defense of Ukraine and the Armed Forces of Ukraine: Order of the Minister of Defense of Ukraine dated 22.11.2017 №612 / 2017. URL: <http://www.mil.gov.ua>. 4. Solonnikov V.G., Voitko O.V., Pashchenko T.P., Rationale for the implementation of the strategic narrative of the state. Scientific journal "Modern information technologies in the field of security and defense". 2020. - №1 (37). - P.203-212. 5. Voitko O.V., Evaluation of the effectiveness of the strategic communications system of the Ministry of Defense and the Armed Forces of Ukraine. Scientific Journal of Control, Navigation and Communication Systems. 2018. - №3 (49). - P. 97-99. 6. Katsalap V.O., Voitko O.V., Chernega V.M., Methods for assessing threats to Ukraine's information security in the military sphere. Scientific journal "Modern information technologies in the field of security and defense". 2018. - №1 (31). - P.149-154. 7. Malinetsky G.G. Nonlinear dynamics. Approaches, results, hopes / G.G. Malinetsky, A.B. Potapov, A.V. Podlazov. - M.: Komkniga, 2006. - 216 c. 8. Feder E. Fractals / E. Feder. - M.: Peace, 1991. - 262 c. 9. Kronover R. Fractals and chaos in dynamic systems / R. Kronover. - M.: Postmarket, 2000. - 352 p. 10. Dubovikov M.M., Starchenko N.V. Ecophysics and analysis of financial time series. Modern physics in search of economic theory / Ed. VV Kharitonov and =A.A. Ezhov. - M.: MIFI, 11. Hausdorff F. Dimesion und Ausseres Mass // Matematishe Annalen. 1919. 79. R. 157 - 179. 12. Dubovikov M.M. The dimension of the minimum coverage and local analysis of fractal time series / M.M. Dubovikov, A.V. Khjzev, H.B. Starchenko // PFUR Bulletin, 2004. - Vol.3. - № 1. - P. 81- 95. 13. Antonova I.V., Chikina N.A. Application of fractal analysis methods to the study of time series. Journal of NTU "HPI", 2015, № 32 (1141). - Pp. 4- 9.

Віталій Олександрович Кацалап (кандидат військових наук)

Микола Васильович Прима

Володимир Володимирович Рахімов

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МЕТОД МОНІТОРИНГУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ВОЄННОЇ СФЕРИ В ІНТЕРЕСАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЙ ВІЙСЬК (СИЛ)

Оцінювання інформаційного простору дозволяють визначити можливі причини (умови) виникнення кризи та характеристики інформаційного впливу для будь-яких інформаційних заходів, які будуть плануватись. Одним із перспективних таких наукових досліджень є обґрунтування методу моніторингу інформаційного впливу в інтересах забезпечення інформаційних заходів. Сутність методу моніторингу інформаційного впливу полягає в оцінюванні інформаційних заходів, а саме: виявлення інформаційного впливу; рівня інформаційного впливу; формування висновків та рішень щодо необхідності протидії інформаційному впливу; планування заходів протидії, затвердження плану заходів протидії; реалізація заходів протидії відповідно до плану.

У кожному інформаційному заході є певні показники, за якими оцінюється характеристики інформації та визначаються умови за якими може здійснюватись деструктивна спрямованість для будь-яких інформаційних процесів (дій, фактів) в інформаційному просторі держави. Враховуючи, що зазначені складові мають свою інформаційну корекцію, зокрема виявлені в інформаційному просторі держави (дій, фактів) або явища можуть знижувати рівень морально-психологічного стану особового складу військ (сил) до стану коли особовий склад не в змозі ефективно виконувати завдання за призначенням, то в наведеному методі пропонується ці питання розглядати за двома напрямками. Такими напрямками стали, рівень оперативного моніторингу щодо аналізу поточної інформації та рівень оперативного моніторингу щодо прогнозу розвитку інформаційних викликів.

Ключові слова: метод моніторингу; інформаційний вплив; рівень реалізації завдань моніторингу; рівень прогнозу; рівень управлінських рішень; рівень реалізації бойових можливостей; рівень ресурсного забезпечення; способи інформаційно-психологічного впливу; бойові дії військ (сил).

Вступ

Сьогодні національна безпека України все більш залежить від ступеня її інформаційної безпеки. Традиційно, питання інформаційної безпеки відносяться до гуманітарної або інформаційно-психологічної складової і тому моделювання та оцінювання цих сфер є складним процесом. Разом з тим, впровадження у дослідження цих питань математичних методів здатне суттєво збагатити науково-методичний апарат воєнної науки.

Постановка проблеми. У контексті розгляду активних інформаційних дій актуальним є питання розроблення методів, які описують процеси інформаційного впливу та інформаційної протидії. Це, у свою чергу, дозволить якісно вивчити характер процесів, які розглядаються, а також дає можливість ставити та вирішувати завдання щодо знаходження оптимальних способів їх організації.

У загальному вигляді зазначені процеси є нелінійними і тому допускають неочевидні режими їх розвитку. Разом з тим, навіть у найпростіших випадках аналіз математичних моделей та результатів розрахунків дають змогу визначити ключові характеристики, управління

якими стимулюватиме напрямок розвитку ситуації у необхідному напрямку.

Аналіз остатніх досліджень і публікацій. Аналіз опублікованих робіт [1-3] показує, що моніторинг інформаційного простору воєнної сфери буде результативним, якщо він є не однократним, а проводиться у вигляді елементу інформаційної операції. Це означає, що дослідження інформації, яка розповсюджується та впливає на дії військ (сил) є важливим та малодослідженим завданням.

Метою статті є обґрунтування методу моніторингу інформаційного простору воєнної сфери в інтересах забезпечення дій військ (сил).

Виклад основного матеріалу дослідження

Моніторинг інформаційного простору являє собою специфічну форму дослідження рефлексивної інформаційної політики в області забезпечення інформаційної безпеки держави в умовах конфліктних відносин, яка здійснюється шляхом оцінювання інформаційного впливу на органи військового управління та осіб, що приймають військово-політичні рішення.

На теперішній час все більш чітко видно обмежені можливості класичної теорії перспектив [3] для вирішення задач управління конфліктами, одним з окремих випадків яких є інформаційне оцінювання. Основним завданням методу моніторингу інформаційного простору воєнної сфери в інтересах забезпечення дій військ (сил) є опис взаємодії декількох процесів, зокрема інформаційного впливу та інформаційної протидії. Кінцевим результатом такого опису є прогноз доцільного варіанту дій противника та пропозиції щодо його локалізації.

В теорії перспектив вважається, що усі параметри є загальними, тобто кожний процес має свої умови до початку дослідження, які постійно змінюються. Якщо у початковій фазі дослідження присутні невизначені фактори, тоді використовуються процедури усунення невизначеності, які дозволяють одержати детерміновану модель. Така ситуація відповідає об'єктивному опису вхідних даних і дає можливість враховувати тільки ті фактори, які прогнозовано змінюють умови розповсюдження інформації. Разом з тим, наведений підхід має свої недоліки, обумовлені перш за все тим, що інформаційний вплив постійно змінюється за своїм змістом та об'єктами впливу.

На інших етапах дослідження характер поведінки противника в інформаційному просторі стає класифікованим та має ймовірнісні показники оцінки які за своїм змістом характеризуються можливостями щодо викриття мети та замислу його інформаційного впливу.

Наступною складовою запропонованого методу моніторингу є оцінка ефективності варіантів інформаційних дій противника, які враховує прогноз власної обстановки та можливих результатів від його інформаційного впливу. Це вимагає застосування показників, які будуть характеризувати демонстративні інформаційні дії, які в залежності від умов та характеру інформаційних дій противника повинні перебільшувати або навпаки зменшувати його сильні та слабкі сторони.

Ситуація з прогнозом перебільшення або зменшення сильних та слабких сторін противника принципово відрізняється від обчислення або вибору рішення про рівні загроз інформаційній безпеці у воєнній сфері [4] не тільки відсутністю формальної процедури, але й змістом, яким є прийняття рішення до якого входить переоцінка корисності результату отриманого системою, наприклад розвідки, на підставі внутрішніх критеріїв більш високого рівня в залежності від ситуації. Оскільки основним завданням інформаційного впливу противника є створення сприятливих умов для виконання завдань військами (силами) в операції (бою), тоді одним із шляхів реалізації цього завдання буде примушення супротивної сторони до прийняття невірних або несвоечасних рішень.

Змістом інформаційної технології примушення противника до прийняття невірних або

несвоечасних рішень за рахунок застосування інформаційного впливом в методі моніторингу прийнято досягнення підрозділами інформаційно-психологічних операцій деякого бажаного результату – створення умов дефіциту часу в яких умовах приймається рішення.

Формулювання умов дефіциту часу передбачає наявність важливої для противника інформації та інтенсивність прояву її в інформаційному просторі. Так, наприклад, для командирів всіх рівнів важливою інформацією є місце розташування резервів противника та можливі шляхи їх висування.

У запропонованому методі моніторингу прийнято, що важливою інформацією для противника може бути наявна інформація про завдання виконання яких не відповідає власним можливостям або інформація про можливий характер дій протилежної сторони. Наприклад, розповсюджена інформація в ЗМІ щодо напрямків наступу противника може змусити його відмовитись від запланованих операцій (бойових дій). Тому показником оцінки важливості інформації буде співвідношення між завданнями та можливостями сил і засобів щодо їх виконання.

За підходами керівних документів ОЗС НАТО, як “Союзнницька спільна доктрина інформаційних операцій (AJ-3.10)” та “Союзнницька спільна доктрина психологічних операцій (AJ-3.10.1)” показниками інформаційної операції є:

зменшення втрат власних військ, за рахунок виконання завдань з інформаційного впливу на противника;

кількість і якість виконання завдань власними військами в наслідок реалізації способів інформаційної підтримки дій військ;

зменшення втрат серед цивільного населення, шляхом налагодження комунікативної можливості з військами (силами);

збільшення кількості невдоволеного населення зі сторони противника, шляхом реалізації способів інформаційно-психологічного впливу;

рівень підтримки світової спільноти, шляхом реалізації інформаційних заходів з інформування.

Розглянемо особливості застосування методу моніторингу інформаційного простору воєнної сфери в інтересах забезпечення дій військ (сил). Нехай дії військ (сил) перебувають під активним інформаційним впливом противника, зокрема на війська (сили) чинять інформаційний вплив окремі індивіди, соціальні групи, держави противника – актори. У ході їх інформаційного впливу створюються умови в яких виникає зіткнення інтересів. Як правило, це пов'язано з прагненням заволодіти інформаційним простором та утримувати першість в наданні інформації про події, явища.

Противник цим самим постійно буде заявляти про претензію стосовно зміни своїх намірів та підкріплює їх постійними погрозами на адресу тих, хто з ними не згоден. Протидіюча сторона, оцінивши ситуацію, намагається зашкодити намірам противника і заявляє про адекватну

відповідь та введення зворотних санкцій. Виникає ескалація та проявляються інформаційні загрози, які створюють умови для проведення відкритого інформаційного впливу, або переростанням його у відкрити або приховану агресію. Відкритий інформаційний вплив, у свою чергу, також відтворює можливі шляхи ескалації і закінчуються створенням сприятливих умов для дій військ (сил).

На початку інформаційного впливу передуге ситуація, коли у однієї із сторін виникає потреба (бажання) змінити стан системи забезпечення інформаційної безпеки. Таке бажання може виникнути у результаті:

намагання одержати доступ до ресурсів, які контролюються іншими країнами;

усвідомлення загрози власній безпеці з боку сусідніх країн;

намагання покращити власне політичне чи економічне становище;

намагання встановити “справедливість” (історичну, економічну, політичну, соціальну);

наявність політичних амбіцій, природної агресивності та ін.

Бажана зміна противником своїх намірів в інформаційному просторі виражається у величині виграшу V , якого хоче досягти для себе актор. Виграш може бути матеріальним (гроші, території, матеріальні ресурси), або нематеріальним (влада, престиж, репутація, стан безпеки та ін.). У будь-якому разі актор, який прагне виграшу, може визначити його величину та порівняти її з витратами, які, можливо, він буде вимушений понести на шляху до мети.

Після усвідомлення потреби щодо зміни існуючої ситуації актор оцінює реальні можливості здійснення бажаної зміни. Основними факторами, які впливають на здійсненність намірів актора, є:

зовнішні умови та обмеження, обумовлені станом інформаційного середовища функціонування (кількість і якість доступних інформаційних ресурсів);

наявність ефективних інформаційних та матеріальних технологій, які дозволяють добитися поставленої мети при наявності відповідних ресурсів;

цілеспрямовані дії опонента, які перешкоджають реалізації намірів.

Ціна C , яку необхідно заплатити актору за задоволення своєї потреби, складається з наступних компонентів:

прямі витрати E актора на реалізацію заходів, щодо досягнення поставленої мети;

несприятливі зміни інформаційного середовища функціонування S – зменшення ресурсів, погіршення репутації, соціальної, політичної та ін. обстановки;

збиток D , нанесений опонентом у ході конфлікту.

Таким чином, загальна ціна буде мати вигляд

$$C = E + S + D. \quad (1)$$

Якщо реальної протидії з боку опонента немає, то ціна задоволення потреби буде

$$C = E + S. \quad (2)$$

На основі порівняння можливого виграшу з витратами, які необхідно понести, актор приймає рішення. При цьому виграш від інформаційних дій актора повинен бути більшим ніж витрати, які передбачаються $V > C$.

Для формалізації методу моніторингу розглянемо дві країни: A – країна-агресор і B – країна, якій зроблено виклик з боку агресора.

Перша інформаційна стратегія кожної з країн відповідає прагненню до інформаційної війни, друга – до миру.

Друга інформаційна стратегія передбачає проведення операції з дезінформації по відношенню до країни-агресора. Країна A обирає стратегію I з ймовірністю p_A або стратегію II з ймовірністю $(1 - p_A)$. Аналогічно країна B діє відповідно до стратегії I з ймовірністю p_B , або відповідно до стратегії II з ймовірністю $(1 - p_B)$. Розподіл варіантів інформаційних стратегій за країнами наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння варіантів стратегій

Сторони конфлікту	Стратегія	країна B		Ймовірність вибору стратегії
		I – війна	II – мир	
країна A	I – війна	$V - E - S - d^A$; $v - e - s - D^B$	$V - E - S$; $-V$	p_A
	II – мир	не розглядається	0;0	$(1 - p_A)$
Ймовірність вибору стратегії		p_B	$(1 - p_B)$	p_A

Розглянемо i -й крок моніторингу інформаційного простору. Якщо на цьому кроці агресор прагне до встановлення миру, зрозумівши, що збиток, який нанесе йому країна B у випадку війни, може виявитися більшим неприйнятним або виграш її від інформаційного впливу перебивається витратами на воєнні дії та збитком від дій противника, то його виграш дорівнює 0 – агресор нічого не здобуває і не втрачає з прагматичної точки зору. При цьому в моральному плані країна A може понести суттєві втрати: зіпсувати відносини і одночасно визнати свою слабкість, відмовившись від намірів. Країна B , у випадку прагнення агресора до миру, очевидно, також нічого не програє і не виграє прагматично.

Разом з тим, побудована матриця корисності не повна. Наприклад, не розглядається випадок, коли агресор прагне до миру, а країна, яка з початку не бажала конфлікту, наполягає на активних діях.

Якщо на i -му кроці ескалації конфлікту агресор продовжує наполягати на розв'язанні воєнних дій, то у випадку відсутності спротиву з боку B , завойовник одержує свій виграш V з урахуванням витрат (прямих витрат E і несприятливої зміни середовища функціонування S). Країна B при цьому втрачає лише те, що вимагає від неї агресор, тобто V .

Якщо агресору вигідно продовжувати наполягати на подальшій ескалації конфлікту навіть у випадку спротиву країни B , то свій чистий вигравш країна A повинна оцінювати, враховуючи збиток, який країна B може їй нанести $(V - E - S - d^A)$. Тут d^A є оцінка “інформаційного домінування” країни B країною A (тобто рівня збитку у ході бойових дій, який, за поглядами країни A , може їй нанести країна B). Чистий вигравш країни B при цьому буде дорівнювати вигравшу v країни B за мінусом прямих витрат на воєнні дії e , вичерпання ресурсів, погіршення екологічних характеристик та ін. $-s$, а також збитку, який може країна A нанести країні B з точки зору останньої D^B .

У випадку вигравшу тобто інформаційного домінування країни A в інформаційній війні $v = -V$ (тобто до витрат на інформаційний вплив країни B додається ще і витрати на виявлення деструктивної інформації), у випадку вигравшу або інформаційного домінування B $V = 0$ і $v = 0$ (оскільки країна B захищає свій інформаційний простір і не впливає на інформаційний простір країни A).

Наведена послідовність інформаційного домінування для кожної з країн A та B :

$$U_A = p_A [p_B (V - E - S - d^A) + (1 - p_B)(V - E - S)] + (1 - p_A) \cdot 0;$$

$$U_B = p_B [p_A (v - e - s - D^B)] + (1 - p_B) [p_A (-V) + (1 - p_A) \cdot 0]$$

Таким чином, корисність країни A дорівнює

$$U_A = p_A (V - E - S - d^A p_B);$$

а для країни B –

$$U_B = p_B p_A (v + V - e - s - D^B) - p_A V.$$

Варіюючи ймовірності p_A і p_B , країни A і B максимізують відповідно свої вигравші U_A та U_B .

Очевидно, що якщо $V - E - S - d^A p_B \geq 0$, то вигравш A буде максимальним при $p_A = 1$, якщо ж $V - E - S - d^A p_B < 0$, то він максимальний при $p_A = 0$.

Тобто, для країни A маємо:

$$\begin{cases} V - E - S - d^A p_B \geq 0; \\ p_A = 1; \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} V - E - S - d^A p_B < 0; \\ p_A = 0. \end{cases}$$

Вигравш країни B максимальний, якщо за умови $v + V - e - s - D^B \geq 0$ виконано $p_B = 1$. У протилежному випадку вигравш країни B максимальний при $p_B = 0$. Відзначимо, що при $p_A = 0$ незалежно від значення p_B корисність країни B дорівнює нулю: $U_B = 0$.

Інтерпретуємо одержані результати. Якщо $V - E - S - d^A > 0$, то $p_A = 1$. Таким чином, якщо агресор, будучи впевненим у тому, що країна B буде чинити спротив ($p_B = 1$), вважає свій чистий

вигравш позитивним, то вона прагне до ескалації конфлікту ($p_A = 1$).

Якщо $V - E - S < 0$, то $p_A = 0$. Тобто якщо агресор навіть у передбаченні неспротиву B ($p_B = 0$) бачить свій чистий вигравш від’ємним, то він не розв’язує конфлікт ($p_A = 0$).

Величина $d^A p_B$ є оцінкою ризику країною A на i -му кроці ескалації конфлікту. Якщо свій чистий вигравш агресор оцінює позитивно ($V - E - S - d^A p_B \geq 0$), то він продовжує прагнути до конфлікту ($p_A = 1$), якщо негативно ($V - E - S - d^A p_B < 0$), то починає шукати мирні шляхи вирішення конфліктної ситуації ($p_A = 0$).

Для країни B змінна p_B може приймати будь-які значення при $p_A = 0$. При $p_A \neq 0$ від значення p_A фактично нічого не залежить. Відзначимо, що у випадку $v + V = 0$ (у випадку вигравшу A маємо $v = -V$, у випадку програшу $v = 0, V = 0$). Тому $v + V - e - s - D^B = -e - s - D^B < 0$, звідки $p_B = 0$. Тобто чисто з прагматичної точки зору стороні B ні в якому разі не вигідно розвивати конфлікт, якщо вона не сподівається на мирне урегулювання питання ($p_A = 0$). Таким чином, ми маємо нескінченно багато рівноваги у грі при змішаних стратегіях

$$(p_A = 0; p_B = 0) \cup \left(p_A = 0; p_B \in \left[\frac{V - E - S}{d^A}; 1 \right] \right) \quad (5)$$

Використовуючи логіку формул (1) – (5), було визначено метод моніторингу інформаційного простору в інтересах забезпечення військ (сил), який на відміну від існуючих враховує аналіз поточної інформації, а також ознаки деструктивної спрямованості інформаційного впливу противника.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Використання методу моніторингу інформаційного простору в інтересах забезпечення військ (сил) дозволить визначити складові моніторингу інформаційного простору та провести деталізацію деструктивних ознак інформаційного впливу.

2. Визначені варіанти стратегій для двох країн передбачають проведення операції з дезінформації що формує зміст інформаційного простору регламентує та являється суттєвим аргументом для інтенсивного розвитку систем підтримки та прийняття рішень.

3. Запропоновані показники є універсальними поглядами на оцінювання інформаційних процесів під час їх застосування органом військового управління.

Загалом наведені результати наукового дослідження підтверджують домінуючу роль та важливість моніторингу обстановки в інтересах забезпечення військ (сил).

Література

1. Закон України від 19.06.2003 р. № 964-IV “Про основи національної безпеки України” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.
2. Військовий стандарт: ВСТ 01.004.001 – 2004 (01). Воєнна безпека. Основні положення.
3. Косевцов В.О. Оцінка рівня воєнної небезпеки для України з боку сусідніх держав // Наука і оборона. – № 2. – 1995. – С.68 – 72.
4. Богданович В.Ю. Концептуальні підходи до вибору і затвердження в державі необхідного рівня її воєнної безпеки // Наука і оборона. – № 2. – 1998. – С.7 – 10.
5. Богданович В.Ю. Воєнна безпека України: методологія дослідження та шляхи забезпечення. – К.: Тираж, 2003. – 323 с.
6. Богданович В.Ю. Теоретичні основи забезпечення національної безпеки України в умовах позаблоковості: Монографія / В.Ю. Богданович, І.С. Романченко, І.Ю. Свіда. – Львів: АСВ, 2011. – 414 с.
7. Кацалап В.О., Войтко О.В., Рахімов В.В. Аналіз особливостей маніпуляції, як інструменту психологічного впливу на свідомість / В.О. Кацалап, О.В. Войтко, В.В. Рахімов // Науковий журнал “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони” К.: НУОУ. – 2019. – №2(35). – С. 121-126.
8. Кацалап В.О., Войтко О.В., Цурко Ю.В. Методичний підхід до визначення джерел загроз інформаційній безпеці у воєнній сфері / В.О. Кацалап, О.В. Войтко, Ю.В. Цурко // Науковий журнал “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони” К.: НУОУ. – 2019. – №1(34). – С. 103-108.
9. Кацалап В.О., Войтко О.В., Чернега В.М. Методика оцінки загроз інформаційній безпеці України у воєнній сфері / В.О. Кацалап, О.В. Войтко, В.М. Чернега // Науковий журнал “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони” К.: НУОУ. – 2018. – №1(31). – С. 149-154.
10. Кацалап В.О., Войтко О.В. Оцінювання інформаційно-психологічного впливу в інтересах бойових дій військ (сил) / В.О. Кацалап, О.В. Войтко // Науковий журнал “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони” К.: НУОУ. – 2017. – №2(29). – С. 116-120.

МЕТОД МОНИТОРИНГУ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ВОЕННОЙ СФЕРЫ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ ВОЙСК (СИЛ)

Виталий Александрович Кацалап (кандидат военных наук)

Николай Васильевич Прима

Владимир Владимирович Рахимов

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Оценка информационного пространства позволяют определить возможные причины (условия) возникновения кризиса и характеристики информационного воздействия для любых информационных мероприятий, которые будут планироваться. Одним из перспективных таких научных исследований является обоснование метода мониторинга информационного воздействия в интересах обеспечения информационных мероприятий. Сущность метода мониторинга информационного воздействия заключается в оценке информационных мероприятий, а именно: выявление информационного воздействия; уровня информационного воздействия; формирование выводов и решений о необходимости противодействия информационному воздействию; планирование мер противодействия, утверждение плана мероприятий противодействия; реализация мер противодействия соответствии с планом.

В каждом информационном мероприятии есть определенные показатели, по которым оцениваются характеристики информации и определяются условия по которым может осуществляться деструктивная направленность для любых информационных процессов (действий, фактов) в информационном пространстве страны. Учитывая, что указанные составляющие имеют свою информационную коррекцию, в частности обнаружены в информационном пространстве государства (действий, фактов) или явления могут снижать уровень морально-психологического состояния личного состава войск (сил) до состояния когда личный состав не в состоянии эффективно выполнять задачи по назначению, то в приведенном методе предлагается эти вопросы рассматривать по двум направлениям. Такими направлениями стали, уровень оперативного мониторинга анализа текущей информации и уровень оперативного мониторинга прогноза развития информационных вызовов.

Ключевые слова: *метод мониторинга, информационное воздействие, уровень реализации задач мониторинга, уровень прогноза, уровень управленческих решений, уровень реализации боевых возможностей, уровень ресурсного обеспечения, способы информационно-психологического воздействия, боевые действия войск (сил).*

METHOD OF MONITORING THE INFORMATION SPACE OF THE MILITARY SPHERE IN THE INTERESTS OF ENFORCEMENT OF THE ARMY (FORCE)

Vitaliy Katsalap (Candidate of Military Sciences)

Mykola Pryma

Volodymyr Rakhimov

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

Assessment of the information space allows you to determine the possible causes (conditions) of the crisis and the characteristics of the information impact for any information activities that will be planned. One of the promising such scientific studies is the substantiation of a method for monitoring information impact in the interests of providing information activities. The essence of the information impact monitoring method is to assess information activities, namely: identifying information impact; the level of information impact; formation of conclusions and decisions on the need to counteract information impact; planning of countermeasures, approval of a plan of countermeasures; implementation of countermeasures according to the plan.

In each information event there are certain indicators by which the characteristics of information are assessed and the conditions are determined by which a destructive orientation can be carried out for any information processes (actions, facts) in the information space of the country. Considering that these components have their own informational correction, in particular, they are found in the information space of the state (actions, facts), or phenomena can reduce the level of the moral and psychological state of the personnel of troops (forces) to a state when the personnel are not able to effectively perform tasks as intended, then in the above method it is proposed to consider these issues in two directions. These areas are the level of operational monitoring of the analysis of current information and the level of operational monitoring of the forecast of the development of information surges.

Keywords: *monitoring method, information impact, level of implementation of monitoring tasks, level of prognosis, level of administrative decisions, level of realization of combat capabilities, level of resource support, methods of information and psychological impact, combat operations of troops (forces).*

References

1. Law of Ukraine of 19.06.2003 No. 964-IV "On the Basics of National Security of Ukraine" [Electronic resource]. - Access mode: <http://zakon.rada.gov.ua>.
2. Military Standard: TSA 01.004.001 - 2004 (01). Military security. Substantive provisions.
3. V. Kosevtsov Assessment of the War Danger Level for Ukraine by Neighboring States // Science and Defense. - № 2. - 1995. - P.68 - 72.
4. Bogdanovich V.Yu. Conceptual approaches to the choice and approval in the state of the required level of its military security // Science and Defense. - № 2. - 1998. - P.7 - 10.
5. V. Bogdanovich Ukraine's Military Security: Research Methodology and Ways of Supply. - K. : Circulation, 2003. - 323 p.
6. Bogdanovich V.Yu. Theoretical bases of ensuring national security of Ukraine in non-aligned conditions: Monograph / V.Yu. Bogdanovich, IS Romanchenko, I.Yu. Svida. - Lviv: ACS, 2011. - 414 p.
7. Katsalap VO, Voitko OV, Rakhimov VV Analysis of the features of manipulation as a tool of psychological influence on consciousness / V.O. Katsalap, OV Voitko, V.V. Rakhimov // Scientific journal "Modern information technologies in the field of security and defense" K. : NDU. - 2019. - №2 (35). - pp. 121-126.
8. Katsalap VA, Voitko OV, Tsurko Yu.V. Methodical approach to identification of sources of threats to information security in the military sphere / V.O. Katsalap, OV Voitko, Yu.V. Tsurko // Scientific journal "Modern information technologies in the field of security and defense" K. : NDU. - 2019. - №1 (34). P. 103-108.
9. Katsalap VA, Voitko OV, Chernega VM Methods of assessment of threats to information security of Ukraine in the military sphere / V.O. Katsalap, OV Voitko, V.M. Cherehnga // Scientific journal "Modern information technologies in the field of security and defense" K. : NDU. - 2018. - №1 (31). - pp. 149-154.
10. Katsalap VO, Voitko OV Evaluation of information and psychological impact in the interests of military operations (forces) / V.O. Katsalap, OV Voitko // Scientific journal "Modern information technologies in the field of security and defense" K. : NDU. - 2017. - №2 (29). - pp. 116-120.

Шановні колеги!

Запрошуємо до участі в науковому журналі

“Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони”,

Видавець: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського
Наказом Міністерства освіти і науки України №409 від 17.03.2020 р. та №886 від 02.07.2020 р.
журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії “Б” в галузях
“технічні науки” та “військові науки”, спеціальності – 122, 124, 253, 254”
Наклад – 100 примірників, відкрите видання.

Основні тематичні напрями журналу:

1. Військова кібернетика та системний аналіз
2. Протиборство у кібернетичному просторі
3. Військово-космічні та геоінформаційні технології
4. Інтелектуальні інформаційні технології та робототехніка у сфері безпеки та оборони
5. Інформаційно-аналітична діяльність у сфері безпеки та оборони
6. Розвиток теорії та практики створення інформаційно-телекомунікаційних систем
7. Стратегічні комунікації та когнітивні системи спеціального призначення
8. Інтерактивні моделі розвитку науково-освітнього простору;
9. Високотехнологічні аспекти воєнного мистецтва
10. Історичний дискурс розвитку високих оборонних технологій

Схема оформлення статей

DOI (Arial, кегль – 11 пт.)

← 1 пустий рядок – 6 пт.

УДК (Arial, кегль – 11 пт.)

← 1 пустий рядок – 10 пт.

¹ **Анатолій Анатолійович Іванов** (д-р техн. наук, професор)

← (кегль – 11 та 8 пт.)

² **Іван Іванович Петров** (канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри)

← 1 пустий рядок – 6 пт.

¹ **Університет..., Київ, Україна**

← (кегль – 11 пт.)

² **Інститут..., Київ, Україна**

← 1 пустий рядок – 10 пт.

НАЗВА СТАТТІ (Arial, кегль – 14 пт.; накреслення – “напівжирне”, по правому краю)

← 1 пустий рядок – 10 пт.

Текст анотації мовою тексту статті (в даному випадку – українською) стисло і достатньо інформативно підсумовувати основні ідеї та отримані результати дослідження. Розмір анотації повинен становити не менше 250 слів. Зверніть увагу на те, що дані про авторів, назва, ключові слова та анотація будуть використані як метадані для опису Вашої статті, тому вони повинні максимально чітко описувати її зміст. Для більш якісного пошуку даного контенту в мережі, будь ласка, уникайте занадто узагальнених та складних формулювань, використовуйте тільки загальновідомі аббревіатури. (Обсяг анотації – не менше 250 слів.)

Ключові слова: поняття1; поняття 2; поняття3. (кегль – 10 пт.)

Вимоги до набору

Формат аркуша: А4 (21 × 29,7 см).

Параметри сторінки (відступи від краю): зліва – 3 см.; справа – 2 см.; зверху – 2 см.; знизу – 2 см.

Шрифт статті – Times New Roman; накреслення – пряме; кегль – 10 пт.; міжрядковий інтервал – одинарний.

Текст статті розташовується у два стовпчики однакової ширини – 7,75 см.; відстань між стовпчиками – 0,5 см.; відступ першого рядка абзацу – 0,5 см.; вирівнювання – за шириною.

Підзаголовок – кегль – 12 пт.; накреслення – напівжирне; відступів немає; вирівнювання – центроване.

Не використовуйте для форматування тексту пропуски, табуляцію тощо. Не встановлюйте ручне перенесення слів, не використовуйте колонтипули. Між значеннями величини та одиницею її вимірювання ставте нерозривний пропуск (Ctrl + Shift + пропуск).

УВАГА! Остання сторінка статті заповнюється не менше 3/4, рекомендована парна кількість аркушів.

Кількість авторів – не більше трьох.

Набір формул: редактор формул MS Equation.

Забороняється використовувати для набору формул графічні об'єкти, кадри й таблиці.

В меню “Размер → Определить” ввести такі розміри: Обычный – 10 пт.; Крупный индекс – 8 пт.; Мелкий индекс – 7 пт.; Крупный символ – 15 пт.; Мелкий символ – 9 пт.

Стиль формул – “прямий”, тобто в меню “Стиль → Определить” поля “Формат символів” – пусті.

Табличний заголовок (10 пт.) – **обов’язковий**.

Рисунки **обов’язково** супроводжуються центрованими підрисунковими підписами (кегль – 10).

Не допускаються кольорові та фонові рисунки.

Допускається розташування великих рисунків, формул та таблиць в одну колонку (до 16 см.).

Список літератури виділяється підзаголовком “Література” та оформлюється згідно з міждержавним стандартом ДСТУ 8302:2015 “(кегль – 9 пт.).

Структура рукопису

Відповідно до постанови ВАК України від 15.01.2003 № 7-05/1 текст статті повинен мати таку структуру: **постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв’язок із важливими науковими чи практичними завданнями; **аналіз останніх досліджень і публікацій**, на які спирається автор; **формулювання мети статті** (постановка завдання); **виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих**

наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку.

Текст статті розбивається на відповідні розділи з підзаголовками, які виділені напівжирним шрифтом.

Робочі мови – українська, російська, англійська.

На останньому аркуші статті після списку літератури наводяться: назва статті, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь та вчене звання автора (співавторів),

назва організації, у якій працює автор (співавтори), анотація та ключові слова українською, російською та англійською мовами (крім основної мови статті) за нижченаведеним зразком (10 кегль (8 для наукового ступеня, звання, посади), міжрядковий інтервал – 1,0, вирівнювання – по центру). **Обсяг анотації – не менше 250 слів.**

НАЗВАННЯ СТАТТІ

¹*Анатолій Анатолієвич Іванов (д-р техн. наук, професор)*
²*Іван Іванович Петров (канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри)*

¹*Університет..., Київ, Україна*
²*Інститут..., Київ, Україна*

Перевод текста аннотации и ключевых слов

ARTICLE TITLE

¹*Anatolii Ivanov (Doctor of technical sciences, professor)*
²*Ivan Petrov (Candidate of technical Sciences, associate professor)*

¹*University..., Kyiv, Ukraine*
²*Institute..., Kyiv, Ukraine*

Translation of the abstract and keywords

англійською мовою за зразком (9 кегль):

Після цього наводиться список літератури

References

1. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні, схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. № 316-р. 2. **A.O. Moskalenko, Gh.V. Sokol.** Pereshkodostijkistj syghnaliv moduljaciji cyklichnym zsumom kodu z adaptacijeju po shvydkosti peredachi informaciji. *Systemy upravlinnja, navigaciji ta zv'jazku.* Kyjiv. 2018. № 3(49). S. 175-180. 3. **A.O. Moskalenko, S.V. Voloshko, I.I. Sljusarj** Pereshkodostijkistj syghnaliv udoskonalenoji moduljaciji cyklichnym zsumom kodu z adaptacijeju po shvydkosti peredachi informaciji v umovakh baghatopromenevogo

rozpovsjudzhennja radiokhvylyj. *Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony.* Kyjiv. 2015. № 2 (23). S. 35–39. 4. **A.A. Moskalenko, Gh.V. Sokol** Metod synteza syghnalov usovershenstvovannoji moduljaciji cyklicheskyym sdvyghom koda s adaptacijeju po skorosty peredachy ynformacyy. *Informacijno kerujuchi systemy na zaliznychnomu transporti.* Kharkiv. №3 (100).2013.S.71-75. 5. **G.M. Dillard et al.,** Cyclic Code Shift Keying: A Low Probability of Intercept Communication Technique // IEEE Trans. Aersp. Electron. Systems., vol. AES-39, July 2003, pp. 786 -798.

Корисні посилання для здійснення транслітерації:

<http://translit.kh.ua/?passport> – автоматична транслітерація з української мови

<http://translate.meta.ua/ua/translit/> – автоматична транслітерація з російської мови

На окремому аркуші наводяться відомості про авторів.

Автор: Прізвище, ім'я та по-батькові; посада; вчена ступінь та вчене звання; адреса електронної поштової

Подання матеріалів

Обсяг рукопису – від 4 до 20 аркушів українською або англійською мовами.

Для публікації необхідно надіслати статтю у електронній формі **doc**.

Подані матеріали автору не повертаються.

Матеріали просимо подавати через сайт журналу (sit.nuou.org.ua) або на e-mail: sitnuou@ukr.net.

скаринок; контактний телефон; ORCID ID в форматі: <http://orcid.org/0000-0001-9037-787X>

З питань оплати звертатись до редакції (sitnuou@ukr.net).

Редколегія залишає за собою право відмови у публікації статей, що не відповідають проблематиці журналу, умовам оформлення матеріалів та за результатами незалежного рецензування.