

**ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Виходить 4 рази на рік

№ 63

КИЇВ – 2019

УДК621.43

ББК 32-26.8-68.49

Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2019. – № 63. – 162 с.

Голова редакційної колегії:

Ленков С.В.

доктор технічних наук, професор, ВІКНУ;

Члени редакційної колегії:

Анісімов А.В.

доктор фізико-математичних наук, професор, член-кор. НАНУ, КНУ;

Барабаш О.В.

доктор технічних наук, професор, ДУТ;

Гунченко Ю.О.

доктор технічних наук, доцент, ОНУ;

Жиров Г.Б.

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, КНУ;

Заславський В.А.

доктор технічних наук, професор, КНУ;

Карпінський М.П.

доктор технічних наук, професор; Університет у Бельсько-Бялій (Польща)

Лепіх Я.І.

доктор фізико-математичних наук, професор, ОНУ;

Петров О.С.

доктор технічних наук, професор, УНТ, Краків (Польща)

Погорілий С.Д.

доктор технічних наук, професор, КНУ;

Толок І.В.

кандидат педагогічних наук, доцент, КНУ;

Хайрова Н.Ф.

доктор технічних наук, професор, НТУ «ХП»;

Хлапонін Ю.І.

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, КНУБіА;

Шаронова Н.В.

доктор технічних наук, професор, НТУ «ХП».

Редакційна колегія прагне до покращення змісту та якості оформлення видання і буде вдячна авторам та читачам за висловлювання зауважень та побажань.

Зареєстровано Міністерством юстиції України, свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації - серія КВ № 11541 – 413Р від 21.07.2006 р.

Відповідно до Наказу МОН України від 16.05.2016 № 515 «Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка» внесено до переліку наукових фахових видань із технічних наук, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Затверджено на засіданні вченої ради ВІКНУ від 25.04.2019р., протокол № 12.

Відповідальні за макет:

Ряба Л.О., Солодєєва Л.В.

Відповідальність за новизну і достовірність наведених результатів, тактико-технічних та економічних показників і коректність висловлювань несуть автори. Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів. Усі матеріали надруковані в авторській редакції.

Редакційна колегія залишає за собою право направити рукопис на розгляд сторонньому рецензенту, у тому числі на ретельний аналіз через «сліпе» рецензування.

Видання безкоштовне.

Примірники збірників знаходяться у Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського, науковій бібліотеці ім. М. Максимовича та у бібліотеці Військового інституту.

Видання індексується Google Scholar.

Адреса редакції: 03189, м. Київ, вул. Ломоносова, 81 тел./факс +38 (044) 521 – 33 – 82
Наклад 300 прим.

Ел.адреса редактора: lenkov_s@ukr.net

Офіційний сайт журналу: <http://miljournals.knu.ua/>

ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Гаркавенко А.С., Мокрицкий В.А. Принципы создания мощных гамма-лазеров.....	5
Глухов С.І. Методика діагностування цифрових пристроїв радіоелектронної техніки на основі методів фізичного діагностування та результатів прискорених випробувань.....	12
Жиров Г.Б. Удосконалений алгоритм оптимізації параметрів процесу адаптивного технічного обслуговування складного об'єкта.....	19
Нікіфоров М.М. Особливості використання стаціонарних систем охорони периметру військових об'єктів.....	27
Солодовник В.І. Структурно-параметрична оптимізація методу індексної модуляції піднесучих OFDM для частотно-селективних каналів систем безпроводового зв'язку...	37
Федченко О.П., Литвиненко Н.І. Підвищення ефективності управління військами за рахунок автоматизації геоінформаційної складової.....	47
Lienkov S.V., Tolok I.V., Lienkov Ye.S. Prognostication of composition and resource of groupment of objects of technigue.....	54
Mokritsky V.A., Maslov O.V., Bansak O.V. Methods and means controls of nuclear materials and state of protective barriers at nuclear power plants.....	66

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Бобок І.І. Теоретичні основи методу виявлення порушення цілісності цифрового зображення в результаті накладання шуму.....	73
Джулій В.М., Гурман І.В., Маковей А.А., Мірошніченко О.В. Модель формування цілей інформаційного забезпечення підтримки процесів надання знань.....	85
Муляр І.В., Селюков О.В., Джулій В.М., Кізюн Б.М. Модель оцінки ймовірнісно-часових характеристик інформаційної взаємодії в мережі інтернет речей.....	96
Савков П.А., Левінська Н.В., Добруцький А.І. Оптимізація розташування підрозділу сухопутних військ на місцевості за допомогою геопросторового аналізу.....	108

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

Артемов В.Ю., Литвиненко Н.І. Європейські підходи до присудження наукового ступеня доктора філософії в Україні.....	115
Кубявка М.Б., Кубявка Л.Б., Лоза В.М. До питання розвитку систем підтримки прийняття рішення на основі технологій штучного інтелекту.....	123
Макогон О.А., Варакута В.П., Криленко І.М., Соколіна О.В. Методична система опанування стандартами та штабними процедурами НАТО як чинник досягнення творчого рівня компетенції при їх імплементації.....	130
Черних Ю.О., Черних О.Б. Система підготовки військових фахівців у військових навчальних закладах збройних сил республіки Латвія.....	138
Дані про авторів.....	150
Алфавітний покажчик.....	152
Порядок подання і оформлення статей до "Збірника ВІКНУ ім. Тараса Шевченка".....	153
Редакційна політика та етичні норми. Принципи формування та доступ до змісту «Збірника ВІКНУ».....	160

MILITARY EQUIPMENT AND TWO-DESTINATION TECHNOLOGIES

Harkavenko A.S., Mokrickiy V.A. Principles of creating powerful gamma-lasers.....	5
Glukhov S.I. Diagnostic method of radio-electronics digital devices based on the physical diagnosis methods and accelerated tests results.....	12
Zhyrov H.B. Improved by the algorithm of optimization of parameters of the adaptive maintenance project of the complex object.....	19
Nikiforov M.M. Features of use of stationary systems protection of the parameter of military objects.....	27
Solodovnick V.I. Structural-parametric optimization of the ofdm subcarrier index modulation method for frequency-selective channels of wireless communication systems.....	37
Fedchenko O.P., Lytvynenko N.I. Efficiency improving of military management by the automation of the geoinformation composio.....	47
Lienkov S.V., Tolok I.V., Lienkov Ye.S. Prognostication of composition and resource of groupment of objects of technigue.....	54
Mokritsky V.A., Maslov O.V., Bansak O.V. Methods and means controls of nuclear materials and state of protective barriers at nuclear power plants.....	66

INFORMATION TECHNOLOGIES

Bobok I.I. Theoretical bases of the method of detecting the disturbance of integrity of the digital image as a result of noise impact	73
Dzhulij V.M., Gurman I.V., Macovei A.A., Miroshnichenko O.V. Goals information model of the information support for supporting knowledge transfer processes.....	85
Mulyar I.V., Selyukov A.V., Dzhulij V.M., Kizyun B.N. Of material-time characteristics evaluation model of information relationship in the network of the internet things.....	96
Savkov P.A., Levinskova N.V., Dobrutskiy A.I. Optimization of location of the army units on the terrain with the help of geospatial analysis.....	108

GENERAL QUESTIONS

Artemov V.U., Lytvynenko N.I. European approaches to implementation scientific study of the doctor of philosophy in Ukraine.....	115
Kubiavka M.B., Kubiavka L.B., Loza V.M. To the development of administration support systems solution based on technologies of artificial intelligence	123
Makogon O.A., Varakuta V.P., Krylenko I.M., Sokolina O.V. Methodological system of disturbances by NATO standards and standard procedures as a factor to achieve competency levels at their implementation.....	130
Chernykh Ju.A., Chernykh O.B. Military specialists training system of the military education institutions for the latvia armed forces.....	138
Data on authors	150
Alphabetical index	152
The order of submission and registration of articles to "Collection of the VKNU named after Taras Shevchenko".....	153
Editorial policy and ethical standards. Principles of formation and access to the contents of the Collection of VIKNU.....	160

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ МОЩНЫХ ГАММА-ЛАЗЕРОВ

Анализ имеющейся на сегодняшний день литературы показывает, что гамма – лазеры до сих пор не созданы потому, что с уменьшением длины волны лазерного перехода коэффициент усиления быстро уменьшается. Поэтому для очень коротких длин волн он оказывается слишком малым для выполнения условия самовозбуждения лазера. Преодоление указанной выше трудности возможно двумя путями: первый – использование большой мощности накачки. Например, использование потоков нейтронов от взрыва атомной бомбы, как это предлагалось ранее в США в программе стратегической оборонной инициативы (СОИ). Второй путь, предлагаемый в данной статье, – использование в качестве активной среды системы бозонов, в которой, предположительно, эта трудность не должна возникать.

Если систему бозонов рассматривать как газ невзаимодействующих частиц, подчиняющихся статистике Бозе-Эйнштейна и находящихся в равновесии, то из квантовой механики следует, что в такой системе невозможно создать инверсную населённость между собственными энергетическими уровнями, как необходимое условие генерации излучения. Однако, из результатов экспериментов следует, что при концентрации бозонов больше 10^{17} см^{-3} заметную роль в испускании и поглощении излучения начинают играть неупругие бозон-бозонные столкновения, в результате которых может изменяться внутреннее состояние сталкивающихся частиц. В результате таких столкновений энергия и импульс одного бозона передаются другому. Первый бозон аннигилирует с испусканием фотона, а второй переходит на более высокий энергетический уровень и в такой системе возможно создать инверсную населённость. При этом неупругое бозон-бозонное взаимодействие может приводить к смещению линии излучения в длинноволновую область спектра.

Предложены условия создания лазеров большой мощности двойного применения. Показано, что для их реализации применимы активные среды на основе неупругих взаимодействующих бозонов (атомных ядер с целым спином), генерирующих гамма-кванты. Возможными активными средами могут быть такие возбужденные ядра атомов с целым спином (бозоны), как, например, ${}^4_2\text{He}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^{16}_8\text{O}$ и т. д. Представляет интерес такое неупругое взаимодействие ядер между собой, при котором происходит только их возбуждение и излучательная рекомбинация, но не происходит ядерных реакций. Для этого энергия возбуждения должна быть меньше энергии связи ядра. При этом не происходит изменения общего числа ядер (бозонов) в системе. Излучение имеет место в процессах перехода ядра из возбуждённого состояния в основное или в состояние с меньшей энергией возбуждения. Предложены теоретическая и аналитическая модели таких лазеров.

Ключевые слова: лазер, активная среда, бозон, атомное ядро, гамма-излучение.

Введение и анализ известных исследований. Известно, что активной средой большинства существующих лазеров являются фермионные системы. Коэффициент усиления для них имеет вид [1]:

$$\alpha(\omega) = \frac{\hbar\omega}{c} B_{mn} g(\omega) (n_m - \frac{g_m}{g_n} n_n), \quad (1)$$

где $\hbar$ – постоянная Планка; c – скорость света; ω – частота излучения; $g(\omega)$ – формфактор; характеризующий уширение спектральной линии; n_m, n_n, g_m, g_n – число частиц в единице

объёма активной среды на уровнях m и n и статистические веса уровней m и n , соответственно; B_{mn} – коэффициент Эйнштейна для вынужденных переходов.

Зависимость (1) от частоты сводится к виду:

$$\alpha(\omega) = \frac{(n_m - n_n)}{\omega^3} \sim \frac{1}{\omega^3} \sim \lambda^3, \quad (2)$$

$$V\tau \frac{\omega^3}{\pi^2 c^3}$$

где λ – длина волны излучения; V – объём активной среды лазера; τ – радиационное время жизни атома (по отношению к спонтанному испусканию).

В связи с многочисленными областями применения лазеров желательно обеспечить их работу на очень коротких длинах волн. Такая задача может быть решена созданием гамма-лазеров. Однако, как видно из (2), при уменьшении длины волны лазерного перехода λ коэффициент усиления быстро уменьшается и для очень коротких длин волн оказывается слишком малым для того, чтобы выполнялось условие самовозбуждения лазера. Это одна из принципиальных трудностей, возникающих на пути создания гамма – лазеров [2-10]. Возможными активными средами которых могут быть возбужденные ядра атомов, которые могут испускать гамма – лучи.

Анализ имеющейся на сегодняшний день литературы показывает, что гамма – лазеры до сих пор не созданы потому, что исследователи этой проблемы попадают в тупик, обусловленный формулой (2), из которой следует, что практическая реализация таких лазеров является трудной задачей [10-12]. Преодоление указанной выше трудности возможно двумя путями: первый – использование большой мощности накачки, например, потоки нейтронов от взрыва атомной бомбы, как это предлагалось ранее в американской (США) программе стратегической оборонной инициативы (СОИ) [2] или мощных источников рентгеновского излучения. Однако, необходимая плотность потока излучения накачки таких источников выходит за пределы возможностей современной аппаратуры [12-15]. Таким образом, такой путь сегодня еще никаких результатов не дал и генерация в гамма-диапазоне пока не осуществлена; второй путь, предлагаемый в данной статье, – это использование в качестве активной среды системы бозонов, в которой, предположительно, выше указанная трудность не должна возникать.

Если систему бозонов рассматривать как газ невзаимодействующих частиц, подчиняющихся статистике Бозе – Эйнштейна и находящихся в равновесии, то из квантовой механики следует, что в такой системе невозможно создать инверсную населённость между собственными энергетическими уровнями, как необходимое условие генерации излучения [3]. Однако, из результатов экспериментов следует, что при концентрации бозонов больше

10^{17} см^{-3} заметную роль в испускании и поглощении излучения начинают играть неупругие бозон – бозонные столкновения, в результате которых может изменяться внутреннее состояние сталкивающихся частиц [3]. В результате таких столкновений энергия и импульс одного бозона передаются другому. Первый бозон аннигилирует с испусканием фотона, а второй переходит на более высокий энергетический уровень и в такой системе возможно создать инверсную населённость. При этом неупругое бозон – бозонное взаимодействие может приводить к смещению линии излучения в длинноволновую область спектра [11].

Решение проблемы. Возможными активными средами могли бы быть такие возбужденные ядра атомов с целым спином (бозоны) как, например, ${}^4_2\text{He}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^{16}_8\text{O}$ и т.д. Нас интересует только такое неупругое взаимодействие ядер между собой, при котором происходит только возбуждение ядер и их излучательная рекомбинация, но не происходит ядерных реакций. Для этого, энергия возбуждения должна быть меньше энергии связи ядра [12]. При этом не происходит изменения общего числа ядер (бозонов) в системе. Излучение имеет место в процессах перехода ядра из возбуждённого состояния в основное или в состояние с меньшей энергией возбуждения.

Рассмотрим, например, систему состоящую из ядер углерода $^{12}_6C$ со спином равным нулю и энергией связи $E = 92,163$ МэВ. Допустим, что им сообщена кинетическая энергия, достаточная для возбуждения этих ядер и их излучательной рекомбинации при неупругих столкновениях по реакции:



где γ – гамма-квант (фотон); $^{12}_6C^*$ – возбуждённое ядро углерода.

Известно, что вероятность перехода системы за единицу времени из возбуждённого состояния ψ^i в конечное не вырожденное состояние ψ^* равна [3]:

$$w = \frac{2\pi}{\hbar} |F_{ki}|^2 \rho(E), \quad (4)$$

где $\rho(E)$ – число конечных состояний, приходящихся на единичный интервал энергии; F_{ki} – матричный элемент оператора возмущения $\hat{F}$:

$$F_{ki} = \int \psi_k^* \hat{F} \psi_i d\tau \quad (5)$$

Рассматривая столкновение в системе центра масс, воспользуемся известным соотношением для $\rho(E)$ [8]:

$$\rho(E) = \frac{4\pi p^2 V}{(2\pi\hbar)^3 v} (2S_{\text{я}} + 1)(2S_{\text{ч}} + 1), \quad (6)$$

где $S_{\text{я}}$ – спин ядра после столкновения; p , v и $S_{\text{ч}}$ – импульс, скорость и спин вылетающей из ядра после столкновения частицы; в нашем случае $p = p_{\text{ф}} = \hbar\omega/c$ – импульс фотона (гамма-кванта); $v = c$ – скорость фотона, равная скорости света; $S_{\text{я}} = S_{\text{я}}^*$ – спин ядра в возбуждённом состоянии, $S_{\text{ч}} = S_{\text{ф}} = 1$ – спин фотона.

Используя это, перепишем (6) в виде:

$$\rho(E) = \frac{3\omega^2 V}{2\pi^2 \hbar c^3} (2S_{\text{я}}^* + 1). \quad (7)$$

Подставляя (7) в (4), получим:

$$w = \frac{3|F_{ki}|^2 \omega^2 V}{\pi \hbar^2 c^3} (2S_{\text{я}}^* + 1). \quad (8)$$

С другой стороны, вероятность того, что ядро $^{12}_6C$ за единицу времени в результате неупругого рассеяния с таким же ядром превратится в возбуждённое ядро $^{12}_6C^*$ и при этом будет испущен фотон (гамма-квант), пропорциональна плотности потока сталкивающихся частиц n , их скорости v и эффективному сечению $\sigma_{i \rightarrow k}$ процесса, которому соответствует переход из возбуждённого состояния ψ_i в конечное ψ_k , равна:

$$w = \sigma_{i \rightarrow k} n v. \quad (9)$$

Приравняв (8) и (9), найдём:

$$\sigma_{i \rightarrow k} = \frac{3|F_{ik}|^2 \omega^2 V}{\pi \hbar^2 c^3 n v} (2S_{\text{я}}^* + 1). \quad (10)$$

Считая, что число частиц в единице объёма $n = 1/V$ и учитывая, что входящие в матричный элемент F_{ik} волновые функции основного и возбуждённого состояний содержат нормировочный множитель $1/\sqrt{V}$, то объём V из конечного выражения для эффективного сечения выпадает. При этом (10) запишется так:

$$\sigma_{i \rightarrow k} = \frac{3|F_{ki}|^2 \omega^2 (2S_y^* + 1)}{\pi \hbar^2 c^3 \nu} . \quad (11)$$

Как отмечено выше, считаем, что конечное состояние возбуждённого ядра $^{12}_6\text{C}^*$ не вырождено, поэтому не нужно усреднять матричный элемент оператора возмущения F_{ki} по моменту импульса системы с учётом возможных проекций этого момента на заданное направление (ось z). Поскольку электрический дипольный момент лёгких ядер с равным числом протонов и нейтронов равен нулю (а это как раз наш случай), то за излучательные (радиационные) переходы в таких ядрах ответственны электрические квадрупольные моменты. В этой связи при рассматриваемом нами взаимодействии, а именно неупругом столкновении заряженных отталкивающихся ядер, квадрат матричного элемента F_{ki} имеет вид [8]:

$$|F_{ki}|^2 = |F_{ki}(0)|^2 \exp(-2\pi Z^2 e^2 / \hbar \nu), \quad (12)$$

где e – заряд электрона; $\hbar$ – постоянная Планка;

$$|F_{ki}(0)|^2 = \frac{4\pi Z^4 e^2}{\hbar^2 \nu} |(x^2)_{ik}|^2 |E_k|, \quad (13)$$

где $|(x^2)_{ik}|^2$ – матричные элементы излучательных квадрупольных переходов; Z – заряд ядра; E_k – основной энергетический уровень ядра.

В процессе излучательной рекомбинации ядер $^{12}_6\text{C}$ инверсия населённости возникает автоматически, т.к. они являются бозонами (спин равен нулю). Отсутствие запрета Паули для них делает возможным накопление неограниченного числа таких частиц на верхнем возбуждённом энергетическом уровне [4,5]. Поэтому, разделив правую и левую части формулы (11) на объём V и одновременно умножив их на полное число ядер N , находящихся на верхнем возбуждённом энергетическом уровне, и учитывая (12), получим следующее выражение для коэффициента усиления вынужденного гамма-излучения:

$$\alpha(\omega) = \frac{3|F_{ki}(0)|^2 (2S_y^* + 1) N \omega^2 \exp(-2\pi Z^2 e^2 / \hbar \nu)}{\pi \hbar^2 c^3 \nu V} . \quad (14)$$

Как видно из (14) частотная зависимость коэффициента усиления для систем неупруго взаимодействующих бозонов резко отличается от аналогичного коэффициента для фермионных систем (2). Соответственно, исчезает главная принципиальная трудность создания гамма-лазера. Отсюда следует, что гамма-лазеры надо создавать на основе таких активных сред, как рассмотренные в этой статье ядра углерода $^{12}_6\text{C}$.

Обсуждение результатов. Ранее нами была рассмотрена активная среда на основе атомов позитрония в полупроводниковых кристаллах сульфида кадмия, которую также можно использовать для создания гамма-лазеров [7]. Однако, из-за некоторых ограничений принципиального характера (экситонно-плазменного фазового перехода Мотта) такие лазеры ограничены по мощности когерентного гамма-излучения [7]. Рассмотренная выше активная среда из ядер углерода таких ограничений не имеет. Коэффициент усиления вынужденного излучения в такой среде может достигать $\alpha \sim 30 \text{ см}^{-1}$. Известно, что для осуществления лазерной генерации необходимо и достаточно, чтобы коэффициент усиления α был больше коэффициента потерь α_n :

$$\alpha > \alpha_n = \alpha_{яф} + \alpha_p + \alpha_k + \alpha_\delta , \quad (15)$$

где, в нашем случае, $\alpha_{яф}$ – потери излучения за счёт ядерного фотоэффекта; α_p – потери излучения на его рассеяние и поглощение в активной среде; α_k – потери излучения за счёт эффекта Комптона; α_δ – дифракционные потери.

Для выполнения условия (15) необходимо использовать резонатор, создающий положительную обратную связь. Решение проблемы резонатора для гамма-излучения в кристаллах возможно на основе принципа распределённой обратной связи (РОС) [6,11,12]. Использование РОС даёт возможность сужения линии генерации и уменьшения угла расходимости излучения [16]. Если же активной средой является, например, газ, то в данном случае проблема резонатора ещё не решена. Однако, если коэффициент усиления вынужденного излучения будет значительно превышать его потери, можно обойтись вообще без резонатора.

Выводы.

Таким образом, проведенное выше исследование показывает:

- существует принципиальная возможность создания гамма-лазеров;
- такие лазеры не ограничены по мощности излучения и могут использоваться не только в научно-исследовательских целях, но и в качестве лазерного оружия.
- аналогичный результат можно получить и другим путём, например, рассмотрев кинетическое уравнение Больцмана для изменения числа фотонов (гамма-квантов) $n_{\bar{p}}$ за счёт неупругого ядерно-ядерного рассеяния с учётом только парных взаимодействий, как это было сделано при рассмотрении рекомбинации экситонов высокой концентрации [5,9].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Страховский Г.М., Успенский А.В. Основы квантовой электроники. – Москва: Высшая школа. – 1979.
2. Зегвельд В., Энциг К. Стратегическая оборонная инициатива: технологический прорыв или экономическая авантюра. – Москва: Прогресс. – 1989.
3. Грибковский В.П. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках. – Минск: Наука и техника. – 1975.
4. Гаркавенко А.С. Радиационная модификация физических свойств широкозонных полупроводников и создание на их основе лазеров большой мощности. – Львов: ЗУКЦ. – 2012, 164 с.
5. Гаркавенко А.С. Скоростные уравнения экситонного лазера // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2011. – № 3 (91). – С. 14-16.
6. Хакен Г. Лазерная светодинамика. – Москва: Мир. – 1988.
7. Гаркавенко А.С. Немессбауэровский гамма-лазер на основе прямозонных полупроводниковых соединений // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2001. – № 4-5. – С. 56-59.
8. Бор О., Моттельсон Б. Структура атомного ядра. – Т.1. – Москва: Мир. – 1971.
9. Молчанов А.Г., Попов Ю.М., Трунилин А.М. Квантовая электроника // Москва: Высшая школа. – 1974. – Том 1, номер 5. – С. 1258-1261.
10. Элтон Р. Рентгеновские лазеры. – Москва: Мир. – 1994.
11. Гаркавенко О.С., Ленков С.В., Мокрицький В.А., Пашков А.С. Напівпровідникові лазери з електронним накачуванням. Т.1. Механізм генерації. Властивості випромінювання – Одеса: Поліграф, 2006, 442 с.
12. Гаркавенко О.С., Ленков С.В., Мокрицький В.А., Видолоб В.В. Напівпровідникові лазери з електронним накачуванням. Т.2. Активні середовища. Розробка приладів. – Одеса: Поліграф, 2006, 456 с.
13. Заdernовский А.А. Гамма-лазер со скрытой инверсией населённости ядерных состояний // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2009. – т.1, № 1 – 2. – С.33 – 41.
14. Walker P.M., Carroll J.J. Ups and Downs of Nuclear Isomers // Physics Today. – 2005. – 58(6). – 39 – 45.
15. Zadernovsky A.A. Identification of prime nuclides for an active medium of gamma – ray laser // Laser Physics. – 2005. – 15(4). – 480 – 486.
16. Ривлин Л.А. Ядерный гамма – лазер: эволюция идеи // Квантовая электроника. – 2007. – 37(8). – 723 – 744.

REFERENCES:

1. Strakhovsky G.M., Uspensky A.V. (1979). Fundamentals of quantum electronics. Moscow: Vysshaya shkola (Graduate School).

2. Zegveld V., Enzig K. (1989). Strategic Defense Initiative: Technological Breakthrough or the Economic Adventure. Moscow: Progress.
3. Gribkovskiy V.P. (1975). The theory of absorption and emission of light in semiconductors. – Minsk: (Nauka i tekhnika) Science and technology.
4. Garkavenko A.S. (2012). Radiation modification of the physical properties of wide-gap semiconductors and the creation on their basis of high-power lasers. Lviv: ZUKC, 164 p.
5. Garkavenko A.S. (2011). Speed equations of an exciton laser. *Technology and design in electronic equipment*. № 3 (91). Pp. 14-16.
6. Haken G. (1988). The Laser Light Dynamics. – Moscow: Mir (Peace).
7. Garkavenko A.S. (2001). Non Mössbauer gamma laser based on direct-gap semiconductor compounds. *Technology and design in electronic equipment*. № 4-5. Pp. 56-59.
8. Bor O., Mottelson B. (1971). The structure of the atomic nucleus. T.1. Moscow: Mir (Peace).
9. Molchanov A.G., Popov Yu.M., Trunilin A.M. (1974). Quantum Electronics. Moscow: Vysshaya shkola (Graduate School). Vol. 1, No. 5. Pp. 1258-1261.
10. Elton R. (1994). X-ray lasers. Moscow: Mir (Peace).
11. Garkavenko O.S, Lenkov S.V, Mokritsky V.A. and Pashkov A.C. (2006). Semiconductor lasers with electronic pumping. Vol. 1. The mechanism of generation. Properties of radiation. Odessa: Polygraph, 442 p.
12. Garkavenko O.S., Lenkov S.V., Mokritsky V.A. and Vidolob V.V. (2006). Semiconductor lasers with electronic pumping. Vol. 2. Active environments. Instrument Development. Odessa: Polygraph, 456 p/
13. Zadernovskii A.A. (2009). Gamma laser with latent inversion of the population of nuclear states. *Radioelectronics. Nanosystems Information technology*. 1, No. 1-2. – P. 33.-41.
14. Walker P.M., Carroll J.J. Ups and Downs of Nuclear Isomers // *Physics Today*. – 2005. – 58(6). – 39 – 45.
15. Zadernovsky A.A. Identification of prime nuclides for an active medium of gamma – ray laser // *Laser Physics*. – 2005. – 15(4). – 480 – 486.
16. Rivlin L.A. Nuclear Gamma Laser: Evolution of Idea // *Quantum Electronics*. – 2007. – 37 (8). – 723-744.

**д.ф.-м.н., доц. Гаркавенко О.С., д.т.н., проф. Мокріцький В.А.
ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ПОТУЖНИХ ГАММА-ЛАЗЕРІВ**

Аналіз наявної на сьогоднішній день літератури показує, що гамма - лазери досі не створені тому, що зі зменшенням довжини хвилі лазерного переходу коефіцієнт посилення швидко зменшується. Тому для дуже коротких довжин хвиль він виявляється занадто малим для виконання умови самозбудження лазера.

Подолання зазначеної вище проблеми можливо двома шляхами: перший – використання великої потужності накачування. Наприклад, використання потоків нейтронів від вибуху атомної бомби, як це пропонувалося раніше в США в програмі стратегічної оборонної ініціативи (COI). Другий шлях, запропонований в даній статті, – використання в якості активного середовища системи бозонів, в якій, імовірно, ця трудність не повинна виникати.

Якщо систему бозонів розглядати як газ незв'язаних частинок, що підкоряються статистиці Бозе-Ейнштейна і знаходяться в рівновазі, то з квантової механіки випливає, що в такій системі неможливо створити інверсну населеність між власними енергетичними рівнями, як необхідну умову генерації випромінювання. Однак, з результатів експериментів випливає, що при концентрації бозонів більше 10^{17} см^{-3} помітну роль в випусценні і поглинанні випромінювання починають відігравати непружні бозон-бозонні зіткнення, в результаті яких може змінюватися внутрішній стан частинок, що зіткаються. В результаті таких зіткнень енергія і імпульс одного бозону передаються іншому. Перший бозон анігілює з випусканням фотона, а другий переходить на більш високий енергетичний рівень і в такій системі можливо створити інверсну населеність. При цьому непружна бозон-бозонна взаємодія може призводити до зміщення лінії випромінювання в довгохвильову область спектра.

Запропоновані умови створення лазерів великої потужності подвійного застосування. Показано, що для їх реалізації пристосовані активні середовища на основі непружнотвзаємодіючих бозонів (атомних ядер з цілим спином), що генерують гамма-кванти. Запропоновані теоретична та практична моделі таких лазерів. Можливими активними середовищами можуть бути такі

збуджені ядра атомів з цілим спином (бозони) як, наприклад, ${}^4_2\text{He}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^{16}_8\text{O}$ и т. п.

Представляють інтерес така непружна взаємодія ядер між собою, при якій відбувається тільки збудження ядер та їх випромінювальна рекомбінація, але не відбуваються ядерні реакції. Для цього енергія збудження повинна бути менше енергії зв'язку ядра. При цьому не відбувається зміна загального числа ядер (бозонів) в системі. Випромінювання має місце в процесах переходу ядра із збудженого стану в основний чи стан з меншою енергією збудження. Запропоновані теоретична та аналітична моделі таких лазерів.

Ключові слова: лазер, активне середовище, бозон, атомне ядро, гамма-випромінювання.

prof. Harkavenko A.S., prof. Mokrickiy V.A.

PRINCIPLES OF CREATING POWERFUL GAMMA-LASERS

Analysis of the currently available literature shows that gamma lasers have not yet been created because a deadlock has arisen, conditioned by the fact that with the decrease of the wavelength of the laser transition, the amplification factor rapidly decreases. Therefore, for very short wavelengths, it is too small to satisfy the condition of self-excitation of the laser. Overcoming the mentioned difficulties is possible in two ways: the first is the use of high pump power. For example, the use of neutron fluxes from a nuclear bomb explosion, as suggested previously in the United States in the Strategic Defense Initiatives program (SDI). The second way which is proposed in this paper, is the use of a boson system as an active medium in which, presumably, this difficulty should not arise.

If a system of bosons is considered as a balanced gas of noninteracting particles obeying Bose-Einstein statistics, then according to quantum mechanics it follows that in such a system it is impossible to create an inverse population between own energy levels as a necessary condition for the generation of radiation. However, from the results of experiments it follows that, at a boson concentration of more than 10^{17} cm^{-3} , inelastic boson - boson collisions begin to play a significant role in the emission and absorption of radiation, as a result of which, the internal state of the colliding particles can change. As a result of such collisions, the energy and momentum of one boson is transferred to another. The first boson annihilates with the emission of a photon, and the second passes to a higher energy level and it is possible to create an inverse population in such a system. In this case, the inelastic boson-boson interaction can lead to a shift of the emission line to the longer-wave region of the spectrum.

The conditions for the creation of high-power dual-use lasers are proposed. It is shown that for their realization active media can be applied on the basis of inelastic-interacting bosons (atomic nuclei with integer spin) generating gamma quanta. Possible active media could be such excited nuclei of atoms with integer spins (bosons) such as, ${}^4_2\text{He}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^{16}_8\text{O}$, etc. It is of interest that such inelastic interaction of nuclei with each other takes place, in which only excitation of nuclei and their radiative recombination occurs, but not nuclear reactions. For this, the excitation energy must be less than the binding energy of the nucleus. In this case, there is no change in the total number of nuclei (bosons) in the system. Radiation takes place in the processes of transition of the nucleus from the excited state to the ground state or to the state with a lower excitation energy. Theoretical and analytical models of such lasers are proposed.

Keywords: laser, active medium, boson, atomic nucleus, gamma radiation.

МЕТОДИКА ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ФІЗИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИСКОРЕНИХ ВИПРОБУВАНЬ

У рамках вирішення задач покращення характеристик надійності об'єктів радіоелектронної техніки було запропоновано комплексне використання методів фізичного діагностування (енергодинамічного, енергостатичного, електромагнітного) та результатів прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів. У роботі представлена методика діагностування цифрових пристроїв радіоелектронної техніки, застосування якої необхідно при побудові нової автоматизованої системи технічного діагностування радіоелектронної техніки, яка, на відміну від існуючої, дозволить з достатньо високою достовірністю визначати реальний технічний стан об'єктів та проводити його прогнозування, що є функціями технічної діагностики. Прийняття рішення при виконанні зазначених функцій буде ґрунтуватись на порівнянні значень діагностичних параметрів, отриманих при використанні зазначених методів, з теоретичними, розрахованими на основі результатів прискорених випробувань радіоелектронних компонентів на надійність.

Застосування методики дозволить збільшити середній час наробітку на відмову, зменшити середній час діагностування, і, як наслідок, збільшити комплексний показник надійності - коефіцієнт готовності об'єктів діагностування. Крім того, впровадження нової автоматизованої системи технічного діагностування як складової системи технічного обслуговування і ремонту радіоелектронної техніки, в скрутних економічних умовах України дозволить заощаджувати значні фінанси державі, які витрачаються з метою підвищення надійності шляхом резервування складових частин зазначених об'єктів.

З огляду на виконання постійно зростаючих вимог щодо забезпечення високих показників надійності не виключається можливість рішення питання створення дворівневої системи технічного обслуговування і ремонту замість існуючої трьохрівневої шляхом об'єднання ремонтних органів з підприємствами промисловості. При цьому діагностична інформація, яка отримана з використанням методів фізичного діагностування, буде надходити у центр обробки діагностичної інформації як новий структурний підрозділ заводу радіоелектронної апаратури.

Ключові слова: радіоелектронні компоненти, радіоелектронна техніка, цифрові пристрої, технічний стан, методи фізичного діагностування, прогнозування, випробування на надійність.

Постановка проблеми. Надійність радіоелектронної техніки (РЕТ), від працездатності якої залежить безпека громадян, визначається декількома факторами. Одним з найважливіших з них є діагностичне забезпечення, яке являє собою сукупність методів та засобів діагностики, персоналу та документації. Відомо, що функціями технічної діагностики є визначення технічного стану, локалізація дефектних елементів, моніторинг та прогнозування технічного стану. Для визначення технічного стану об'єктів РЕТ в існуючій системі технічного діагностування (СТД), яка є елементом системи технічного обслуговування і ремонту (СТОіР) РЕТ, широко використовуються методи функціонального діагностування [1,2]. При їх застосуванні на входи цифрових пристроїв (ЦП) блоків РЕТ надходять перевіірочні тестові послідовності, а визначення технічного стану проводиться на основі порівняння вихідних реакцій з еталонними. У випадках відповідності даних реакцій приймається рішення про справний технічний стан, в інших випадках - про несправний. Зважаючи на те, що сигнали у цифрових схемах являють собою комбінації "нулів" та "одиниць", реакції на їх виходах будуть відповідати справному стану навіть при критичних станах радіоелектронних компонентів, з яких складаються ЦП.

Вимоги до РЕТ передбачають збільшення коефіцієнту готовності як комплексної характеристики надійності. Сучасна СТОіР РЕТ є трирівневою, на першому рівні якої розташовані об'єкти РЕТ (радіолокаційні станції, комплексні засоби автоматизації, програмно-керовані комплекси, засоби зв'язку, засоби спеціального зв'язку, аеродромне обладнання, атомні електростанції, космічна техніка). На даному рівні СТОіР діагностування

та локалізація несправності проводиться за допомогою вбудованої системи контролю на рівні блоку об'єкта РЕТ, а її усунення проводиться агрегатним методом. При цьому у блоці, який визначений несправним, дійсно несправними є 1-2 ЦП, решта, а це 13-19 ЦП, є справними [2]. Для визначення несправних вся група ЦП зі складу такого блоку відправлялась на другий рівень СТОіР, де за допомогою пристроїв діагностування і визначались дійсно несправні. Важливо відмітити те, що відстані між рівнями СТОіР складають сотні кілометрів, що збільшує середній час відновлення, і, як наслідок, зменшує коефіцієнт готовності. З викладеного вище витікає протиріччя між вимогами до характеристик надійності РЕТ та можливостями сучасної СТОіР щодо їх забезпечення. Окремо треба зазначити, що глибина діагностування на рівні блоку не є достатньою, оскільки вихід зі строю відбувається, як правило, на рівні радіоелектронного компоненту або міжз'єднання. Втім рішення про здійснення контролю технічного стану на рівні ЦП є суперечливим та не виправданим, оскільки воно вимагає суттєвих конструктивних змін та значно збільшує фінансові витрати з боку держави.

Розв'язання зазначених протиріч запропоновано за рахунок побудови нової автоматизованої системи технічного діагностування (АСТД), в якій, на відміну від існуючої, для отримання діагностичної інформації використовуються методи фізичного діагностування, вільні від недоліків методів функціонального діагностування. Зважаючи на це, виникла необхідність розробки методики діагностування цифрових пристроїв РЕТ на основі методів фізичного діагностування та результатів прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів, що є **метою статті**.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз робіт [3-7] показав, що в сучасній СТОіР на першому її рівні для визначення технічного стану об'єктів РЕТ використовуються вбудовані системи контролю. Удосконалення зазначених систем контролю за рахунок застосування запропонованих методів діагностичної інформації дозволяє покращити коефіцієнт готовності як комплексний показник надійності [3-7]. Незважаючи на це, суттєвими недоліками є те, що при застосуванні даних систем контролю рівень глибини діагностування залишається незмінним. З огляду на це, можна зробити висновок, що напрямок подальшого удосконалення діагностичного забезпечення має бути спрямований на розвиток та застосування методів і засобів, які дозволяють проводити діагностування на рівні ЦП та радіоелектронних компонентів та визначати їх реальний технічний стан.

З метою підвищення коефіцієнту готовності за рахунок зменшення часових і транспортних витрат у роботах [3-7] було запропоновано проведення діагностування ЦП зі складу блоків на першому рівні СТОіР, при цьому діагностуванню підлягають всі ЦП блоку, який визначений вбудованою системою контролю несправним. Після визначення несправного ЦП його відправляють на другий рівень СТОіР – у ремонтні органи для локалізації несправності та проведення ремонту. Такі дії дозволяють уникнути нераціональних переміщень справних ЦП зі складу зазначених блоків, а також мати більш повним комплект запасних інструментів та приладдя, наслідком чого стає зменшення середнього часу відновлення. З огляду на викладене вище, видно, що у наукових роботах [3-7] покращення показників надійності запропоновано проводити шляхом зменшення середнього часу відновлення завдяки зменшенню його складових, а саме часу транспортування, часу діагностування, часу ремонту і проводиться вже після виходу зі строю тих чи інших ЦП.

У [3] запропонована побудова функціональних перевіряючих тестів для енергодинамічного та електромагнітного методів діагностування, при цьому визначення реального технічного стану є ускладненим з викладених вище причин. У [4] запропоновано використання енергодинамічного методу діагностування, при цьому визначення технічного стану проводиться на основі прийняття діагностичного параметра (ДП) значення або “в межах” або “поза межами”, тобто не досліджена “поведінка” ДП. У [5,6] визначена проблема побудови АСТД інформаційних систем та автономних автоматизованих систем діагностування. Показані шляхи підвищення ефективності роботи зазначених систем, але за рахунок використання інших методів отримання діагностичної інформації, при цьому глибина

діагностування залишилась незмінною. У [7] показані особливості проведення тестування різних пристроїв, але при цьому використовуються методи, недоліки яких розглянуті у вступі даної статті.

Втім збільшення коефіцієнту готовності можна досягти іншим шляхом, а саме завдяки збільшенню середнього часу наробітку на відмову, що забезпечить проведення прогнозування технічного стану та своєчасну заміну складових, які мають критичний стан.

Усунення ряду недоліків сучасної СТОіР можливо завдяки створенню нової АСТД як складової СТОіР, в якій отримання діагностичної інформації буде проводитись з використанням методів фізичного діагностування, а її обробка – з врахуванням результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів на надійність.

Основна частина. В основу методики діагностування цифрових пристроїв радіоелектронної техніки покладені методи фізичного діагностування та результати прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів. До зазначених методів відносяться енергодинамічний, енергостатичний, електромагнітний [8-10]. Було показано, що достовірність методів складає 0,95, 0,97, 0,97 відповідно. Комплексне використання зазначених методів фізичного діагностування дозволить досягти збільшення достовірності до 0,99995, що особливо важливо для об'єктів критичної інфраструктури держави.

Для обробки діагностичної інформації використовується наближена залежність ДП від часу [9,10], яка отримана в результаті проведення форсованих випробувань радіоелектронних компонентів як складових ЦП. Зважаючи на те, що вона має експоненційний характер, а також для спрощення операцій обробки діагностичної інформації було запропоновано розділити її на три ланки: пряму, криву, пряму. Межі, в границях яких технічний стан вважається справним, визначені лініями мінімальних та максимальних значень - “коридору” [9,10]. Важливо відмітити те, що з часом розкид значень ДП з причини виродження кристалів радіоелектронних цифрових компонентів збільшується [11], що має бути врахованим при обробці діагностичної інформації. У випадках, коли ДП приймає значення в межах від мінімального до максимального, приймається рішення про справний технічний стан, при цьому інтервали прогнозування обираються однаковими [12]. При виході значення ДП за межі встановленого “коридору”, інтервал часу між проведенням діагностування змінюється в залежності від різниці значень ДП, отриманих під час проведення попередніх перевірок. Формула розрахунку інтервалу часу та загальний алгоритм визначення часу наступної перевірки технічного стану були представлені у роботі [12].

Важливо зазначити, що отримані значення ДП (апостеріорна інформація) будуть зберігатися у базі знань АСТД, що дозволить порівнювати їх з теоретичними (апріорна інформація), отриманими у ході форсованих випробувань та корегувати залежність ДП від часу. Використання залежностей ДП від часу, отриманих у ході експлуатації об'єктів РЕТ, доцільно для заводів радіоелектронної апаратури для внесення змін у технічну документацію з метою отримання більш достовірного діагнозу та прогнозу технічного стану зразків РЕТ у майбутньому. Для цього у структурній схемі запропонованої АСТД передбачені зв'язки між ними та центрами обробки діагностичної інформації.

Методика діагностування цифрових пристроїв радіоелектронної техніки на основі методів фізичного діагностування та результатів прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів має містити наступне:

1. Призначення методики полягає у визначенні та прогнозуванні технічного стану цифрових пристроїв радіоелектронної техніки.

2. Сутність методики полягає у застосуванні методів фізичного діагностування (енергодинамічного, енергостатичного, електромагнітного) та результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів на надійність.

3. Вихідними даними є: тип цифрового пристрою, характеристики радіоелектронних компонентів, методи діагностування, діагностичні моделі, залежності ДП від часу, значення розкидів діагностичного параметру.

4. Обмеження полягає в тому, що діагностування та прогнозування технічного стану проводиться для ЦП.

5. Припущення: засоби діагностування мають бути справними.

6. Математичний апарат ґрунтується на використанні теорії надійності РЕТ, теорії прогнозування та математичної статистики.

7. Алгоритм реалізації був представлений у попередніх роботах автора. Вихідними даними для нього є методи фізичного діагностування, діагностичні моделі, максимальні та мінімальні значення діагностичного параметру, розраховані в результаті проведення форсованих випробувань.

8. Ефект полягає у збільшенні середнього часу наробітку на відмову, наслідком чого стає збільшення коефіцієнту готовності зразку РЕТ на 10-15%. Завдяки комплексному використанню методів фізичного діагностування досягається збільшення достовірності до 0,99995.

9. Наукова новизна полягає в тому, що вперше запропоновано проводити діагностування та прогнозування технічного стану ЦП на основі комплексного використання методів фізичного діагностування та результатів форсованих випробувань на надійність радіoeлектронних компонентів.

10. Напрямок подальшого дослідження полягає у дослідженні “поведінки” діагностичного параметру на другій ланці графіку його залежності від часу, де ймовірність виходу за межі встановлених значень збільшується, а також в уточненні закону розподілу значення ДП.

Розроблена методика як елемент науково-методичного апарату – методології побудови автоматизованої системи технічного діагностування РЕТ впроваджена у Державному підприємстві “Науково-дослідний інститут “Квант” при розробці пристроїв діагностування зразків РЕТ, обробки діагностичної інформації, локалізації дефектних радіoeлектронних компонентів цифрових пристроїв та прогнозування їх стану. Це дозволило збільшити середній час наробітку на відмову на 20%, зменшити середній час діагностування на 15-20 %, збільшити коефіцієнт готовності на 20%.

Отримані 4 патенти [13-16] на корисну модель, що підтверджує новизну наукових результатів.

Висновки

1. Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що сьогодні для визначення технічного стану цифрових пристроїв блоків радіoeлектронної техніки використовуються методи тестового або функціонального діагностування. Застосування зазначених методів є недостатньо інформативним щодо встановлення реального технічного стану даних пристроїв, оскільки через непередбачуваний час після їх застосування вони можуть вийти та виходять зі строю. З цієї ж причини прогнозування технічного стану як функції технічної діагностики, а також визначення остаточного ресурсу, теж є ускладненим.

2. У статті показана доцільність використання методів фізичного діагностування (енергодинамічного, енергостатичного, електромагнітного), які на відміну від методів функціонального діагностування, дозволяють визначити реальний технічний стан цифрових пристроїв та з достатньо високою достовірністю проводити прогнозування їх технічного стану.

3. Представлена методика діагностування цифрових пристроїв радіoeлектронної техніки на основі методів фізичного діагностування та результатів прискорених випробувань на надійність радіoeлектронних компонентів, використання якої запропоновано в роботі нової автоматизованої системи технічного діагностування радіoeлектронної техніки.

4. Показано, що впровадження представленої методики дозволило збільшити середній час наробітку на відмову на 20%, зменшити середній час діагностування на

15-20 %, і, як наслідок, збільшити коефіцієнт готовності на 20%, що підтверджено актом впровадження результатів наукових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Василишин В.І., Чечуй О.В., Женжера С.В., Глушко А.П. Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронних систем ХНУПС, 2018.- 268 с.
2. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки. Монографія / Вишнівський В.В., Жердев М.К., Ленков С.В., Проценко В.А. - під ред. Жердєва М.К., Ленкова С.В. – К.; ТОВ «Компанія ЛІК», 2009. – 224 с.
3. Жердев М.К., Ленков С.В., Шкуліпа П.А. Побудова функціональних перевіряючих тестів для енергодинамічного та електромагнітного методів діагностування // Журнал Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба «Системи обробки інформації». – Харків, - 2013. - №1(108). – С. 49 – 52.
4. Гахович С.В. Метод діагностування цифрових ТЕЗ // 36. наук. пр. ВІТІ НТУУ “КПІ”. Вип. №4. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2004. – С. 24-30.
5. Вишнівський В.В. Проблема побудови автоматизованих систем технічного діагностування інформаційних систем / В.В. Вишнівський // Защита информации; сборник научных трудов. – Киев: НАУ, 2016. – Вып. 23. – С.165-176.
6. Вишнівський В.В. Проблема побудови та впровадження автономних автоматизованих систем діагностування радіоелектронного озброєння / В.В. Вишнівський, В.В. Кузавков, Г.І. Гайдур // Науковий журнал Інформаційна безпека Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. - Луганськ: 2014. – Вип. №4(16). – С. 151-157.
7. Reddy S.M., Saluja K.K. and Karpovsky M.A. (1985), Data Compression Technique for Built-in Self Test: Digest of papers FTCS-15. IEEE Transactions on Computers, IEEE Computer Society Washington, DC, USA.
8. Глухов С.І. Діагностування цифрових радіоелектронних компонентів типових елементів заміни радіоелектронної техніки з використанням електромагнітного методу у військових ремонтних органах. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2009. – № 21. – С. 42 – 45.
9. Методика розробки діагностичного забезпечення РЕТ на основі енергостатичного методу діагностування з використанням інформаційних технологій / Ленков С.В., Жердев М.К., Толоч І.В., Глухов С.І., Жиров Г.Б. // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: Вид. -во ХНУПС імені Івана Кожедуба, 2017. – Вип. №4(52). – С.46 – 51.
10. Діагностування радіоелектронної техніки на основі енергодинамічного методу: методика та інформаційне забезпечення / Жердев М.К., Селюков О.В., Глухов С.І., Гахович С.В., Нікіфоров М.М. // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: Вид. -во ХНУПС імені Івана Кожедуба, 2018. – Вип. № 2 (54). – С.23 – 30.
11. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.: ил.
12. Глухов С.І. Обґрунтування вибору інтервалу прогнозування при використанні методів фізичного діагностування для цифрових пристроїв радіоелектронної техніки // Новітні технології. – Збірник наукових праць приватного вищого навчального закладу “Університет новітніх технологій”. – Київ, 2019. – Вип. № 1(8). – С. 151 – 157.
13. Електромагнітний спосіб локалізації несправних радіоелектронних компонентів радіоелектронних пристроїв: пат. 77934 Україна: МПК G05B 23/00, H01F 41/00. №u201300795; заявл.23.01.2013; опубл. 25.02.2013, Бюл. №4.
14. Електромагнітний спосіб локалізації непрацездатних радіоелектронних компонентів радіоелектронних пристроїв в частотній області: пат. 105269 Україна: МПК H02N 9/02 (2006.01), G01R 33/00. № u201309031; заявл. 21.09.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. №5.
15. Пристрій контролю працездатності та локалізації дефектів в сучасних цифрових радіоелектронних пристроях з використанням часових і амплітудних параметрів електромагнітного процесу при перехідному процесі в шині живлення: пат. 106889 Україна: МПК G05B 23/00. № u201311216; заявл. 16.11.2015; опубл. 10.05.2016, Бюл. №9.
16. Комбінований енергодинамічний спосіб контролю технічного стану радіоелектронних пристроїв в частотній області та вихідним реакціям: пат. 119792 Україна: МПК H05K 13/00, G05B 23/00. № u201303441; заявл. 10.04.2017; опубл. 10.10.2017, Бюл. № 19.

REFERENCES:

1. Vasilishin V.I. Fundamentals of the theory of reliability and operation of radio electronic systems / Vasilishin V.I., Chechui O.V., Zhenzera S.V., Glushko A.P., KNUPS, 2018, 268 p.

2. Diagnosis of analog and digital devices of electronic equipment. Monograph / Vishnivsky VV, Zherdev M.K., Lenkov SV, Protsenko V.A. – ed. Zherdeva MK, Lenkova SV – K.; LLC "Company LIK", 2009, 224 p.
3. Zherdev M.K. Construction of functional checking tests for energy dynamical and electromagnetic methods of diagnostics / M.K. Zherdev, S.V. Lenkov, P.A. Shkulipa // Journal of Kharkiv University of Air Forces named after. I. Kozhedub "Systems of information processing". – Kharkiv, – 2013. – №1 (108). – P. 49-52.
4. Gakhovich S.V. Method of diagnosing digital TEZ // Prob. sciences VITI NTUU "KPI". Vol №4 – K.: VITI NTUU "KPI", 2004. – pp. 24-30.
5. Vyshnivs'kyj V.V. (2016). Problema pobudovy avtomatyzovanyh system tehničnogo diagnostuvannja informacijnyh system. *Zashhyta ynformacyj; sbornyk nauchnyh trudov*. Kyev, NAU Publ., vol. 23, pp.165-176.
6. Vyshnivs'kyj V.V., Kuzavkov V.V., Hajdur H.I. (2014). *Problema pobudovy ta vprovadzhennia avtonomnykh avtomatyzovanykh system diahnostuvannia radioelektronnoho ozbrojennia*. [Problem of construction and introduction of the offline automated systems of diagnosing of radio electronic armament]. Naukovyj zhurnal Informacija bezpeka Shidnoukrai'ns'kyj nacional'nyj universytet imeni Volodymyra Dalja. Lugans'k. vol. No. 4(16). pp. 151-157.
7. Reddy S.M., Saluja K.K. and Karpovsky M.A. (1985), Data Compression Technique for Built-in Self Test: Digest of papers FTCS-15. IEEE Transactions on Computers, IEEE Computer Society Washington, DC, USA.
8. Glukhov S.I. Diagnostics of digital electronic components of typical replacement of electronic equipment using an electromagnetic method in military repair bodies. Collection of scientific works of the Military Institute of Kyiv National Taras Shevchenko University. – K., 2009. – No. 21. – pp. 42-45.
9. Lenkov S.V. Method of development of diagnostic provision of RET based on the energy-static method of diagnosis using information technologies / S.V. Lenkov, M.K. Zherdev, I.V. Tolko, S.I. Glukhov, G.B. Zhiron // Armament systems and military equipment. – Kharkiv: View of Ivan Kozhedubs, KNUPS, 2017. – Vol. No. 4 (52). – pp.46-51.
10. Zherdev M.K. Diagnosis of electronic equipment on the basis of the electrodynamic method: methodology and information support / M.K. Zherdev, O.V. Selyukov, S.I. Glukhov, S.V. Gakhovich, M.M. Nikiforov // Systems of armament and military equipment. – Kharkiv: View of Ivan Kozhedubs, KNUPS, 2018. – Vol. No. 2 (54). – pp.23-30.
11. Ostrejkovskij, V.A. (2003). Teorija nadezhnosti. Moscow, Vyssh. shk. Pudl., 463 p.
11. Gluhov S.I. (2019). Obgruntuvannja vyboru intervalu prognosuvannja pry vykorystanni metodiv fizychnogo diagnostuvannja dlja cyfrovych prystroi'v radioelektronnoi' tehniki. Novitni tehnologii'; Zbirnyk naukovych prac' pryvatnogo vyshhogo navchal'nogo zakladu "Universytet novitnih tehnologii". Kyi'v, issue 1(8), pp. 151 – 157.
13. Gluhov S.I., Shkulipa P.A., Zherdev M.K., Ljenkov S.V. and Banzak O.V. (2013). *Elektromagnitnyj sposib lokalizacii' nespravnyh radioelektronnyh komponentiv radioelektronnyh prystrojah*. [Electromagnetic method for the localization of faulty radioelectronic components in appliances], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 77934.
14. Gluhov S.I., Zherdev M.K., Pampuha I.V., Dobrovol's'kyj V.B., and Shevchenko V.V. (2016). *Elektromagnitnyj sposib lokalizacii' nepracezdatnyh radioelektronnyh komponentiv radioelektronnyh prystroi'v v chastotnij oblasti*. [Electromagnetic method of locating inoperative radioelectronic components of various radioelectronic devices in the frequency domain], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 105269.
15. Gluhov S.I., Zherdev M.K., Pampuha I.V., Shevchenko V.V., Vyshnivs'kyj V.V., Babij O.S. (2016). *Prystrij kontrolju pracezdatnosti ta lokalizacii' defektiv v suchasnyh cyfrovych radioelektronnyh prystrojah z vykorystannjam chasovyh i amplitudnyh parametriv elektromagnitnogo procesu pry perehidnomu procesi v shyni zhyvlennja*. [A device for monitoring the normal operation and localization of defects in the modern digital electronic devices using time and amplitude of the electromagnetic parameters of the process during the transition process in the power bus], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 106889.
16. Gluhov S.I., Pampuha I.V., Savran V.O., Levishhenko Je.V., Dobrovol's'kyj V.B. (2017). *Kombinovanyj energodynamichnyj sposib kontrolju tehničnogo stanu radioelektronnyh prystroi'v v chastotnij oblasti ta vyhidnym reakcijam*. [Combined power-dynamic method for controlling the technical state of radio-electronic devices in frequency domain and initial reactions], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 119792.

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ФИЗИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

В рамках решения задачи улучшения характеристик надежности объектов радиоэлектронной техники было предложено комплексное использование методов физического диагностирования (энергодинамического, энергостатического, электромагнитного) и ускоренных испытаний на надежность радиоэлектронных компонентов. В работе представлена методика диагностирования цифровых устройств радиоэлектронной техники, применение которой необходимо для построения новой автоматизированной системы технического диагностирования радиоэлектронной техники, которая, в отличие от существующей, позволит с достаточно высокой достоверностью определять реальное техническое состояние объектов и проводить его прогнозирование, которые являются функциями технической диагностики. Принятие решения при выполнении отмеченных функций будет основываться на сравнении значений диагностических параметров, полученных при использовании отмеченных методов, с теоретическими, рассчитанными на основе результатов ускоренных испытаний.

Применение методики позволит увеличить среднее время наработки на отказ, уменьшить среднее время диагностирования, и, как следствие, увеличить комплексный показатель надежности - коэффициент готовности объектов диагностирования. Кроме того, внедрение новой автоматизированной системы технического диагностирования как составляющей системы технического обслуживания и ремонта радиоэлектронной техники, в сложных экономических условиях Украины позволит экономить значительные финансы государству, которые используются с целью повышения надежности путем резервирования составляющих указанных объектов.

Учитывая выполнение постоянно растущих требований по обеспечению высоких показателей надежности не исключается возможность решения вопроса создания двухуровневой системы технического обслуживания и ремонта вместо существующей трехуровневой путем объединения ремонтных органов с предприятиями промышленности.

При этом диагностическая информация, которая получена с использованием методов физического диагностирования, будет поступать в центр обработки диагностической информации как новое структурное подразделение завода радиоэлектронной аппаратуры.

Ключевые слова: радиоэлектронные компоненты, радиоэлектронная техника, цифровые устройства, техническое состояние, методы физического диагностирования, прогнозирование, испытания на надежность.

Ph.D. Glukhov S.I.

DIAGNOSTIC METHOD OF RADIO-ELECTRONICS DIGITAL DEVICES BASED ON THE PHYSICAL DIAGNOSIS METHODS AND ACCELERATED TESTS RESULTS

Integrated application of physical diagnosis methods (energy-dynamic, energy-static, electromagnetic) and accelerated reliability tests' results of radio-electronic components has been suggested as part of finding a solution to the issue of reliability performance enhancement of radio-electronic components. A diagnostic method of radio-electronics' digital devices is presented in the article. This method should be applied when establishing a new Technical Diagnosis Automated System that, unlike the present one, will allow to determine the real technical state of digital devices with a high probability and to carry out its forecasting, that are functions of technical diagnosis. Decision-making in fulfilling the above functions will be based on a comparison of values of diagnostic parameters obtained when using the aforementioned methods with theoretical values calculated based on accelerated reliability tests' results of radio-electronic components.

Application of this method will allow to increase the average time to failure, reduce the average time of diagnosis and, as a result, to increase integrated reliability indicator – the availability factor of the device under test. Introduction of a new Technical Diagnosis Automated System as a component of radio-electronics' Maintenance and Repair System will also allow to save considerable amounts of the State funds

spent to improve reliability by reserving components of the mentioned devices under the restricted economic conditions of Ukraine.

In view of the fulfilment of constantly growing requirements as for high reliability indicators it is possible to solve the issue by establishing a two-level Maintenance and Repair System instead of the current three-level system by merging repair units with industrial companies. Whereby diagnostic information obtained using physical diagnosis methods would be transmitted to the Diagnostic Information Processing Centre as a new structural unit of the Radio Electronic Equipment Company.

Key words: radio-electronic components, radio-electronics, digital devices, technical state, physical diagnosis methods, forecasting, reliability tests.

УДК 004.052

К.Т.Н., с.Н.С. Жиров Г.Б. (КНУ)

УДОСКОНАЛЕНИЙ АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ АДАПТИВНОГО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СКЛАДНОГО ОБ'ЄКТА

Показники надійності та вартості експлуатації є одними з показників, які задаються як вихідні, при проектуванні та модернізації складних технічних об'єктів. На дані показники впливають показники процесу технічного обслуговування і ремонту. У свою чергу, процес технічного обслуговування складного об'єкта практично неможливо описати аналітичними виразами. Більш доцільно використовувати імітаційні та імітаційні статистичні моделі для визначення та оптимізації показників процесу ТО з метою досягнення заданих показників надійності.

У статті запропоновані удосконалені алгоритми оптимізації параметрів процесу проведення технічного обслуговування за станом з адаптивною періодичністю контролю складного технічного об'єкта. Алгоритми розроблені для двох критеріїв: мінімізації питомої вартості експлуатації об'єкта, яка визначається на заданому періоді експлуатації, при забезпеченні заданої вимоги до рівня безвідмовності об'єкта; та максимізації коефіцієнта технічного використання при забезпеченні вимог до рівня безвідмовності об'єкта. Вимога щодо рівня безвідмовності об'єкта визначається заданим значенням середнього наробітку на відмову. Розроблені алгоритми засновані на застосуванні спрямованого перебору в просторі параметрів технічного обслуговування.

Відмінністю наведених алгоритмів полягає у використанні моделей двох параметричного та трьох параметричного експоненційного згладжування що дозволяє більш точно прогнозувати середню швидкість деградації складових частин та елементів складного технічного об'єкта.

Ключові слова: технічне обслуговування, адаптивне технічне обслуговування за станом, імітаційне статистичне моделювання, експоненційне згладжування, показники безвідмовності.

Вступ та аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день, для опису функціонування складного технічного об'єкта все частіше використовуються імітаційні моделі. Дані моделі представляють собою сукупність опису системи і зовнішніх впливів, алгоритмів функціонування системи або правил зміни стану системи під впливом зовнішніх і внутрішніх збурень. Ці алгоритми і правила не дають можливості використання наявних математичних методів аналітичного і чисельного рішення, але дозволяють імітувати процес функціонування системи і проводити вимірювання необхідних характеристик.

Перевагою таких моделей є те, що вони можуть бути застосовні для більш широкого класу об'єктів і процесів, ніж аналітичні та чисельні моделі.

Процес технічного обслуговування складного технічного об'єкта практично неможливо описати аналітичними виразами. Однак, використовуючи імітаційно-статистичні моделі, на практиці можна визначити необхідні параметри процесу технічного обслуговування (ТО).

У свою чергу, необхідність проведення технічного обслуговування полягає у необхідності забезпечення визначеного рівня надійності даних об'єктів. Сутність ТО полягає у своєчасній заміні (оновленні) елементів, які знаходяться у передвідмовному стані, що призводить до поліпшення показників безвідмовності об'єкту у цілому. Ремонт проводиться з метою відновлення справного або працездатного стану об'єкта, а також відновлення ресурсу всього об'єкта або його частини [1–7].

Показники надійності та вартості експлуатації об'єктів залежать від властивостей безвідмовності та ремонтпридатності самого об'єкта, а також від параметрів системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР). Таким чином існує загальна проблема оптимізації характеристик самого процесу технічного об'єкту, а також окремих параметрів системи ТОіР.

У сучасних технічних об'єктах, у переважній кількості випадків, ТО зводиться до заміни елементів (рідин, масел та ін.), що знаходяться у стані перед відмовою.

Існують різні стратегії організації проведення ТО. Залежно від критерію, який використовується при визначенні термінів проведення ТО, розрізняють два основних принципи, які прийнято називати “ТО за ресурсом” і “ТО за станом”. У свою чергу “ТО за станом” (ТОС) може бути поділене на: ТОС з постійною періодичністю контролю та ТОС з адаптивною зміною періодичності контролю. Усі види проведення ТО характеризуються своїми особливими параметрами [2,8,9], які відрізняються один від одного.

Постановка завдання. В статті вирішується задача удосконалення алгоритму оптимізації параметрів процесу адаптивного технічного обслуговування.

Результати дослідження. За формалізовану модель адаптивного ТО, була взята удосконалена модель, яка описана в [8]. Оптимізаційна задача вирішувалася для одного з двох критеріїв: оптимізація за критерієм $\min c_e$ (1) та оптимізація за критерієм $\max K_{\text{ТВ}}$ (2):

$$T_0(\langle E_{\text{ТО}}^*, U_{\text{ТО}}^*, \alpha, \beta, \chi, \gamma^* \rangle) \geq T_0^{\text{необ}} \quad c_e(\langle E_{\text{ТО}}^*, U_{\text{ТО}}^*, \alpha, \beta, \chi, \gamma^* \rangle) \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$T_0(\langle E_{\text{ТО}}^*, U_{\text{ТО}}^*, \alpha, \beta, \chi, \gamma^* \rangle) \geq T_0^{\text{необ}} \quad K_{\text{ТВ}}(\langle E_{\text{ТО}}^*, U_{\text{ТО}}^*, \alpha, \beta, \chi, \gamma^* \rangle) \rightarrow \max, \quad (2)$$

де T_0 , $T_0^{\text{необ}}$ - середній та необхідний (заданий) наробіток на відмову; $E_{\text{ТО}}^*$, $U_{\text{ТО}}^*$ і γ^* – шукані оптимальні значення параметрів стратегії; $E_{\text{ТО}}$ – множина елементів, які обслуговуються;

$U_{\text{ТО}}$ – вектор рівнів, який визначає необхідність проведення ТО елементів; α, β, χ – постійні згладжування, вибір яких залежить від ступеня достовірності вихідних даних про надійність елементів об'єкта та статистику відмов, з урахуванням сезонності. Постійні згладжування безпосередньо не пов'язані з вибором параметрів технічного обслуговування. З цієї причини параметри α, β, χ не включаються в число параметрів стратегії, що оптимізуються, і їх розглядаємо як константи.

При вирішенні задачі (1) множина $E_{\text{ТО}}$ фіксується і вирішується послідовність часткових задач. На кожному кроці формується допоміжна множина $E_{\text{ТО}}^+$ шляхом додавання до неї по одному елементу з множини $E_{\text{ТО}}$, та розв'язується часткова задача визначення оптимальних параметрів, що задовольняють умові:

$$c_e(\langle E_{\text{ТО}}^*, U_{\text{ТО}}^*, \alpha, \beta, \chi, \gamma^* \rangle) \rightarrow \min_{U_{\text{ТО}}, \gamma}. \quad (3)$$

Розв'язок $P_{\text{ato}}^+ = \langle E_{\text{то}}^+, U_{\text{то}}^+, \gamma^+ \rangle$, що задовольняє умові (3), є умовно оптимальним розв'язком, отриманим за умови, що множина обслуговуваних елементів складається з $E_{\text{то}}^+$, $U_{\text{то}i}^+ = \{u_{\text{то}1}^*, u_{\text{то}2}^*, \dots, u_{\text{то}i}^+\}$ – вектор, в якому: $u_{\text{то}1}^*, u_{\text{то}2}^*, \dots, u_{\text{то}i-1}^*$ – умовно оптимальні значення рівнів ТО, які були знайдені на попередніх кроках процесу послідовної оптимізації, $u_{\text{то}i}^+$ – умовно оптимальне значення, отримане на останньому (i -му) кроці в результаті розв'язання часткової задачі (3); а γ^+ – коефіцієнт випередження, який задовольняє умові (3). Оскільки вид цільової функції c_e у виразі (3) невідомий, застосовується метод прямого перебору [10, 11].

При додаванні нових елементів в $E_{\text{то}}^+$, середній наробіток на відмову об'єкта T_0 повинен зростати, і коли на деякому кроці буде виконуватися вимога: $T_0 \geq T_0^{\text{необ}}$, процес пошуку умовно оптимального рішення P_{ato}^+ припиняється. Дане рішення, яке отримане на останньому кроці P_{ato}^+ , приймається в якості загального оптимального P_{ato}^* .

Підхід до розв'язання задачі (1) подібний до підходу, що описаний [12].

Алгоритм щодо розв'язання задачі (1) наведено на рис. 1.

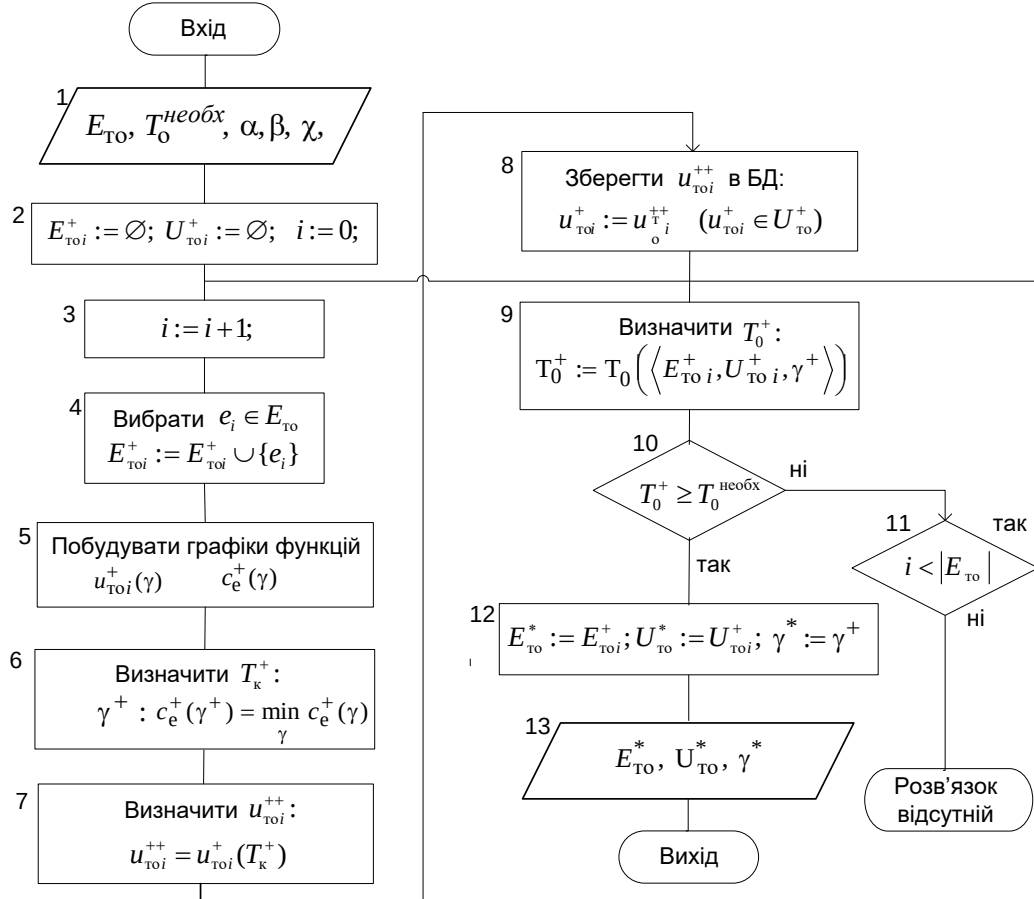


Рисунок 1 – Алгоритм пошуку оптимальних параметрів стратегії ТОС з адаптивною зміною періодичності контролю

Оператор 1 формує вихідні дані: множину елементів, які обслуговуються $E_{\text{то}}$; записує постійні згладжування.

Оператор 2 створює порожні множини $E_{\text{ТО}i}^+$ і $U_{\text{ТО}i}^+$, та ініціює змінну i , яка використовується для підрахунку числа виконаних кроків пошуку рішення (одночасно змінна i є номером елемента e_i , який доданий до множини $E_{\text{ТО}i}^+$ останнім). Множина $E_{\text{ТО}i}^+$ використовується як поточна множина елементів, що обслуговуються (в неї на кожному кроці буде додаватися один елемент, узятий з множини $E_{\text{ТО}}$). Множина $U_{\text{ТО}i}^+$ використовується для запам'ятовування знайдених оптимальних значень рівнів ТО $u_{\text{ТО}i}^+$ елементів, включених до множини $E_{\text{ТО}i}^+$.

Оператор 3 формує номер i чергового (поточного) кроку процесу пошуку.

Оператор 4 вибирає з множини $E_{\text{ТО}}$ i -й елемент e_i і додає його до множини $E_{\text{ТО}i}^+$. Вибір елементів e_i з множини $E_{\text{ТО}}$ здійснюється в порядку зростання їх середнього наробітку до відмови.

Оператор 5 будує графіки функцій $u_{\text{ТО}i}^+(\gamma)$ і $c_e^+(\gamma)$ залежно від значення коефіцієнта упередження γ . Коефіцієнт упередження зв'язує інтервал часу, що планується, до чергового ТО $\tilde{T}_{\text{ТО}}(t_k)$ з поточним прогнозованим значенням середнього наробітку до відмови найменш надійного елемента $T'_{\text{ср}}(t_k)$:

$$\tilde{T}_{\text{ТО}}(t_k) = \gamma T'_{\text{ср}}(t_k),$$

де t_k – поточний момент часу проведення k -го технічного обслуговування.

У свою чергу, $T'_{\text{ср}}(t_k)$ визначається:

$$T'_{\text{ср}}(t_k) = \frac{1}{\tilde{a}_i(t_k)},$$

де $\tilde{a}_i(t_k)$ - оцінка середньої швидкості деградації i -го елемента.

Для моделі двопараметричного експоненційного згладжування оцінка середньої швидкості деградації i -го елемента визначається виразом:

$$\tilde{a}_i(t_{k+1}) = L(t_k) + T(t_k),$$

де $L(t_k)$ - згладжена величина на поточний час контролю t_k ; $T(t_k)$ - значення тренда на поточний час,

$$L(t_k) = \alpha \cdot a_i(t_k) + (1 - \alpha)[S(t_{k-1}) - T(t_{k-1})]$$

$$T(t_k) = \beta(S(t_k) - S(t_{k-1})) + (1 - \beta) \cdot T(t_{k-1}) ,$$

де α – коефіцієнт згладжування ряду; β – коефіцієнт згладжування тренда; $\alpha, \beta \in (0,1)$.

Для моделі три параметричного згладжування:

$$\tilde{a}_i(t_{k+1}) = [L(t_k) + T(t_k)] \times S(t_{k+1-s}),$$

де $S(t_k)$ - значення сезонності на поточний момент часу (за попередній період), s - період сезонності (для квартальних змін $s = 4$, для місячних $s = 12$). При проведенні ТО найбільш інформативними можуть виявитися піврічні зміни $s = 2$ або сезонні $s = 4$,

$$L(t_k) = \alpha \cdot \frac{a_i(t_k)}{S(t_{k-s})} + (1 - \alpha)[S(t_{k-1}) - T(t_{k-1})]$$

$$T(t_k) = \beta(S(t_k) - S(t_{k-1})) + (1 - \beta) \cdot T(t_{k-1}) ,$$

$$S(t_k) = \chi \cdot \frac{a_i(t_k)}{L(t_k)} + (1 - \gamma) \cdot S(t_{k-s})$$

де χ – коефіцієнт згладжування сезонності; $S(t_{k-s})$ – коефіцієнт сезонності за той самий період же період у попередньому сезоні [8].

Функція $u_{\text{TO}i}^+(\gamma)$ визначає залежність оптимального рівня ТО i -го елемента від коефіцієнта γ .

Величина $u_{\text{TO}i}^+(\gamma)$ визначається з умови:

$$u_{\text{TO}i}^+(\gamma) : c_e(E_{\text{TO}i}^+, \mathbf{U}_{\text{TO}i}^+, \gamma) \rightarrow \min_{u_{\text{TO}i}}, \quad (4)$$

де $\mathbf{U}_{\text{TO}i}^+ = \{u_{\text{TO}1}^*, \dots, u_{\text{TO}i-1}^*, u_{\text{TO}i}^+\}$ – це множина (вектор), в якому $u_{\text{TO}1}^*, \dots, u_{\text{TO}i-1}^*$ – оптимальні значення рівнів ТО елементів $e_1, \dots, e_{i-1}$, знайдені на попередніх кроках, а $u_{\text{TO}i}^+$ – оптимальний рівень ТО елемента e_i , що задовольняє умові (4) ($e_i \in E_{\text{TO}i}^+; i = 1, \overline{E_{\text{TO}}^+}$).

Функція $c_e^+(\gamma)$ – це питома вартість експлуатації, що отримується при оптимальному значенні рівня ТО $u_{\text{TO}i}^+(\gamma)$:

$$c_e^+(\gamma) = c_e(E_{\text{TO}i}^+, u_{\text{TO}i}^+, \gamma). \quad (5)$$

Оператор 6 визначає оптимальне на поточному кроці значення коефіцієнта γ^+ , що задовольняє умові:

$$c_e^+(\gamma^+) = \min_{\gamma} c_e^+(\gamma). \quad (6)$$

Оператор 7 визначає оптимальне значення рівня ТО $u_{\text{TO}i}^{++}$:

$$u_{\text{TO}i}^{++} = u_{\text{TO}i}^+(\gamma^+). \quad (7)$$

Оператор 8 зберігає величину $u_{\text{TO}i}^{++}$ у БД, як оптимальне значення для даного кроку.

Оператор 9 визначає досягнуте в поточному кроці пошуку значення середнього наробітку на відмову об'єкта $T_0^+ = T_0(P_{\text{ATO}}^+(i))$, де $P_{\text{ATO}}^+(i) = \langle E_{\text{TO}i}^+, u_{\text{TO}i}^+, \gamma^+ \rangle$.

Оператор 10 перевіряє виконання умови $T_0^+ \geq T_0^{\text{TP}}$. Якщо умова виконується, то оператор 12, формує остаточний розв'язок:

$$P_{\text{ATO}c}^* := P_{\text{ATO}}^+(i).$$

Процес пошуку розв'язку на цьому завершується.

Якщо при виконанні оператора 9 умова $T_0^+ \geq T_0^{\text{TP}}$ не виконується, то оператор 10 перевіряє, чи всі елементи з E_{TO} вже використані. Якщо ні, та ($i < \overline{E_{\text{TO}}}$), то передає управління оператору 3 для продовження процесу пошуку розв'язку.

Оператор 13 формує оптимальні значення параметрів адаптивного ТО.

Структурна схема алгоритму розв'язання задачі (2) повністю співпадає з розглянутим алгоритмом розв'язання задачі (1), за винятком змісту операторів 4 і 5. Відмінність полягає тільки в тому, що замість критерію $\min c_e$ використовується критерій $\max K_{\text{TB}}$. Тому в операторі 4 будується графік функції $K_{\text{TB}}^+(\gamma)$, а в операторі 5 оптимальне значення визначається виходячи з умови

$$K_{\text{ТВ}}^+(\gamma^+) = \max_{\gamma} K_{\text{ТВ}}^+(\gamma). \quad (8)$$

Зміст всіх інших операторів залишається незмінним.

Висновки. У статті розв'язується задача щодо удосконалення алгоритмів оптимізації параметрів процесу ТО складного технічного об'єкта для стратегії адаптивного технічного обслуговування. Алгоритми розроблені для двох критеріїв: мінімізації питомої вартості експлуатації об'єкта, яка визначається на заданому періоді експлуатації, при забезпеченні заданої вимоги до рівня безвідмовності об'єкта; та максимізації коефіцієнта технічного використання при забезпеченні вимог до рівня безвідмовності об'єкта. Вимога щодо рівня безвідмовності об'єкта визначається заданим значенням середнього наробітку на відмову. Розроблені алгоритми засновані на застосуванні спрямованого перебору в просторі параметрів технічного обслуговування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Прогнозирование надежности сложных объектов радиоэлектронной техники и оптимизация параметров их технической эксплуатации с использованием имитационных статистических моделей / С.В. Ленков, К.Ф. Боряк, Г.В.Банзак, В.О.Браун, В.А.Осыпа, С.А.Пашков, В.Н. Цыцарев, Ю. В.Березовская. – Одесса: Изд-во «ВМВ», 2014. – 256 с.
2. Forecasting reliability of complex technology objects. Parameters optimization of their technical exploitation: [monograph] in English / Sergey Lenkov, Igor Tolok, Vadim Tsitsarev, Genadiy Zhyrov, Evgen Lenkov, Yurii Khlaponin, Bohdan Borowik; under edition S.V. Lenkov. – Poland, Bielsko-Biala: Publishing house «BEL», 2018. – 253 p.
3. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высш. школа, 1982. – 231 с.
4. Жиров Г.Б. Алгоритмічна модель процесу технічного обслуговування за станом з постійною періодичністю контролю / Г.Б. Жиров, Е.С. Ленков // Сучасна спеціальна техніка: наук-пр. журн. / Держ. Н.-д. ін.-т МВС України. – 2017. – №1(48). – С.26–29.
5. Zhyrov G. Features of modeling failures of recoverable complex technical objects with a hierarchical constructive structure / S. Lenkov, G. Zhyrov, D. Zaitsev, I. Tolok, E. Lenkov, T. Bondarenko, Y. Gunchenko, V. Zagrebnyuk, O. Antonenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – 4/4 (88). – P.34–42.
6. Жиров Г.Б. Усовершенствованная имитационная модель процесса технического обслуживания и ремонта сложного технического объекта / Г.Б. Жиров, Е.С. Ленков // Журнал Харківського національного університету Повітряних Сил імені І.Кожедуба «Системи обробки інформації». – 2017. – Вип.№ 3 (149). – С.14–18.
7. Моделі процесів витрат і поповнення ресурсу складних відновлювальних об'єктів і систем радіоелектронної техніки / К.Ф. Боряк, В.О. Браун, С.В. Ленков, О.В. Сєлюков, В.М. Цицарев. – К.: Знання України, 2008. – 267 с.
8. Жиров Г.Б. Формализованная математическая модель процесса адаптивного технического обслуживания по состоянию сложной радиоэлектронной техники / Е.С. Ленков, Г.Б. Жиров, Т.В. Бондаренко // Журнал «Інформатика та математичні методи в моделюванні». – 2016. –Т.6., №4. – С. 365–370.
9. Жиров Г.Б. Алгоритм моделювання процесів технічного обслуговування за ресурсом складних радіоелектронних об'єктів / Г.Б. Жиров // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2017. – № 57. – С. 24–30.
10. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс : пер с англ. / Б. Банди. – М. : Радио и связь, 1988. – 128 с.
11. Шуп,Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: практическое руководство: пер. с англ. / Т. Шуп. – М. : Мир, 1982. – 238 с.
12. Жиров Г.Б. Алгоритм оптимізації параметрів процесу технічного обслуговування за станом з постійною періодичністю контролю / Г.Б.Жиров, Е.С. Ленков // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2017. – № 58. – С. 7–13.

REFERENCES:

1. Lenkov S.V., Boriak, K.F., Banzak, G.V., Braun, V.O., Osypa, V.A., Pashkov, S.A., Tsysarev, V.N., Berезovskaia, Iu.V. (2014). *Prognostyrovaniye nadezhnosti slozhnykh obektov radiojelektronnoy tekhniki i*

оптимизация параметров их технической эксплуатации с использованием имитационных статистических моделей. Одесса, VMV, 256 p.

2. *Forecasting reliability of complex technology objects. Parameters optimization of their technical exploitation*: [monograph] in English / Sergey Lenkov, Igor Tolok, Vadim Tsitsarev, Genadiy Zhyrov, Evgen Lenkov, Yurii Khlapov, Bohdan Borowik; under edition S.V. Lenkov. – Poland, Bielsko-Biala: Publishing house «BEL », 2018. – 253 p. .

3. Barzilovich E.Iu. (1982). *Modeli tehnicheskogo obsluzhivaniia slozhnykh sistem*. – M.: Vyssh. shkola, 231 p.

4. Zhyrov G.B. Lenkov E.S. Algoritmichna model' protsesu tehnichnogo obslugoivuannia za stanom z postiinoiu periodichnistiu kontroliu (2017)/ *Suchasna spetsial'na tehnika: nauk-pr. zhurn. №1(48)*, pp. 26–29.

5. Lenkov S., Zhyrov G., Zaitsev D., Tolok I., Lenkov E., Bondarenko T., Gunchenko Y., Zagrebnyuk V., Antonenko O. (2017). Features of modeling failures of recoverable complex technical objects with a hierarchical constructive structure. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. № 4/4 (88)*, pp.34–42.

6. Zhiron G.B. Lenkov E.S. (2017). Uovershenstvovannaia imitatsionnaia model' protsesa tehnicheskogo obsluzhivaniia i remonta slozhnogo tehnicheskogo obekta. *Zhurnal Harkivs'kogo natsional'nogo universitetu Povitrianih Sil imeni I.Kozheduba «Sistemi obrobki informatsii»*. Vip.№ 3 (149), pp.14–18.

7. Boriak, K.F., Braun, V.O., Lenkov S.V., Sjellukov V.M., Tsitsarev, V.N. (2008). *Modeli procesiv vytrat i popovnennja resursu skladnykh vidnovljuval'nykh ob'ektiv i system radioelektronnoi' tekhniki*. – K.:Znannja Ukrainy, 267 p.

8. Zhyrov G.B., Lenkov E.S., Bondarenko T.V. (2016). Formalyzovannaja matematycheskaja model' processa adaptivnogo tehnycheskogo obsluzhyvaniya po sostojanyju slozhnoj radyoelektronnoj tekhniki / E.S. Lenkov, G.B. Zhyrov. *Zhurnal «Informatyka ta matematychni metody v modeljuvanni»*. T.6., №4, pp. 365–370.

9. Zhyrov G.B. (2017). Algoritm modeljuvannja procesiv tehnichnogo obslugoivuannja za resursom skladnykh radioelektronnykh ob'ektiv. *Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. № 57*, pp. 24–30.

10. Bandi B. (1988). *Metody optimizatsii. Vvodnyi kurs : per s angl.* M. : Radio i sviaz', 128 p.

11. Shup T. (1982). *Reshenie inzhenernykh zadach na EVM: prakticheskoe rukovodstvo*. M.: Mir, 238 p.

12. Zhyrov G.B., Lenkov E.S. (2017). Algoritm optymizatsii' parametriv procesu tehnichnogo obslugoivuannja za stanom z postijnoju periodichnistju kontrolyu. *Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. № 58*, pp. 7–13.

к.т.н., с.н.с. Жиров Г.Б.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА АДАПТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Показатели надежности и стоимости эксплуатации являются одними из показателей, которые задаются в качестве исходных при проектировании и модернизации сложных технических объектов. На величину данных показателей влияют показатели процесса технического обслуживания и ремонта. В свою очередь, процесс технического обслуживания сложного объекта практически невозможно описать аналитическими выражениями. Более целесообразно использовать имитационные и имитационные статистические модели для определения и оптимизации показателей процесса технического обслуживания с целью достижения заданных показателей надежности.

В статье предложены усовершенствованные алгоритмы оптимизации параметров процесса технического обслуживания по состоянию с адаптивной периодичностью контроля сложного технического объекта. Алгоритмы разработаны для двух критериев: минимизации удельной стоимости эксплуатации объекта, определяется на заданном периоде эксплуатации, при обеспечении требований к уровню безотказности объекта; и максимизации коэффициента технического использования при обеспечении требований к уровню безотказности объекта. Требование относительно уровня безотказности объекта определяется заданным значением средней наработки на отказ. Разработанные алгоритмы основаны на применении направленного перебора в пространстве параметров технического обслуживания.

Отличием приведенных алгоритмов заключается в использовании моделей двух параметрического и трех параметрического экспоненциального сглаживания, что позволяет более точно прогнозировать среднюю скорость деградации составных частей и элементов

сложного технического объекта.

Ключевые слова: техническое обслуживание, адаптивное техническое обслуживание по состоянию, имитационное статистическое моделирование, экспоненциальное сглаживание, показатели безотказности.

Ph.D. Zhyrov H.B.

**IMPROVED BY THE ALGORITHM OF OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF THE
ADAPTIVE MAINTENANCE PROJECT OF THE COMPLEX OBJECT**

Reliability and cost of operation are one of the indicators that are set as the starting point for designing and upgrading complex technical objects. The values of these indicators are influenced by indicators of the maintenance and repair process. In turn, the process of maintenance of a complex object is practically impossible to describe by analytical expressions. It is more expedient to use simulation and simulation statistical models to determine and optimize the indicators of the maintenance process in order to achieve the specified reliability indicators. The article proposes advanced algorithms for optimizing the parameters of the maintenance process as per the adaptive periodicity of the control of a complex technical object. The algorithms are developed for two criteria: minimization of the specific cost of operation of the object, determined at a given period of operation, while ensuring requirements to the level of failure of the facility; and maximizing the technical utilization rate while ensuring the requirements for the failure rate of the object. The requirement for the reliability of the object is determined by the set value of the average failure time. The developed algorithms are based on the application of directional overview in the space of maintenance parameters. The difference between the above algorithms consists in the use of models of two parametric and three parametric exponential smoothing, which allows more accurately predict the average speed of degradation of composite parts and elements of a complex technical object.

Keywords: maintenance, adaptive maintenance on condition, simulation statistical simulation, exponential smoothing, indicators of non-failure.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАЦІОНАРНИХ СИСТЕМ ОХОРОНИ ПЕРИМЕТРУ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ

У роботі проведено аналіз особливостей використання різноманітних систем охорони периметрів військових об'єктів. Досліджені можливості застосування стаціонарних систем охорони периметру військових об'єктів за різними фізичними властивостями. Визначено що для охорони об'єкта необхідно використання декілька різнотипних систем, можливості яких доповнюють одна одну. Технічні засоби охорони периметра повинні працювати цілодобово і щодобово у різних погодних умовах, це вимагає високого рівня захищеності як датчиків, так і каналів зв'язку.

При комплектації системи охорони периметра конкретного військового об'єкту необхідно враховувати категорію об'єкта, що підлягає охороні за допомогою технічних засобів, особливості периметра (межі об'єкта), території об'єкта, прилеглої території та рельєфу місцевості, а також спрогнозувати, хто може бути потенційним порушником (тварина, група професійних диверсантів, терорист-одинак, тощо). Необхідне також враховувати географічні і кліматичні умови. Комплектація охоронних систем військових об'єктів залежить від особливостей об'єкта та завдань, які виконуються з охорони периметру. На даний час широке застосування знайшли системи охорони об'єктів, що побудовані на основі використання сейсмічних, акустичних датчиків збору інформації.

Надано висновок що основною перевагою використання стаціонарної системи охорони периметру на основі використання сейсмічних, акустичних датчиків збору інформації є її мало помітність, відсутність або зведеність до мінімуму обслуговуючого персоналу, довготривалий час використання (до 10 років), надійність, функціонування у визначених кліматичних умовах згідно з технічними характеристиками, незалежно від умов ландшафту, рослинності, типів ґрунтів, наявності будівель, споруд тощо. Комплексне використання різноманітних систем охорони периметрів військових об'єктів з різними фізичними властивостями замість тільки одного суттєво дозволяє розширяти області використання груп цих пристроїв, що відповідно зменшує вплив природних властивостей на якісь результати вимірювання.

Ключові слова: системи охорони, периметр, військовий об'єкт датчики збору інформації.

Вступ. В час активного розвитку систем автоматизації роль людини по охороні військових та державних об'єктів зводиться до мінімуму. На заміну людини приходять сучасні, надійні засоби охорони об'єктів. Робота автоматизованих систем охорони не залежить від пори року, погоди, часу доби, умов застосування. Стаціонарні автоматизовані системи охорони об'єктів вимагають мінімум обслуговуючого персоналу та мінімум проведення робіт по обслуговуванню та налаштуванню [1, 2].

Питання охорони важливих військових та державних об'єктів є важливим і актуальним для запобігання несанкціонованого доступу на територію об'єкту що охороняється. Актуальність ролі систем охорони периметрів військових об'єктів підвищується в період ведення державою бойових дій та активізації дій розвідувальне-диверсійних підрозділів. Особливо актуально стало це питання під час проведення операцій об'єднаних сил.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, постановка задачі. В зарубіжних країнах з метою підвищення охорони об'єктів різного призначення, а також своєчасного оповіщення про пересування людей, наземної техніки в тактичній (оперативне-тактичній) глибині послідовно проводяться заходи з розробки та постачання у війська нових та модернізації тих, що знаходяться на озброєнні систем охорони периметрів військових об'єктів

У ЗС США роботи щодо вдосконаленню систем РСР і комплексів розвідувальних датчиків в період до 2020 року передбачають, вести постійну модернізацію існуючих зразків, що передбачає заміну окремих пристроїв, а також впровадження принципово нових інформаційних технологій, що розширюють їх функціональні можливості [3]. Мета таких проектів - створення повної інформаційної картини в контрольованій зоні (виявлення,

класифікація, пеленгація, супровід цілей, передача зображення та інш.). Комбінована обробка сигналів різних фізичних величин, може істотно підвищити ефективність розвідки [2, 4].

Питання дослідження можливостей застосування стаціонарної системи охорони периметру (аеродромів, військових частин, баз, складів, арсеналів тощо) являється актуальним в даний час, коли Україна залишається об'єктом агресії з боку Російської Федерації, анексією нею Автономної Республіки Крим, активною підтримкою агресором, на державному рівні, терористичних організацій «ЛНР» та «ДНР» а також активізацією діяльності розвідувально-диверсійних груп як на передових рубежах так і в тилу держави.

Мета роботи: Дослідити можливості використання різноманітних систем охорони периметрів військових об'єктів. Розкрити переваги і недоліки застосування стаціонарних систем охорони периметру військових об'єктів за різними фізичними властивостями.

Викладення основного матеріалу. У більшості своєї, для охорони об'єкта використовують декілька різнотипних систем, можливості яких доповнюють одна одну. При комплектації системи охорони периметра конкретного військового об'єкту необхідно враховувати категорію об'єкта, що підлягає охороні за допомогою технічних засобів, особливості периметра (межі об'єкта), території об'єкта, прилеглої території та рельєфу місцевості, а також спрогнозувати, хто може бути потенційним порушником (тварина, група професійних диверсантів, терорист-одинак, тощо). Необхідне також враховувати географічні і кліматичні умови. Якщо висота снігового покриву взимку може бути значною, це безсумнівно, позначиться на роботі охоронних сповіщувачів. Слід також враховувати, що влітку буде активне зростання трави, чагарників і дерев. В осені ми маємо шум дощу, весною журчання струмків.

На даний час широке застосування знайшли системи охорони об'єктів, що побудовані на основі використання сейсмічних, акустичних датчиків збору інформації. Оператори системи здійснюють прийом в одній точці сейсмічних (звукових) сигналів. Прийняті сигнали обробляються по певному математичному алгоритму, який забезпечує виявлення порушника, його ідентифікацію, відстеження за рухами порушника по кутовій координаті як зовні, так і всередині периметра що охороняється з подальшою видачою відповідного сповіщення про перетин лінії периметра, що охороняється.

Комплектація охоронних систем військових об'єктів залежить від особливостей об'єкта та завдань, які виконуються з охорони периметру. Периметром об'єкту, у даному випадку, вважається межа (об'єкту), яка охороняється [5]. Як правило, межа об'єкту це огорожа з колючого дроту, паркан з цегли або з бетону, контрольна слідча полоса, вишки спостереження, контролюємо зона примикання, тощо.

Завдання будь якої охоронної системи полягає у тому, що у разі несанкціонованого подолання охоронної зони (огорожі), або периметру поста (об'єкту), система повинна автоматично подавати сигнал тривоги, з одночасним відображенням місця скоєння порушення (з прив'язкою до місцевості), а також характеристики порушника (одиначне, групове, транспортний засіб на гумовому або на гусеничному ході, і таке інше). Внаслідок спрацювання охоронної системи служба охорони (варта) повинна отримати необхідну інформацію в масштабі реального часу про місце, кількість та можливе оснащення порушників з метою здійснення охорони (оборони) [6].

Механічні перешкоди (колюча огорожа, паркани), які ускладняють і сповільняють проникнення порушника на територію, є капітальними спорудами довгострокового користування і вони можуть бути використані для безпосереднього розміщення і маскування вібраційних сейсмічних датчиків. Система відео спостереження, у тому числі у інфрачервоному (ІЧ) діапазоні, дозволяє виключити помилкову тривогу і побачити справжню її причину. Наприклад, сейсмоакустичні комплекси реєструють порушення, а оптичні засоби спостереження допомагають уточнити його характер.

Оскільки технічні засоби охорони периметра повинні працювати цілодобово і щодобово у різних погодних умовах, це вимагає високого рівня захищеності як датчиків, так і каналів зв'язку. Наявність поблизу об'єкта що охороняється автомобільних трас з конкретним

трафіком руху, залізничного полотна з конкретним розкладом руху потягів, аеродрому (аеропорту) є джерелом сильних перешкод, може серйозно впливати на коректну роботу сейсмоакустичних датчиків високої чутливості, маскувати сигнали від порушників. Крім того, особливості рельєфу, топографія об'єкту, види навколишньої рослинності, наявність поблизу периметра ліній електропередачі, трубопроводів, кабельних ліній, шляхів міграції тварин формують окремі вимоги до параметрів охоронних систем [7].

Стационарні системи охорони периметру широко поширені і відомі. Вони розраховані на тривале (не менше 10 років) сигналізаційне блокування рубежів об'єктів, кордонів держав. В даний час, в країнах НАТО застосовується більш 100 типів систем з різними принципами виявлення цілей. Це сейсмічні, акустичні, магнітні, електромагнітні, інфрачервоні, тепловізійні, радіолокаційні, телевізійні, лазерні, фотоелементні, ємнісні, вібраційні, комбіновані і тому подібні системи [3].

Перші приховані системи охорони периметра об'єктів, призначені для виявлення озброєних порушників і диверсантів, були розроблені в США на початку 70-х років в рамках військової програми BISS. З деяким запізненням аналогічні розробки почалися в Ізраїлі, Великобританії і в СРСР. В результаті досліджень і випробувань фізичних принципів виявлення були визначені наступні найбільш перспективні типи маскуємих засобів виявлення:

- сейсмічні засоби виявлення, які засновані на реєстрації сейсмічних хвиль в ґрунті, викликаних порушником;

- магнітометричні засоби виявлення, які засновані на реєстрації низькочастотних змін магнітного поля в зоні виявлення, викликаних феромагнітними (металевими) предметами у порушників;

- радіохвильові, засновані на ефекті лінії витікаючої хвилі (ЛВХ).

Сейсмічні і магнітометричні засоби виявлення є пасивними за способом дії. Радіохвильові засоби виявлення є активними за способом дії, оскільки формують об'ємну електромагнітну зону. Пасивні засоби виявлення більшою мірою задовольняють умові скритності (радіомаскування), мають менший рівень енергоспоживання і вартість. Активні засоби виявлення мають більшу завадостійкість та більшу розподільчу здатність.

Під час нещодавніх військових конфліктів, міська зона зайняла переважне місце. Дослідження були ініційовані в національних та міжнародних програмах з метою стимулювання технічних нововведень для цих конкретних сценаріїв. Наприклад, спільні польові експерименти були організовані групою НАТО SET-142 для оцінки можливостей виявлення та локалізації снайперів, мінометів або артилерійських знарядь з використанням акустичних пристроїв. Інша важлива оперативна потреба відповідає охороні військових об'єктів або будівель. У цьому контексті, безопераційні акустичні та сейсмічні датчики передбачають сприяти обстеженню конкретних точок шляхом виявлення наближення солдатів ворога. Шляхи, мова та деякі специфічні імпульсні звуки виявляються на різних відстанях від джерела. Такі алгоритми виявлення можуть бути легко об'єднані з існуючими алгоритмами виявлення озброєння, щоб забезпечити більш ранню систему раннього попередження "акустична система бою" [3].

За зарубіжними даними, погонна орієнтовна вартість обладнання кордону активними засобами виявлення що маскуються становить від 80 до 150 \$/м, пасивним - від 35 до 50 \$/м. Периметрові магнітометричні засоби виявлення призначені для сигналізаційного блокування рубежу від вторгнення практично всіх порушників, виключаючи так званих «магніт чистих диверсантів».

Для сейсмічних засобів виявлення обмежень на «магнітну чистоту» немає. Тому вважається, що вони «універсальні» для виявлення будь-яких класів об'єктів, що пересуваються по поверхні землі. Однак в зоні промислового і житлового будівництва вони фактично непрацездатні. Існують і кліматичні обмеження (наприклад, глибокий сніг), коли їх здатність виявлення мінімальна. Сейсмоакустичні системи охорони периметру військових об'єктів (командних пунктів, баз та складів боєприпасів і паливно-мастильних матеріалів,

аеродромів, полігонів тощо), займають окреме місце у складі охоронних систем. Особливістю військових об'єктів являється те, що територія, що охороняється, як правило, має велику протяжність периметру, а вартість сейсмоакустичних датчиків достатньо велика. Відповідно сейсмоакустичні охоронні сповіщувачі повинні перекривати великі ділянки (від 30 до 500 метрів на один сповіщувач), що формує високі вимоги до чутливості датчиків та алгоритмів апроксимації сигналів і інтерполяції даних між окремими датчиками.

Сейсмоакустичні системи, що використовують природні поля, володіють наступними перевагами [8].

По-перше, вони забезпечують стійке автоматичне функціонування:

в складних метеоумовах (дощ, сніг, туман);

в умовах поганої оптичної видимості (ніч);

в напрямках на джерела яскравого світла (сонце);

в умовах сильної задимлене та запилення;

в умовах порізаного рельєфу місцевості (пагорби, гірські перевали, ущелини, русла річок та інше);

при малій швидкості польоту або зависанні вертольоту.

По-друге, сейсмоакустичні системи мають повну скритність, так як не формують зондуєчи сигнали, що дозволяють визначити їх наявність і місце розташування. Це виключає їх завчасне виявлення та обхід зони їх дії. Найважливішим якістю цих систем є збереження працездатності в умовах сучасного радіоелектронного приглушення.

По-третє, такі системи мають малі габарити, низьке енергоспоживання і краще за інших систем (радіолокаційних, оптико-електронних) відповідають критеріям «ефективність - вартість».

У табл. 1 зведена інформація про сейсмічні засоби охорони, яка визначає їх функціональні особливості та обмеження на умови застосування.

Таблиця 1

Особливості сейсмічних засобів охорони периметру об'єкту

Варіанти і умови працездатності	Функціональні особливості застосування
Варіанти застосування сейсмоакустичних комплексів, які віддалені від джерел сейсмічного шуму	Уздовж комунікацій енерго-, водо-, тепло - постачання; військові бази, склади, в'язниці, військові та прикордонні пости і об'єкти, державний кордон; об'єкти нафтогазового
Варіанти неможливості або небажаності встановлення сейсмоакустичних комплексів	Під залізничним полотном і поблизу автобанів, під тротуаром, в зоні роботи будівельних механізмів, поруч зі стовпами і опорами ЛЕП, в сипучих пісках, в болотах, поблизу вируючих
Несприятливі зовнішні умови, що зменшують здатність сейсмоакустичних комплексів визначати порушника	Грунт, який промерзає на глибину встановлення датчиків, глибокий сніг; наст снігу, який витримує вагу людини, «спечений» під сонцем глинистий ґрунт, сильний вітер в сукупності з
Несприятливі природні явища, які можуть бути джерелами помилкових(хибних)тривог	Великі і середні тварини, тварини що риють нори, коріння дерев, постійні урагани і бурі, землетрус, гроза створює електромагнітні та акустичні перешкоди, сильний прибій на узбережжі, зсуви
Несприятливі промислові умови, які можуть бути джерелами помилкових(хибних)тривог	Активний автомобільний рух, стовпи освітлювальні і ліній зв'язку, опори ЛЕП, підземні магістральні трубопроводи (газ, нафта, вода); прилеглі кабельні ЛЕП.

Варіанти і умови працездатності	Функціональні особливості застосування
Несприятливі експлуатаційні фактори	Руйнування захисної оболонки датчиків в кислотних або лужних ґрунтах, скельний ґрунт з гострим камінням, вплив гризунів.
Інженерні можливості збільшення завадостійкості	Обнесення зони, що охороняється загородженням, що перешкоджає активності тварин і риття іригаційних каналів для відводу води, зменшення дії хвиль прибою хвилеломами.
Можливість подолання зони, що охороняється порушником	Побудова «моста» над датчиками, імітація ходьби великої тварини, маскування сигналів просування монотонним сейсмічним шумом

Усі сейсмоакустичні системи є виробами, які вимагають кваліфікованого монтажу і довгої настройки в умовах території, яка підлягає охороні. У тому числі запису корисних сигналів в базу даних для формування сейсмічного «вигляду» порушника, дослідження майданчика охорони на предмет виявлення підземних комунікацій і ліній зв'язку, занесення їх в базу даних фоновий сейсмічний шум. Однак подальша експлуатація і багаторічна живучість сейсмоакустичних систем дозволяє багаторазово компенсувати понесені витрати.

Для оптимального розміщення сейсмодатчиків і сейсмоліній, необхідний попередній моніторинг сейсмічного шуму в даній зоні. Спектр сейсмічних корисних сигналів від людини (поверхневі хвилі) лежить в основному в діапазоні частот 5 - 50 Гц, причому зі збільшенням швидкості руху максимум (~6-8 Гц при $U=0,3-0,5$ м/с) зміщується в бік більш високих частот. Вторгнення групи порушників характеризується розширенням спектра до 80 - 100 Гц з максимумом в районі 10 Гц. Спектр сейсмосигналів від тварин, як правило, ширше і вкрай нерівномірний, з характерними максимумами. Спектр транспортної перешкоди, як правило, перекриває всю область корисних сигналів без характерних максимумів, проте фронт наростання і убуття транспортної перешкоди менш інтенсивний.

Цікаво відзначити, що діапазон реєстрованих частот 5-20 Гц зрушають в область низьких частот з метою зменшення залежності ТТХ від сезонно- геологічних умов [9].

У виробі «PSICON» (Geoquip, Великобританія), при великому енергоспоживанні (6 Вт) упор зроблений на обробку сигналів за принципом розпізнавання образів шляхом порівняння сигналів з сигнатурами, що зберігаються в базі даних. Засіб «самонавчається» безпосередньо на об'єкті. Незважаючи на ускладнений «хард і софт», напрацювання на помилкову тривогу не перевищує 200-250 годин. Чотири сейсмолінії (по 16 геофонів у кожній на відстані 3 м) забезпечують блокування до 200 м периметра з високою ймовірністю виявлення (більше 0,95). З появою потужних мікропроцесорів і методів цифрової обробки сигналів інтерес до чутливого елемента типу сейсмолінії виходить на новий рівень, перш за все, в результаті доступності геофонів хорошої якості.

Крім того, є можливість виготовлення сейсмокоси з недорогих п'єзодатчиків, які, поступаючи геофонам в чутливості в області низьких частот, виграють у вартості та надійності [10]. Ймовірність виявлення диверсійної розвідувальної групи (ДРГ) сейсмокоси з п'єзодатчиків нижче, ніж з геофонів, а стійкість вище. До недоліків п'єзодатчиків слід віднести велику потужність енергоспоживання (понад 3 Вт). До переваг - відносно низьку вартість. Дані недоліки (знижена чутливість, велика споживана потужність - до 2 Вт, відсутність «інтелектуального» алгоритму і цифрової фільтрації) характерні для ССОП «Годограф-СМ-С-1» (НІКІРЕТ, Росія).

Власне кажучи, заглиблення датчиків застосовують багато розробників. Периметрові комбіновані сейсмо-магнітометричні засоби виявлення «MILES» або «TR-299G» (Honeywell, США) засновано на ефекті магнітострикції в м'якому магнітному сердечнику, який оточує багатовиткова обмотка диференціального типу. Засіб широко застосовується для охорони військово-повітряних баз НАТО, і хоча з моменту його появи пройшло близько 30 років, є

недоступним на комерційному ринку. Для усунення впливу поверхневої рослинності при вітри чутливий елемент довжиною до 200 м заглиблюється на глибину $\sim 35 \pm 10$ см. При цьому забезпечується ширина зони виявлення 70-110 см, в діапазоні частот понад 5 Гц. Діапазон нижче 3 Гц використовується для магнітометричного виявлення феромагнітних мас у порушника [11].

Одним з найбільш перспективних перетворювачів сейсмічних сигналів є волоконно-оптичний датчик, який реєструє кінцеву зміну параметрів світлового випромінювання (фаза, спектр, просторовий розподіл), що проходить по оптоволокну, під дією сейсмічних хвиль від порушника. Основними його перевагами є «несприйнятливість» до електромагнітних і радіочастотних перешкод, а також повне електромагнітне маскування. Одномодові оптоволоконні засоби виявлення (діаметр серцевини волокна 8- 9 мкм) можуть мати довжину чутливого елемента до 60 км, в межах якої за допомогою оптичного кільцевого інтерферометра визначається місце порушення (деформації волоконно-оптичного кабелю) з похибкою не гірше 100 м.

Робота волоконно-оптичних систем, чутливий елемент яких може бути прокладений однолинейно, заснована на методах розпізнавання образів, в тому числі на нейронно-мережових рішеннях, порівняння сигнатур по базі даних, гнучкої адаптації системи. Найбільшу ефективність такі системи мають при охороні трубопроводів і продуктопроводів від диверсії і врізки, коли подія порушення характеризується сейсмічним впливом. Для закачування світла в одномодове волокно, як правило, використовується лазер з довжиною хвилі 1300 нм, а для реєстрації випромінювання на виході - фотодіод типу InGaAs.

Необхідне відзначити, що оптоволоконні охоронні системи активно розвиваються. Так, система FD-205 (FFS, США) застосовується для охорони аеропортів, військових об'єктів, в'язниць, об'єктів нафтогазового комплексу. Оптоволоконні системи компанії TSS (Ізраїль) застосовуються для охорони підходів до газових терміналів і АЕС.

Основне «ноу-хау» розробників оптоволоконних систем світового рівня представляють алгоритми обробки інформації з використанням методів розпізнавання образів, штучного інтелекту, що дозволяє застосовувати їх для охорони протяжних об'єктів (лінії електропередачі, газопроводи) загороджень на кордонах і підходів до них. Їх ефективність особливо висока в місцях, де ймовірність промерзання близька до нуля [12].

Таким чином, сейсмічні охоронні системи з розподіленими і лінійними (наприклад оптоволоконними) чутливими елементами в порівнянні з точковими сейсmodатчиками мають кращі ТТХ, а вимоги до їх монтажу і пуско-наладження менш жорсткі ніж в разі сейсмоліній. З іншого боку, система на точкових сейсmodатчиках дозволяє дистанційно керувати чутливістю і порогом спрацьовування, дозволяє створювати сейсмічні антени просторової локації, «вчитати шуми».

Гідравлічні (манометрические) охоронні системи, незважаючи на дуже високу чутливість, що дозволяє реєструвати порушника в умовах глибокого снігу, можна вважати застарілими в силу незадовільних експлуатаційних характеристик.

У наборі засобів виявлення сейсмічні датчики, як правило, є базовими, оскільки вони є повністю маскуємими. Оскільки на болотистих ґрунтах і сипучих пісках сейсмічні датчики непрацездатні, а акустичні датчики мають низьку завадостійкість, системи охорони комплектуються засобами відеоспостереження. ІЧ-пасивна система охорони визначає напрямок переміщення цілей по послідовної появи в подвійному куту зору (до 3 градусів). Його чутливий елемент (ЧЕ), як правило, побудований на основі зведеного диференціального піроелектрика. Засіб непрацездатний в гущі рослинності, в сильний туман, в снігопад, при сильному дощі.

Магнітометрична система охорони (СО), незважаючи на те, що суттєво поступається за здатності виявляти іншим засобам, включається до складу СО, оскільки її здатність виявляти не залежить від кліматичних умов, забезпечує відокремлення від перешкод, викликаних тваринами, і достовірно визначає напрямок переміщення порушника, використовуючи принцип монотонного обертання вектору наведеного магнітного поля [13].

Інші засоби виявлення рідше включаються до складу систем охорони об'єктів з тактичних обмежень. Наприклад, для радіотехнічних систем охорони - це відсутність радіомаскування. Для провідне обірваних систем охорони - це низькі основні ТТХ. Лазерні променеві датчики, забезпечують дальністю виявлення до 500 м, працюють від 9- вольтові батарейки до 60 дБ, однак вимагають «чистого» поля зору і провідної лінії зв'язку [14, 15].

Однак, незважаючи на істотне зменшення масових габаритів і споживаної потужності, основні ТТХ датчиків, досягнуті на початку 80-х років, практично не змінилися. Це обумовлено фізичними обмеженнями процесу пасивного виявлення на фоні шуму (наприклад, мікросейсми - для сейсмічного), а також з огляду на різке зменшення корисного сигналу при видаленні порушника.

Основними тенденціями розвитку систем охорони об'єктів є: використання однотипних радіоканалів для інтеграції різних систем охорони; застосування спеціалізованих потужних мікропроцесорів; мікромініатюризація засобів виявлення; розширення призначеного для користувача інтерфейсу.

Основні тактичні характеристики існуючих систем охорони об'єктів [16]:

Система CLASSIC 2000 (фірма Thales, Франція). Система використовується в 42 країнах світу, включаючи 12 країн, що входять до складу НАТО. Сейсмічний датчик системи забезпечує виявлення людини в діапазоні від 1 до 80 метрів, а легкової машини – до 250 метрів;

Система REMBASS II (фірма L - 3 Communications - East, США). Система знаходиться на озброєнні сил спеціальних операцій, сухопутних військ і військово-повітряних сил США і Ізраїлю, успішно застосовувалася в Іраку і Афганістані. Комплексний датчик системи, що має сейсмічний і акустичний канали, забезпечує виявлення людини на дальності до 75 метрів, вантажного автомобіля - до 250 метрів, гусеничної машини - до 350 метрів;

Система Improved Air Delivered Sensor (IADS) (фірма Northrop Grumman Electronic Systems sector - ATE/Simulation, США), забезпечує виявлення як наземних, так і повітряних об'єктів. Наступний варіант системи IADS II додатково забезпечуватиме вимір координат і розпізнавання об'єктів;

Система SEMAG (фірма Hirtenberger AG, Австрія). Система включає сейсмічні і магнітометричні датчики і застосовується для виявлення танків і управління мінами. Ця система є прикладом широкого класу систем управління мінами і мінними полями.

Британська переносна система дистанційного спостереження Tobias має вагу без батарей живлення 6,35 кг і 80 сейсмічних датчиків (вага кожного 0,075 кг), що сполучаються дротами. Дальність виявлення людини, що рухається, до 300 метрів, а сама система перекриває простір радіусом 2,4 км.

На озброєнні Росії знаходиться комплекс розвідувальне - сигналізаційних засобів 1K18 "Реалія", який призначений для дистанційного виявлення пересування особового складу - до 70м., та техніка -до 500м. у тилу супротивника і на границях вірогідного зіткнення з ним та передачі відомостей про виявлені об'єкти по радіоканалу по пристроях прийому і відображення інформації в масштабі часі, близькому до реального. Малогабаритний розвідувальне-сигналізаційної апаратури 1K124 "Табун" призначений для дистанційного виявлення пересування особового складу - до 50м. та техніки - до 200м.

Тактична автоматизована система безпеки TASS, прийнята центром електронних систем (ESC) США в 1995 році. До неї входять сейсмічні, магнітні, інфрачервоні активні та пасивні датчики, а також лопушки у вигляді натягнутої дроту. Сигнали датчиків після аналого-цифрового перетворення та координування потрапляють в передавач у діапазоні 138-153 МГц з вихідною потужністю 1 Вт. Система має вихід через персональний комп'ютер на інтерфейс з іншими каналами зв'язку – телефонними та супутниковими (що дозволяє приймати сигнал в усіх точках земної кулі). Система датчиків розрахована на виявлення людини в русі на відстані не менше 50 м. (за умови дощу - 300 м), людину що повзе - 250 м (200 м) и транспортний засіб- 1000 м (800 м). Максимальна дальність дії при відповідних умовах може сягати 1500 м.

На сьогодні в Україні існують акустичні системи дистанційної розвідки (наприклад “Трембіта М” та “Трімбіта БІС”). Як показує практика, наявність єдиного фізичного принципу дії для побудови датчика, накладає суттєве обмеження на область його застосування.

На підставі аналізу досвіду використання систем охорони периметру в збройних силах іноземних держав можна зробити висновок, що стаціонарні системи охорони важливих військових об’єктів в збройних силах іноземних держав користуються великою популярністю.

Висновки:

1. Підбор комплекту систем для охорони периметру військових об’єктів залежить від місця розташування військового об’єкту, особливостей об’єкта та завдань, які виконуються з охорони периметру.

2. Основною перевагою використання стаціонарної системи охорони периметру є її мало помітність, відсутність або зведеність до мінімуму обслуговуючого персоналу, довготривалий час використання (до 10 років), надійність, функціонування у визначених кліматичних умовах згідно з технічними характеристиками, незалежно від умов ландшафту, рослинності, типів ґрунтів, наявності будівель, споруд тощо.

3. Комплексне використання різноманітних систем охорони периметрів військових об’єктів з різними фізичними властивостями замість тільки одного суттєво дозволяє розширяти області використання груп цих пристроїв, що відповідно зменшує вплив природних властивостей на якісь результатів вимірювання.

4. Найбільшою перевагою використовуються стаціонарні сейсмоакустичні системи охорони периметру військових об’єктів (командних пунктів, баз та складів боєприпасів і паливно-мастильних матеріалів, аеродромів, полігонів тощо), що повинна функціонувати цілодобово в усі пори року.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Введенский Б.С. Оборудование для охраны периметров / М.: “Мир безопасности”, 2002, 112с.
2. Звездинский С.С. Проблема выбора периметровых средств обнаружения // М: Специальная Техника. - 2002. - №4. - с. 36-41.
3. Ерохин Е.И., Чабанов В.А. Современные средства воздушной разведки и наблюдения США. Научно-техн. информация. Сер. Авиационные системы. – М.: НИЦ ГосНИИАС. 2014. №6. С. 18-35.
4. Барабанов А. Д. Совершенствование разведки в интересах применения высокоточного оружия. Военная мысль. 2003. №11. С. 28-31.
5. Введенский Б.С. Современные системы охраны периметров. Часть 1 // Специальная техника, 1999. № 3. С. 24-29.
6. 5. Введенский Б.С. Современные системы охраны периметров Часть 3 // Специальная техника, 1999. № 5. С. 39-46.
7. Иванов В.А. Результаты оценки действия дестабилизирующих факторов на средства обнаружения из состава территориально распределённых систем охраны // Радиотехника, 2008. № 3. С. 5-12.
8. Нікіфоров М.М., Пампуха І.В., Лоза В.М., Щербіна С.В. Особливості використання автоматизованого сейсмоакустичного комплексу за допомогою комбінованого способу виявлення об’єктів Геофізичний журнал. Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України. 2018 - №6, т. 40 арк.150-158
9. Двойрис Л.И., Геращенко В.А. Формирование признакового пространства сейсмических сигналов в частотной области // Радиотехника, 2010. № 2. С. 90-92.
10. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики / Под ред. В.М. Шарапова. – Москва: Техносфера, 2006. – 632 с.
11. Звездинский С.С. Быстроразвертываемые средства обнаружения и системы охранной сигнализации [Электронный ресурс] // Специальная техника. – 2003. – № 5. – Режим доступа: http://ess.ru/publications/5_2003/zveginsky/zveginsky.htm.
12. Иванченко А., Красовский В. Распределенные волоконно-оптические системы для охраны периметра: перспективные технологии // Алгоритм безопасности. – 2003. – № 4. – С. 48-50.
13. Звездинский С.С., Ларин А.И. Периметровые магнитометрические средства обнаружения // Специальная техника. 2001. № 4, С.8-14.

14. Пат. 62673 Україна, МПК G08B 13/00 Імпульсний лазерний оптичний бар'єр охорони периметра / Зав'ялов В.В.; заявник і власник Зав'ялов В.В., заяв. 08.02.11; опуб. 12.09.11., Бюл. №17.
15. Браїловський В.В. Система охорони на світлових променях видимого діапазону / В.В. Браїловський, І.В. Пислар // Тези доп. науково-технічної конф. "Проблеми електроніки та інфокомунікаційних систем". – Львів (Україна). – 2013. – С.60.
16. Нікіфоров М.М., Жиров Г.Б., Пампуха І.В. Можливості інтегрованої системи пасивного моніторингу простору в умовах застосування високоточної зброї // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К., 2016. №54. С.55-62.

REFERENCES:

1. Vvedenskij, B.S.(2002) *Oborudovanie dlya ohrany perimetrov* Moskva. "Mir bezopasnosti", 2002, 112s.
2. Zvezhinskij, S.S. *Problema vibora perimetrovih sredstv obnaruzheniya* Moskva. *Specialnaya Tehnika*. - 2002. - №4. - s. 36-41.
3. Erohin, E.I., Chabanov, V.A., (2014) *Sovremennye sredstva vozduшной razvedki i nablyudeniya USA*. [Modern means of aerial reconnaissance and surveillance of the USA.]. *Nauchno-tekhn. informatsiya*. Ser. *Aviatsionnye sistemy*. Minsk. no 6, pp. 18-35.
4. Barabanov, A. D., (2003) *Sovershenstvovanie razvedki v interesah primeneniya vysokotochnogo oruzhiya*. [Improvement of intelligence in the interests of the use of precision weapons.] *Voennaya mysl'*. no 11, pp. 28-31.
5. Vvedenskiy, B.S. (1999) *Sovremennye sistemy okhrany perimetrov*. [Modern perimeter security systems.] *Chast' 1 Spetsial'naya tekhnika*. No. 3, pp. 24-29.
6. Vvedenskiy, B.S. (1999) *Sovremennye sistemy okhrany perimetrov*. [Modern perimeter security systems.] *Chast' 3 Spetsial'naya tekhnika*. No. 5, pp. 39-46.
7. Yvanov, V.A. (2008) *Rezultaty otsenki dejstviya destabiliziruyushchikh faktorov na sredstva obnaruzheniya yz sostava territoriyal'no raspredelennykh sistem okhrany* [The results of the evaluation of the destabilizing factors on the means of detection from the composition of geographically distributed security systems] *Radyotekhnika*, . No. 3, pp. 5-12.
8. Nikiforov, M.M., Pampukha, I.V., Loza, V.M., Scherbina, S.V. (2018) *Osoblyvosti vykorystannia avtomatyzovanoho sejsmoakustychnoho kompleksu za dopomohoiu kombinovanoho sposobu vyavleniia ob'ektiv* [Peculiarities of the automation of the automated seismic acoustic complex for the addition of the combined method of exploration.] *Heofizychnyj zhurnal. Ukrainy*. No. 6, t. 40 , pp.150-158
9. Dvojrys, L.Y., Heraschenkov, V.A. (2010) *Formirovaniye pryznakovoho prostranstva sejsmycheskykh sygnalov v chastotnoj oblasti* [Formation of the attribute space of seismic signals in the frequency domain.] *Radyotekhnika*, 2010. No. 2. pp. 90-92.
10. Sharapov, V.M., Musyenko, M.P., Sharapova, E.V. (2006) *P'ezoelektrycheskiye datchiky* [Piezoelectric Sensors.] Moskva: Tekhnosfera, 632 P.
11. Zvezhynskiy, S.S. (2003) *Bystrorazvertyvaemye sredstva obnaruzheniya y sistemy okhrannozykh sygnalyzatsyy* [Quick-deployable detection tools and alarm systems.] *Elektronnyy resurs. Spetsial'naya tekhnika*. No.5. *Rezhym dostupu do resursu*: <http://ess.ru/publications> 25 March 2019.
12. Yvanchenko, A., Krasovskiy, V. (2003) *Raspredelenn'ie volokonno-opticheskiye sistemy dlia okhrany perimetra: perspektivnye tekhnologii* [Distribution fiber-optic systems for perimeter security: advanced technologies.] *Alhorytm bezopasnosti* No. 4 pp. 48-50.
13. Zvezhynskiy, S.S., Laryn, A.Y. (2001) *Perimetrov'ie magnitometrycheskiye sredstva obnaruzheniya* [Perimeter Magnetometric Detection Aids.] *Spetsial'naya tekhnika*. No.4, pp.8-14.
14. Пат. 62673 Україна, МПК G08B 13/00 Імпульсний лазерний оптичний бар'єр охорони периметра [Impulse Laser Optical Bar `Ohr and perimeter.] Зав'ялов В.В., заяв. 08.02.11; опуб. 12.09.11., Бюл. L, No.17.
15. Brailovskiy, V.V., Pyslar, I.V. (2013) *Systema okhorony na svitlovykh promeniakh vydyimoho diapazonu* [The system of okhoron on the bright exchanges of the visible to the range] *Tezy dop. naukovotekhnichnoi konf. "Problemy elektroniky ta infokomunikatsiynykh system"*. – L'viv (Ukraina). 60 P.
16. Nikiforov, M.M., Zhyrov, H.B., Pampukha, I.V. (2016) *Mozhlyvosti intehrovanoi systemy pasyvnoho monitorinhu prostoru v umovakh zastosuvannia vysokotochnoi zbroi*. [Mozhlyvost integrovanoy system and passive monitoring it openness in the minds of zasobotnochno otbrotochno rybrobya] *Zbirnyk naukovykh prats' Vijs'kovoho instytutu Kyivs'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*. No 54, pp.55-62.

FEATURES OF USE OF STATIONARY SYSTEMS PROTECTION OF THE PERIMETER OF MILITARY OBJECTS

The analysis of the peculiarities of the use of various systems of protection of perimeters of military objects is carried out. Possibilities of application of stationary systems of perimeter security of military objects under different physical properties are investigated. It is determined that for protection of an object it is necessary to use several different types of systems, the possibilities of which complement each other. Technical means of perimeter security should work around the clock and every day in different weather conditions, which requires a high level of protection both for sensors and communication channels. When completing the perimeter security system of a specific military object, it is necessary to take into account the category of object subject to protection by means of technical means, peculiarities of the perimeter (boundaries of the object), the territory of the object, adjacent territory and terrain, and also to predict who may be a potential offender (an animal, a group of professional saboteurs, a terrorist, a single, etc.). It is also necessary to take into account geographical and climatic conditions. Complex of security systems of military objects depends on the features of the object and the tasks performed from the protection of the perimeter. At present, systems of protection of objects constructed on the basis of the use of seismic, acoustic sensors of information gathering have been widespread. It is suggested that the main advantage of using a stationary perimeter security system based on the use of seismic acoustic sensors for collecting information is its low visibility, lack or minimization of maintenance staff, long-term use (up to 10 years), reliability, operation under certain climatic conditions in accordance with technical characteristics, regardless of the conditions of the landscape, vegetation, types of soils, the availability of buildings, structures, etc. The complex use of various systems of protection of perimeters of military objects with different physical properties instead of only one substantially allows us to expand the areas of use of groups of these devices, which accordingly reduces the influence of natural properties on some measurement results.

Keywords: security systems, perimeter, military object, sensors of information gathering.

к.воен.н. Никифоров Н.Н.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ ОХРАНЫ ПЕРИМЕТРА ВОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В работе проведен анализ особенностей использования различных систем охраны периметров военных объектов. Исследованы возможности применения стационарных систем охраны периметра военных объектов по разным физическими свойствами. Определено, что для охраны объекта необходимо использование несколько разнотипных систем, возможности которых дополняют друг друга. Технические средства охраны периметра должны работать круглосуточно в различных погодных условиях, это требует высокого уровня защищенности как датчиков, так и каналов связи. При комплектации системы охраны периметра конкретного военного объекта необходимо учитывать категорию объекта, подлежащего охране с помощью технических средств, особенности периметра (границы объекта), территории объекта, прилегающей территории и рельефа местности, а также спрогнозировать, кто может быть потенциальным нарушителем (животное, группа профессиональных диверсантов, террорист-одиночка и т.д.). Необходимо также учитывать географические и климатические условия. Комплектация охранных систем военных объектов зависит от особенностей объекта и задач, которые выполняются с охраны периметра. В настоящее время широкое применение нашли системы охраны объектов, которые построены на основе использования сейсмических, акустических датчиков сбора информации. Дано заключение что основным преимуществом использования стационарной системы охраны периметра на основе использования сейсмических, акустических датчиков сбора информации является ее мало заметность, отсутствие или сведено к минимуму обслуживающий персонал, длительное время использования (до 10 лет), надежность, функционирование в определенных климатических условиях согласно техническим характеристикам, независимость от условий ландшафта, растительности, типов почв, наличия зданий, сооружений. Комплексное использование различных систем охраны периметров военных объектов с различными физическими свойствами вместо только одного существенно позволяет расширять области применения групп этих устройств, соответственно уменьшает влияние природных свойств на качество результатов измерения.

Ключевые слова: системы охраны, периметр, военный объект, датчики сбора информации.

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДУ ІНДЕКСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ПІДНЕСУЧИХ OFDM ДЛЯ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНИХ КАНАЛІВ СИСТЕМ БЕЗПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

У статті обґрунтовано вибір варіанту упаковки біт, групування піднесучих, оптимального розміру субблоку та кількості активних піднесучих, об'єму модуляційного ансамблю сигналів для методу ортогонально-частотно-індексної модуляції OFDM-IM.

Проведений аналіз показав, що однією з основних задач сучасних військових систем безпроводового зв'язку є якісна реалізація об'ємних інформаційних мультимедійних додатків. Забезпечення високих показників надійності та швидкості передачі інформації в реальних безпроводових каналах зв'язку ускладнюється через частотно-селективні завмирання і доплерівський зсув частот. Перспективним засобом боротьби з міжсимвольною інтерференцією, викликану частотною селективністю багатопроменевого каналу, є технологія ортогонального ущільнення з частотним розподілом OFDM. Забезпечуючи достатньо високий ступінь використання каналу за смугою частот, OFDM потребує удосконалення в частині підвищення енергетичної та подальшого зростання спектральної ефективності. Введення додаткових вимірів передачі в рамках широкого класу схем з індексною модуляцією IM дозволяє одночасно підвищити спектральну та енергетичну ефективність системи передачі. Метод OFDM-IM є більш завадостійким порівняно з класичним OFDM. Крім значного енергетичного виграшу завдяки індексуванню піднесучих OFDM, метод також дозволяє отримати виграш і за показниками спектральної ефективності.

У результаті проведених досліджень розроблено рекомендації для підвищення ефективності схеми OFDM-IM: в якості варіанту упаковки біт слід застосовувати таблиці відповідності з розміром субблоку $n \leq 8$ та ансамблями сигналів невеликого об'єму $M = 2, 4$, оскільки при $M = n \geq 16$ завадостійкість методу OFDM-IM знижується, а виграш за показниками спектральної ефективності зникає.

Ключові слова: індексна модуляція, оптимізація, мультиплексування з ортогональним частотним розподілом каналів, завадостійкість, спектральна ефективність.

Вступ та постановка задачі в загальному вигляді. Сучасні військові системи безпроводового зв'язку (СБЗ) повинні забезпечувати високі показники завадостійкості та швидкості передачі засекреченої інформації, в тому числі і якісну реалізацію об'ємних інформаційних мультимедійних додатків. Усе це вимагає підвищення інформаційної ефективності СБЗ шляхом наближення пропускнуєї спроможності каналів безпроводового зв'язку до теоретичних меж. В умовах обмеженості частотно-енергетичного та просторового ресурсів вискоефективне використання реальних безпроводових каналів суттєво ускладнюється через частотно-селективні завмирання (*frequency-selective fading*) та фазову нестаціонарність сигналів, викликану мобільністю абонентських пристроїв, а також динамічним переміщенням пунктів та органів військового управління.

Протягом останнього десятиліття використання багаточастотної передачі стало ключовою технологією для забезпечення високошвидкісного широкосмугового доступу та мобільного зв'язку в реальних каналах з частотною селективністю. Ортогональне частотне мультиплексування (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM*) характеризується підвищеною стійкістю до багатопроменевого поширення сигналу та забезпечує низький рівень міжсимвольної інтерференції (*Inter-Symbol Interference, ISI*) завдяки перетворенню широкосмугового частотно-селективного каналу в множину вузькосмугових підканалів з амплітудними завмираннями. Використання багатопозиційних сигналів фазової (*Phase Shift Keying, M-PSK*) або квадратурно-амплітудної модуляції (*Quadrature Amplitude Modulation, M-QAM*) кожної піднесучої забезпечує високу спектральну ефективність (СЕ) систем з OFDM (M – розмір ансамблю сигналів, $M = 2, 4, 8, 16, 64, \dots$). Такий метод модуляції з багатьма піднесучими розглядається як достатньо конкуруюча альтернатива при розробці мереж мобільного зв'язку нового покоління 5G і вже став невід'ємною частиною практично всіх

стандартів безпроводового зв'язку та цифрового телебачення: *LTE*, *WiMAX IEEE 802.16*, *WiFi IEEE 802.11n* та *DVB* [1, 2]. У той же час, технологія *OFDM* є чутливою до фазової нестаціонарності сигналу, оскільки через порушення ортогональності піднесучих внаслідок доплерівського зсуву частот та інших випадкових фазових флуктуацій виникає міжканальна інтерференція (*Inter-Channel Interference, ICI*). Крім того, *OFDM* має високе відношення пікової до середньої потужності радіосигналу (*Peak to Average Power Ratio – PAPR*).

Забезпечуючи достатньо високий ступінь використання каналу за смугою частот (СЕ), *OFDM* потребує удосконалення в частині підвищення енергетичної ефективності (ЕЕ) та подальшого зростання СЕ. Для класу релєвських частотно-селективних каналів найбільш привабливим є метод індексної частотної модуляції піднесучих *OFDM*, що дозволяє одночасно підвищити надійність та швидкість передачі інформації за рахунок введення додаткового частотного виміру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод індексної частотної модуляції піднесучих *OFDM-IM* [3] належить до широкого класу схем з індексною модуляцією (*Index Modulation, IM*) [4, 5], в яких реалізація неявного інформаційно-керованого механізму перемикавання стану активності допоміжних блоків передачі дозволяє до них приєднувати певну частину загального потоку біт. Принцип роботи схеми модуляції з додатковим частотним виміром полягає в передачі інформації не тільки за рахунок комплексних *M-PSK/QAM*-символів, а й індексами активних піднесучих, які активуються в залежності від вхідного потоку інформаційних біт [6]. У порівнянні з класичною *OFDM*, її індексний варіант є більш завадостійким для СЕ 1 – 4 біт/с/Гц [3]. Підвищення СЕ в *OFDM-IM* досягається додатковими індексними бітами, отриманими завдяки наборам активації піднесучих. Основна відмінність схеми *OFDM-IM* порівняно зі звичайною *OFDM* полягає в тому, що у фреймах *OFDM* присутні нульові елементи, позиції яких також несуть інформацію. Деактивація частини піднесучих одночасно дозволяє також зменшити *PAPR* та *ICI*.

Протягом кількох останніх років концепція індексної модуляції піднесучих *OFDM* (*Subcarrier Index Modulation, SIM*) привернула значну увагу дослідників у галузі телекомунікацій [7, 8]. Удосконалений алгоритм визначення активності піднесучих для схем *OFDM* з *SIM* наведено в [9]. Кілька форм узагальнення *OFDM-IM* зі збільшеною кількістю наборів активації піднесучих та індексуванням синфазної та квадратурної складових піднесучих запропоновано в [10, 11]. У [12] проаналізовано завадостійкість *OFDM-IM* з координатним переміщенням та отриманий додатковий енергетичний вииграш (ЕВ) від рознесення піднесучих (*Coordinate Interleaving OFDM-IM, CI-OFDM-IM*). У [13] метод *OFDM-IM* адаптовано для функціонування «розумних» самокерованих транспортних засобів за технологією (*Vehicle-to-Infrastructure, V2X*). Окремим випадком *OFDM-IM* є схема *OFDM-IM-WSAO* (*With Subcarrier Activation Only*), в якій передача інформації здійснюється лише активацією піднесучих, без *PSK/QAM*-модуляції [3]. У [14] та [15] досліджено проблему вибору оптимальної кількості активних піднесучих, проте це завдання є лише частковим вирішенням завдання структурно-параметричної оптимізації методу *OFDM-IM*.

Метою даної статті є обґрунтування вибору методу упаковки біт, групування піднесучих, оптимального розміру субблоку та кількості активних піднесучих, об'єму модуляційного ансамблю сигналів для методу ортогонально-частотно-індексної модуляції.

Викладення основного матеріалу. Принцип роботи індексної модуляції піднесучих *OFDM* та призначення кожного блоку детально описано в [3, 16]. Структурна схема *OFDM-IM* зображена на рис. 1.

Спектральна ефективність методу *OFDM-IM*:

$$\beta = \frac{m}{N + L} = \frac{pG}{N + L} = \frac{(p_1 + p_2)G}{N + L}, \quad (1)$$

де m – загальна кількість інформаційних біт, N – загальна кількість піднесучих в *OFDM* (розмір вікна зворотнього / швидкого перетворення Фур'є 3/ШПФ, *Inverse / Fast Fourier*

Transformation, I / FFT), L – довжина циклічного префіксу *CP* (*Cyclic Prefix*), G – кількість субблоків (груп по p біт).

Перших p_1 біт визначаються за формулою:

$$p_1 = \left\lfloor \log_2 C \binom{n}{k} \right\rfloor, \quad (2)$$

де n – довжина субблоку (кількість доступних піднесучих *OFDM* в кожному субблоці), k – кількість активних піднесучих в субблоці, $C \binom{n}{k}$ – можливі комбінації активності, $1 \leq k < n$, $\lfloor x \rfloor$ – найбільше ціле $n \leq x$. Решта p_2 біт упаковується з символами ансамблю сигналів, що модулюють k піднесучих з активними індексами:

$$p_2 = k \log_2 M. \quad (3)$$

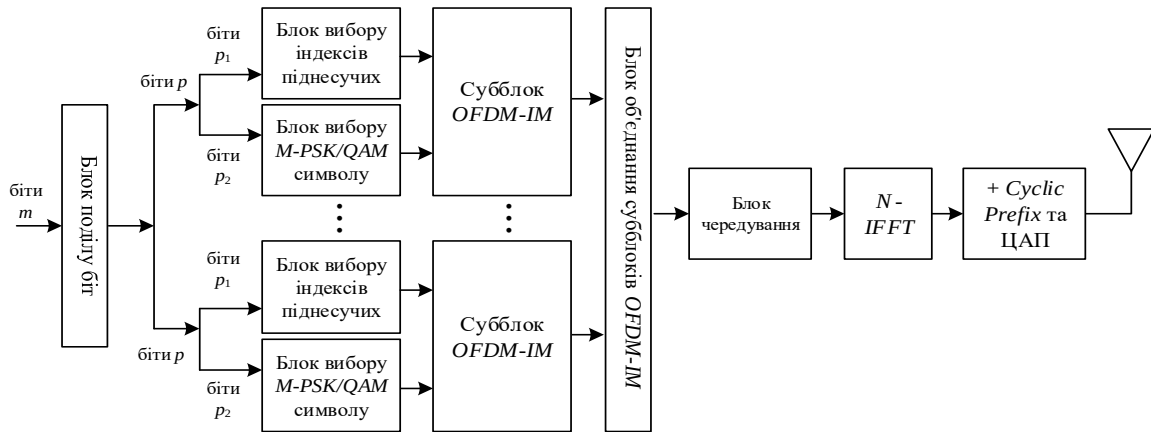


Рисунок 1 – Структурна схема *OFDM-IM*

Слід зауважити, що при $k = n$ (активовано всі піднесучі) класична *OFDM* стає ще одним частковим випадком *OFDM-IM*. Через те, що у схемі *OFDM-IM* символи, що передаються на неактивних піднесучих дорівнюють нулю (інформація на них не передається), втрата загальної кількості переданих даних компенсується передачею додаткових біт в індексному домені блоку *OFDM*.

Кількість переданих субблоків визначається так:

$$G = \frac{N}{n}. \quad (4)$$

Поділ загального потоку m біт на групи є важливим, оскільки при $G = 1$, $n = N$ визначення можливих комбінацій активації піднесучих стає складною або майже не вирішуваною задачею, оскільки в сучасних стандартах безпроводового зв'язку вікно ШПФ може приймати дуже великі значення: $N = 256, 512, 1024, 2048 \dots$. Тому для реалізації *OFDM-IM*, одиночний та масивний блок має бути поділений на G менших та операбельних субблоків, кожен з яких містить n піднесучих. Це дозволяє спростити процедуру вибору індексів на передачі та процес детектування на приймальній стороні. Типовими значеннями N є цілі степені двійки: 2^f , $f = 1, 2, \dots, 11$. Довжина *CP* повинна бути більшою, ніж коефіцієнт розсіювання (багатоприменовості). Зазвичай, в залежності від якості каналу, $L = 1/4, 1/8, 1/16$

або $1/32$ від тривалості OFDM-фрейму.

Застосування різних методів упаковки біт та відповідних їм типів детекторів

Процедура вибору k активних піднесучих з n доступних у субблоці реалізується за двома різними принципами [3]:

1. На основі таблиць відповідності.

Таблиці відповідності – дуже ефективний та простий метод упаковки біт, проте його неможливо застосувати при великих значеннях n і k , оскільки розмір таблиці C стає надвеликим, і її неможливо обробити, зберегти, оперувати нею через недостатню швидкодію цифрових процесорів обробки сигналів (ЦПОС), малий об'єм пам'яті оперативних (ОЗП) чи постійних запам'ятовуючих пристроїв (ПЗП). Створення таблиць відповідності, їх збереження та звернення до них у процесі передачі інформації можливе при $n \leq 8$ [3].

Перевагою цього методу упаковки біт є можливість застосування детектора максимальної правдоподібності ML (*Maximum Likelihood Detection*), оскільки таблиця відповідності відома на приймальній стороні. Детектор ML формує оцінки всіх варіантів реалізації субблоків для всіх можливих комбінацій індексів піднесучих OFDM та переданих символів ансамблю сигналів на кожній піднесучій. Складність такого детектора зростає експоненційно, тому його застосування стає неможливим при великих значеннях n та k . Для спрощеної реалізації схеми з OFDM-IM можливе застосування субоптимального ML детектора. Експоненційну складність декодування класичного ML детектора можна зменшити завдяки використанню спеціального детектора логарифмічної правдоподібності LLR (*Log-Likelihood Detector*) сумісно з таблицями відповідності. Спрощений ML детектор обчислює відповідні LLR суми для кожної можливої комбінації індексів із заздалегідь складеної таблиці відповідності, а потім визначає найбільш схожу комбінацію.

2. Метод комбінаторики.

Цей варіант упаковки біт застосовується при $n \geq 16$ [3]. Для великих значень C та застосуванні комбінаторного методу упаковки біт використовуються виключно субоптимальні методи детектування, детально описані та проаналізовані в [3]. Слід зазначити, що застосування LLR детектора без таблиць відповідності може привести до збою, оскільки приймач не здатний визначити активні індекси, якщо вони не використовувались передавачем.

Відомо, що із загальної кількості можливих комбінацій активації піднесучих $C \binom{n}{k}$ використовується лише 2^{P_1} наборів.

Незважаючи на те, що спрощений ML та LLR детектори належать до класу субоптимальних, їх ефективність може бути дуже близькою до детектування за принципом максимальної правдоподібності [3]. Складність детектора LLR не відрізняється від складності класичного OFDM детектора.

Перемішування груп піднесучих

Дослідження [6] показали, що декореляція піднесучих у блоках та чередування блоків відіграє ключову роль для наближення до пропускнуєї спроможності каналу, оскільки канальні коефіцієнти для кожної піднесучої у такому випадку є статистично незалежними при будь-якому SNR для PSK/QAM-модуляції. Для класичної OFDM перемішування практично не впливає на ефективність системи; у той же час, OFDM-IM з локалізованою компоновкою програє перемішаній до 3 дБ.

Блок чередування у схемі OFDM-IM забезпечує перемішане розміщення груп піднесучих. При відсутності цього блоку групування буде локалізованим, що призведе до зниження максимальної швидкості передачі інформації. Слід зауважити, що вид групування піднесучих відомий і передавачу, і приймачу. Відмінності перемішаної та локалізованої (звичайної) компоновки зображено на рис. 2, а їх ефективність проаналізовано в [6].

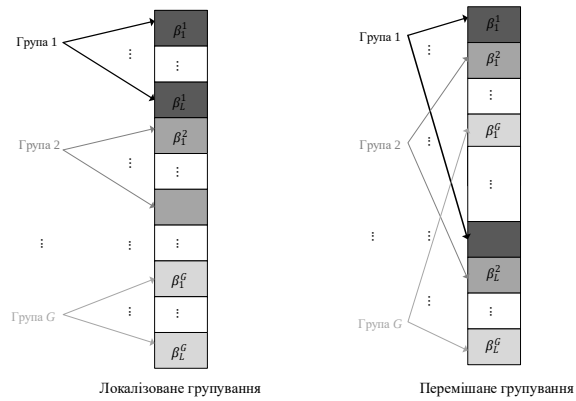


Рисунок 2 – Принципи перемішаного та локалізованого групування [6]

Вибір оптимального розміру субблоку, об'єму ансамблю сигналів та оптимальної кількості активних піднесучих у субблоці схеми OFDM-IM

Результати теоретичних досліджень та імітаційного моделювання [6] показують, що для досягнення максимальних показників швидкості передачі інформації при великих $SNR > 20$ дБ у схемі з індексною модуляцією піднесучих доцільно активувати $k = n - 1$ піднесучих. При середніх $10 < SNR < 20$ дБ слід обирати неактивними пару піднесучих, тоді $k = n - 2$. У випадку активації невеликої кількості піднесучих, ентропія є надто малою, тому схема з OFDM-IM програє класичній схемі OFDM за показниками СЕ. Також класична OFDM показує кращу завадостійкість при $SNR < 10$ дБ, оскільки у складній завадовій обстановці помилки виникають і при детектуванні індексів, і при декодуванні символів комплексного ансамблю сигналів.

При дослідженні поведінки індексної та класичної схем OFDM (без CP), за умови що $n = 2$, $k = 1$, BPSK та $n = 4$, $k = 3$, QPSK схеми OFDM-IM та OFDM мають однакову СЕ (1 та 2 біт/с/Гц, відповідно). При цьому, в разі перемішаного групування, вигреш від використання IM складає 3 та 2 дБ, відповідно, що є важливим фактором для мобільних абонентів з обмеженим енергетичним ресурсом. Така поведінка є очікуваною, оскільки при максимальній незалежності каналів, розрізнити набори активації піднесучих стає простіше.

Унікальною є комбінація $n = 8$, $k = 3$, BPSK, при якій OFDM-IM та OFDM мають однакову СЕ 1 біт/с/Гц. При цьому, енергетичний вигреш завдяки індексній модуляції EB_{IM} в OFDM-IM складає 5 дБ для $P_{пом} < 10^{-4}$. При $n = 8$, $k = 3$ неможливо здійснити обмін EB_{IM} на підвищення СЕ на 1 біт/с/Гц шляхом збільшення розміру ансамблю сигналу до QPSK, оскільки набір $n = 8$, $k = 3$, QPSK є неоптимальним та призведе до втрати 31% СЕ порівняно з класичною OFDM, QPSK (СЕ = 2 біт/с/Гц). При $k = 4, 5, 6, 7$, BPSK, метод OFDM-IM, крім EB_{IM} , також дає вигреш за показником СЕ на 0,25 біт/с/Гц, порівняно з класичною OFDM. Очевидно, що активувати половину піднесучих у субблоці ($k = n / 2 = 4$) ефективніше, ніж активувати $k = 5 - 7$ піднесучих для досягнення однакової СЕ, з міркувань завадостійкості, а також для зменшення пік-фактора PAPR.

Також, слід розглянути цікаві випадки:

1) $n = 8$, $k = 7$, QPSK, при якому метод OFDM-IM переважає класичну OFDM за показниками СЕ на 0,125 біт/с/Гц.

2) $n = 16$, QPSK, при якому СЕ методу OFDM-IM не відрізняється від СЕ класичної OFDM, при $k = 10$ та 14, та дорівнює 2 біт/с/Гц. При $k = 11, 12$ та 15 має місце вигреш за СЕ 0,125 біт/с/Гц завдяки IM. При $k = 13$ є вигреш за СЕ 0,1875 біт/с/Гц.

3) $n = 16$, $k = 15$, 16-QAM, при якому СЕ OFDM-IM не відрізняється від СЕ класичної OFDM, та дорівнює 4 біт/с/Гц. При цьому, за умов хорошої енергетики каналу, також доцільніше активувати $k = n - 1$ піднесучих (не всі, тобто IM) та отримати EB_{IM} 1 дБ.

Для більших розмірів ансамблю сигналів (≥ 64 -QAM) та субблоків ($n > 16$) спостерігається втрата ефективності OFDM-IM зі зменшенням виграшу від застосування IM:

- втрачається можливість застосовувати таблиці відповідності на передачі (є необхідність використання законів комбінаторики);

- неможливе застосування детектора максимальної правдоподібності, оскільки немає зразків з таблиць відповідності для порівняння, а відсоток невикористовуваних наборів активації надто великий;

- класична *OFDM* переважає *OFDM-IM* за СЕ, оскільки активуються не всі піднесучі: $k < n$, і все більшої ваги в загальну СЕ вносить саме розмір ансамблю сигналів, а не індексний домен.

Ще одним підтвердженням недоцільності використання субблоків великого розміру є наступний приклад. Для 16-QAM, $n = 16$, $k = 15$, СЕ = 4 біт/с/Гц. Для 16-QAM, $n = 32$, $k = 16$ СЕ = 2,91 біт/с/Гц (втрата 27% СЕ у порівнянні з класичною *OFDM*). Якщо ж, враховуючи рекомендації, обрати $k = n - 1 = 31$, отримаємо СЕ = 4,03 біт/с/Гц, що складає вигравш 0,75% за показником СЕ. При цьому, для 16-QAM втрата ЕЕ схеми *OFDM-IM* з $n = 32$, $k = 31$ (детектування 5 (п'яти) індексних біт комбінацій активованих піднесучих *OFDM*) порівняно з $n = 16$, $k = 15$ (детектування 4 (чотирьох) індексних біт) значно перевищить незначний вигравш за СЕ першої схеми.

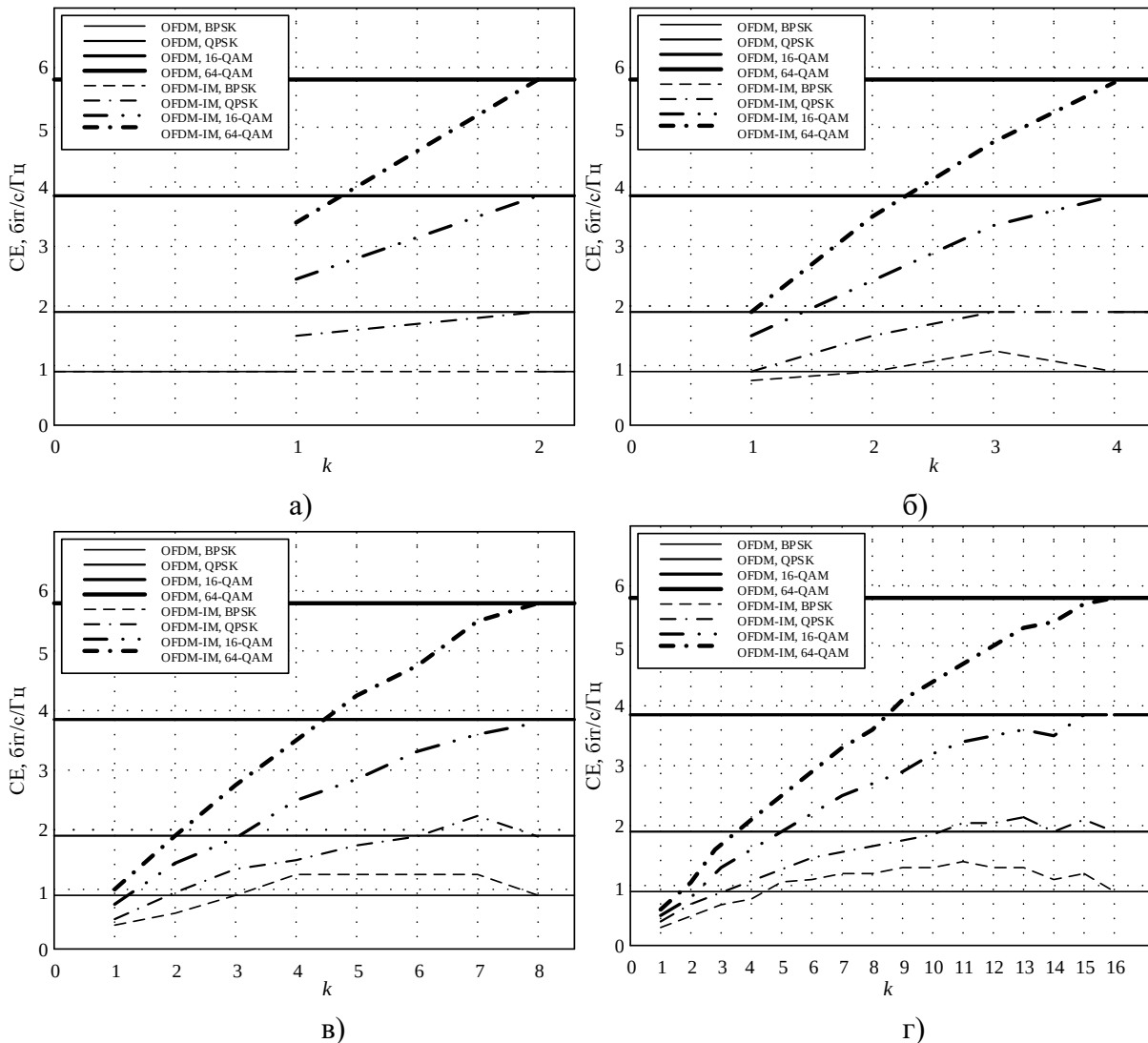


Рисунок 3 – Порівняння спектральної ефективності *OFDM-IM* та класичної *OFDM* для різних ансамблів сигналів та кількості активних піднесучих k , при $N = 1024$, а) $n = 2$; б) $n = 4$; в) $n = 8$; г) $n = 16$. Втрата 4% СЕ на графіках пов'язана з наявністю захисного інтервалу $CP = 32$

Очевидно, що втрату СЕ (рис. 3, (а-г)) через виключення декількох піднесучих з процесу передачі інформації при використанні багатопозиційних ансамблів сигналів не завжди можна компенсувати кількістю індексних біт активації піднесучих *OFDM*. Схема *OFDM-IM* із *M-QAM*, $M \geq 16$, $k < n$ взагалі не досягає СЕ класичної *OFDM* для будь-яких комбінацій (n, k) , за винятком розглянутого вище виняткового випадку $n = 32$, $k = 31$, 16-QAM. При $n = 4, 8, 16$ вигреш у СЕ (до 0,44 біт/с/Гц) спостерігається лише при застосуванні *BPSK*. Зауважимо, що при *BPSK* приріст СЕ 0,4375 біт/с/Гц досягається при $n = 16$, $k = 11$. Однак при цьому із-за великої кількості можливих комбінацій (4368), виникає необхідність застосування комбінаторного методу активації піднесучих та субоптимального детектування, що означає значну втрату ЕЕ. При $n = 8, 16$ вигреш у СЕ (0,125 біт/с/Гц) є при застосуванні *QPSK*.

У деяких випадках, застосування *OFDM-IM* є енергетично ефективнішим у порівнянні з класичною *OFDM*. $ЕВ_{IM}$, отриманий для різних ансамблів сигналів та комбінацій (n, k) , не підлягає обміну на підвищення СЕ за рахунок переходу на вищий формат модуляції. Спроба такого обміну призведе до втрати СЕ, оскільки для кожного ансамблю сигналів оптимальні комбінації (n, k) не співпадають.

Результати власних досліджень та виснажливих пошуків оптимального розміру субблоку, об'єму ансамблю сигналів та кількості активних піднесучих у субблоці схеми *OFDM-IM* показали, що для кожного *M-PSK*, *QAM* є кілька наборів (n, k) , що дають вигреш за СЕ та / або $ЕВ_{IM}$. Такі набори з їх перевагами наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Оптимальні комбінації *OFDM-IM* з отриманим енергетичним вигрешем та /або вигрешем за показниками спектральної ефективності для різних розмірів ансамблів сигналів

Ансамбль сигналів	Комбінації <i>OFDM-IM</i>	Вигреш за СЕ, порівняно з класичною <i>OFDM</i> , біт/с/Гц	$ЕВ_{IM}$, порівняно з класичною <i>OFDM</i> , дБ
<i>BPSK</i>	$n = 2, k = 1$	0	2,2
	$n = 4, k = 2$	0	6
	$n = 4, k = 3$	0,25	4,9
	$n = 8, k = 4$	0,25	3,8
<i>QPSK</i>	$n = 4, k = 3$	0	2
	$n = 8, k = 7$	0,125	1,7
16-QAM	$n = 16, k = 15$	0	0,8

Слід зазначити, що класична *OFDM* не є гнучкою з погляду СЕ та неспроможна забезпечити СЕ 1,25 чи 2,125 біт/с/Гц, на відміну *OFDM-IM*, тому отриманий $ЕВ_{IM}$ оцінювався із погляду забезпечення приблизно рівних СЕ схем, що порівнюються.

Висновки. Таким чином, метод ортогонально-частотно-індексної модуляції *OFDM-IM* дозволяє здійснити надійну передачу інформації в безпроводових каналах зв'язку з частотно-селективними завадами та є більш завадостійким порівняно з класичною *OFDM*. Крім значного енергетичного вигрешу завдяки індексуванню піднесучих *OFDM*, метод одночасно дозволяє отримати вигреш і за показниками спектральної ефективності. Для цього слід виключити з передачі одну-дві (у виняткових випадках – чотири) піднесучих k із загальної кількості в субблоці n .

З урахуванням можливостей сучасних цифрових процесорів обробки сигналів, в якості методу упаковки біт слід застосовувати таблиці відповідності з розміром субблоку $n \leq 8$ та ансамблями сигналів *BPSK* (*QPSK*), оскільки при $M = n \geq 16$ завадостійкість методу *OFDM-IM* знижується, а вигреш у СЕ зникає.

У разі необхідності забезпечити високі показники СЕ (більше 4 біт/с/Гц) слід застосовувати багатоантенні системи в режимі мультиплексування (неортогональне просторово-часове кодування) в рамках різних варіантів схем *MIMO-OFDM-IM* [16-20]. У складній завадовій обстановці для отримання СЕ до 4 біт/с/Гц слід поєднати методи

ортогонального просторово-часового кодування та ортогонально-частотно-індексної модуляції.

Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка методу просторово-часового блочного кодування з індексною модуляцією піднесучих *OFDM* для частотно-селективних та нестационарних каналів безпроводового зв'язку в рамках єдиної сигнально-кодової конструкції *STBC-OFDM-IM*.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Hanzo L., Akhtman Y.(J.), Wang L., Jiang M. MIMO-OFDM for LTE, WiFi and WiMax. Coherent versus Non-coherent and Cooperative Turbo-transceivers. – UK: J.W.S. 2011. – 658 с.
2. ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-06) Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.
3. Basar E., Aygolu U., Erdal P., Poor V. Orthogonal Frequency Division Multiplexing with Index Modulation. IEEE transactions on signal processing. 2013.
4. Basar E., Wen M., Mesleh R., Renzo M., Xiao Y., Haas H. Index Modulation Techniques for Next-Generation Wireless Networks. Special section on index modulation techniques for next-generation wireless networks. IEEE Access, vol. 5, pp. 16693 – 16746, 2017.
5. Cheng X., Zhang M., Wen M., Yang L. Index Modulation for 5G: Striving to Do More with Less. IEEE Wireless Communications, vol. 25, issue 2, pp. 126 - 132, April 2018.
6. Wen M., Cheng X., Ma M., Jiao B., Poor V. On the achievable rate of OFDM with index modulation. IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 64, no. 8, pp. 1919-1932, Apr. 2016.
7. Abu-alhiga R., Haas H. Subcarrier-index modulation OFDM. IEEE Int. Symp. Personal, Indoor, Mobile Radio Communications. (PIMRC), Tokyo, Japan, Sep. 2009, pp. 177–181.
8. Tsonev D., Sinanovic S., Haas H. Enhanced subcarrier index modulation (SIM) OFDM. IEEE Global Communications Conf. (GLOBECOM), Houston, USA, Dec. 2011, pp. 728–732.
9. He Q., Schmeink A. A Better Decision Rule for OFDM with Subcarrier Index Modulation. WSA 2017; 21th International ITG Workshop on Smart Antennas.
10. Fan R., Yu Y.J., Guan Y.L. Generalization of orthogonal frequency division multiplexing with index modulation. IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 14, no. 10, pp. 5350-5359, Oct. 2015.
11. Deepika M.J., Subhas C. Generalized Schemes of Orthogonal Frequency Division Multiplexing with Index Modulation. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), volume 3, issue 9, Sep. 2016.
12. Basar E. OFDM with index modulation using coordinate interleaving. IEEE Wireless Communications Letter, vol. 4, no. 4, pp. 381–384, Aug. 2015.
13. Cheng X., Wen M., Yang L., Li Y. Index modulated OFDM with interleaved grouping for V2X communications. IEEE Int. Conf. Intellig. Transportation Systems, Oct. 2014, pp. 1097–1104.
14. Wen M., Cheng X., Yang L. Optimizing the energy efficiency of OFDM with index modulation. IEEE Int. Conf. Communications Systems, Nov. 2014, pp. 31–35.
15. Li W., Zhao H., Zhang C., Zhao L., Wang R. Generalized selecting sub-carrier modulation scheme in OFDM system. IEEE Int. Conf. Communications. Workshops, Jun. 2014, pp. 907–911.
16. Basar E. Index modulation techniques for 5G wireless networks. IEEE Communications Magazine, vol. 54, no. 7, pp. 168–175, Jul. 2016.
17. Basar E. Multiple-input multiple-output OFDM with index modulation. IEEE Signal Processing Letters, vol. 22, no. 12, pp. 2259–2263, Dec. 2015.
18. Basar E. On multiple-input multiple-output OFDM with index modulation for next generation wireless networks. IEEE Trans. Signal. Proc., vol. 64, no. 15, pp. 3868-3878, Aug. 2016.
19. Datta T., Eshwaraiah H. S., Chockalingam A. Generalized space-and-frequency index modulation. IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 65, no. 7, pp. 4911-4924, July 2016.
20. Chakrapani B., Narasimhan T.L., Chockalingam A. Generalized Space-Frequency Index Modulation: Low-Complexity Encoding and Detection. IEEE Transactions on Signal Process. 2015.

REFERENCES:

1. Hanzo L., Akhtman Y.(J.), Wang L., Jiang M. MIMO-OFDM for LTE, WiFi and WiMax. Coherent versus Non-coherent and Cooperative Turbo-transceivers. – UK: J.W.S. 2011. – 658 с.
2. ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-06) Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.

3. Basar E., Aygolu U., Erdal P., Poor V. Orthogonal Frequency Division Multiplexing with Index Modulation. IEEE transactions on signal processing. 2013.
4. Basar E., Wen M., Mesleh R., Renzo M., Xiao Y., Haas H. Index Modulation Techniques for Next-Generation Wireless Networks. Special section on index modulation techniques for next-generation wireless networks. IEEE Access, vol. 5, pp. 16693 – 16746, 2017.
5. Cheng X., Zhang M., Wen M., Yang L. Index Modulation for 5G: Striving to Do More with Less. IEEE Wireless Communications, vol. 25, issue 2, pp. 126 - 132, April 2018.
6. Wen M., Cheng X., Ma M., Jiao B., Poor V. On the achievable rate of OFDM with index modulation. IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 64, no. 8, pp. 1919-1932, Apr. 2016.
7. Abu-alhiga R., Haas H. Subcarrier-index modulation OFDM. IEEE Int. Symp. Personal, Indoor, Mobile Radio Communications. (PIMRC), Tokyo, Japan, Sep. 2009, pp. 177–181.
8. Tsonev D., Sinanovic S., Haas H. Enhanced subcarrier index modulation (SIM) OFDM. IEEE Global Communications Conf. (GLOBECOM), Houston, USA, Dec. 2011, pp. 728–732.
9. He Q., Schmeink A. A Better Decision Rule for OFDM with Subcarrier Index Modulation. WSA 2017; 21th International ITG Workshop on Smart Antennas.
10. Fan R., Yu Y.J., Guan Y.L. Generalization of orthogonal frequency division multiplexing with index modulation. IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 14, no. 10, pp. 5350-5359, Oct. 2015.
11. Deepika M.J., Subhas C. Generalized Schemes of Orthogonal Frequency Division Multiplexing with Index Modulation. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), volume 3, issue 9, Sep. 2016.
12. Basar E. OFDM with index modulation using coordinate interleaving. IEEE Wireless Communications Letter, vol. 4, no. 4, pp. 381–384, Aug. 2015.
13. Cheng X., Wen M., Yang L., Li Y. Index modulated OFDM with interleaved grouping for V2X communications. IEEE Int. Conf. Intellig. Transportation Systems, Oct. 2014, pp. 1097–1104.
14. Wen M., Cheng X., Yang L. Optimizing the energy efficiency of OFDM with index modulation. IEEE Int. Conf. Communications Systems, Nov. 2014, pp. 31–35.
15. Li W., Zhao H., Zhang C., Zhao L., Wang R. Generalized selecting sub-carrier modulation scheme in OFDM system. IEEE Int. Conf. Communications. Workshops, Jun. 2014, pp. 907–911.
16. Basar E. Index modulation techniques for 5G wireless networks. IEEE Communications Magazine, vol. 54, no. 7, pp. 168–175, Jul. 2016.
17. Basar E. Multiple-input multiple-output OFDM with index modulation. IEEE Signal Processing Letters, vol. 22, no. 12, pp. 2259–2263, Dec. 2015.
18. Basar E. On multiple-input multiple-output OFDM with index modulation for next generation wireless networks. IEEE Trans. Signal. Proc., vol. 64, no. 15, pp. 3868-3878, Aug. 2016.
19. Datta T., Eshwaraiah H. S., Chockalingam A. Generalized space-and-frequency index modulation. IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 65, no. 7, pp. 4911-4924, July 2016.
20. Chakrapani B., Narasimhan T.L., Chockalingam A. Generalized Space-Frequency Index Modulation: Low-Complexity Encoding and Detection. IEEE Transactions on Signal Process. 2015.

Солодовник В.И.

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ИНДЕКСНОЙ МОДУЛЯЦИИ ПОДНЕСУЩИХ OFDM ДЛЯ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ КАНАЛОВ СИСТЕМ БЕЗПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

В статье обоснован выбор варианта упаковки бит, группирования поднесущих, оптимального размера субблока и количества активных поднесущих, объема модуляционного ансамбля сигналов для метода ортогонально-частотно-индексной модуляции OFDM-IM.

Проведенный анализ показал, что одной из основных задач современных военных систем беспроводной связи является качественная реализация объемных информационных мультимедийных приложений. Обеспечение высоких показателей надежности и скорости передачи информации в реальных беспроводных каналах связи усложняется из-за частотно-селективных замираний и доплеровского сдвига частот. Перспективным средством борьбы с межсимвольной интерференцией, вызванной частотной селективностью многолучевого канала, является технология ортогонального уплотнения с частотным разделением OFDM. Обеспечивая достаточно высокую степень использования канала по полосе частот, OFDM требует усовершенствования в части повышения энергетической и дальнейшего роста спектральной эффективности. Введение дополнительных измерений передачи в рамках широкого класса схем с

индексной модуляцией ИМ позволяет одновременно повысить спектральную и энергетическую эффективность системы передачи. Метод OFDM-ИМ является более помехоустойчивым сравнительно с классическим OFDM. Кроме значительного энергетического выигрыша благодаря индексированию поднесущих OFDM, метод также позволяет получить выигрыш и по показателям спектральной эффективности.

В результате проведенных исследований разработаны рекомендации для повышения эффективности схемы OFDM-ИМ: в качестве варианта упаковки бит следует применять таблицы соответствия с размером субблока $n \leq 8$ и ансамблями сигналов небольшого объема $M = 2, 4$, поскольку при $M = n \geq 16$ помехоустойчивость метода OFDM-ИМ снижается, а выигрыш по показателям спектральной эффективности исчезает.

Ключевые слова: индексная модуляция, оптимизация, мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов, помехоустойчивость, спектральная эффективность.

Solodovnick V.I.

STRUCTURAL-PARAMETRIC OPTIMIZATION OF THE OFDM SUBCARRIER INDEX MODULATION METHOD FOR FREQUENCY-SELECTIVE CHANNELS OF WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

The article substantiates the selection of the variant of packing bits, grouping subcarriers, optimal sub-block size and the number of active subcarriers, the signal constellation size for the orthogonal-frequency-index modulation OFDM-IM method.

The conducted analysis showed that one of the main tasks of modern military systems of wireless communication is the qualitative realization of bulky information multimedia applications. Frequency selective fading and Doppler frequency shift complicate ensuring high reliability and speed of information transmission in real wireless communication channels. A promising mean for combating inter-symbol interference caused by the frequency selectivity of a multipath channel is the orthogonal frequency division multiplexing OFDM technology. Providing a fairly high bandwidth usage, OFDM needs improving in terms of increasing energy and further increasing spectral efficiency. The additional transmission entities within a wide class of index modulation IM schemes give an opportunity to increase simultaneously the spectral and energy efficiency of the transmission system. The OFDM-IM method is more noise-immune comparing to classical OFDM. In addition to a significant energy gain due to the OFDM subcarriers indexing, the method also gives higher achievable rates.

As a result of the conducted research, some recommendations have been developed to improve the effectiveness of the OFDM-IM scheme. As the variant of packing bits, the look-up tables with the size of sub-block $n \leq 8$ and small signal constellation size ($M = 2, 4$) should be used. This is because the noise-immunity of the OFDM-IM method with $M = n \geq 16$ decreases, and the gain in terms of spectral efficiency disappears.

Keywords: index modulation, optimization, orthogonal frequency division multiplexing, noise-immunity, spectral efficiency.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ ЗА РАХУНОК АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ

У роботі розкрито ряд проблемних питань автоматизації процесів управління військами та підвищення рівня управління за рахунок впровадження геоінформаційної та спеціальної інформаційної складової в процес управління військами. Питання підвищення ефективності управління військами на найближчу перспективу є одним з найбільш важливих і пріоритетних у розвитку системи управління Збройних Сил України.

Підвищення якості і ефективності функціонування системи управління можна досягнути шляхом автоматизації управління, що, в свою чергу, впливає на підвищення бойової ефективності військ (сил). У сучасних умовах значною мірою зросли обсяги і різноманітність даних, які використовуються при плануванні, організації та проведенні військових операцій. Склад інформації, необхідної органам управління і штабам в процесі їх діяльності, постійно доповнюється різними видами даних. У порівнянні зі ЗС провідних країн світу теперішній стан забезпечення ЗС України інформацією про місцевість і об'єкти на ній характеризується недостатнім використанням величезних можливостей інформаційних технологій в процесах створення і обробки геопросторової інформації. Постійне збільшення об'єму потрібної інформації та зменшення часу на прийняття рішення обумовлює актуальність задачі, для вирішення якої необхідно розробляти геоінформаційні системи військового призначення, які є невід'ємною частиною сучасних автоматизованих систем управління військами та зброєю, і використовувати їх при плануванні та управлінні бойовими діями частин і підрозділів ЗС.

Реалізація процесу автоматизації управління військами потребує використання єдиної геоінформаційної основи та спеціалізованих програмних продуктів геопросторової обробки даних.

Ключові слова: система управління, цикл бойового управління, електронні карти, планування, робота штабів, інформаційний обмін.

Постановка задачі. Питання підвищення ефективності управління військами на найближчу перспективу є одним з найбільш важливих і пріоритетних у розвитку системи управління Збройних Сил України. Під системою управління розуміється сукупність органів і пунктів управління військами, яка фактично є управляючою частиною системи (інформаційною підсистемою першого рівня декомпозиції складної системи), що керує виконавчою частиною системи (ресурсною підсистемою першого рівня декомпозиції складної системи). В даному випадку цілеспрямовуюча інформаційна функція управляючої частини ототожнюється з ознакою всього інформаційного процесу управління в системі, в якому бере також участь виконавча (ресурсна) частина. Виконавча інформаційна функція реалізується ресурсною частиною, яка “споживає” інформацію бойових завдань і перетворює її в ході дій сил (на оперативному етапі) в інформацію поточної обстановки, яку “споживає” управляюча частина (контроль відповідності процесу дій сил їх бойовим завданням).

Одним із шляхів підвищення якості і ефективності функціонування системи управління є процес автоматизації управління, що, в свою чергу, впливає на підвищення бойової ефективності військ (сил) [1]. З метою реалізації процесу автоматизації управління військами необхідне використання єдиної геоінформаційної основи та спеціалізованих програмних продуктів геопросторової обробки даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах значною мірою зросли обсяги і різноманітність даних, які використовуються при плануванні, організації та проведенні військових операцій. Склад інформації, необхідної органам управління і штабам в процесі їх діяльності, постійно доповнюється різними видами даних. Крім даних про місцевість, зростає потік оперативно-тактичної, розвідувальної, метео- і геофізичної інформації, яку необхідно аналізувати і враховувати при підготовці та проведенні операцій. Вже сьогодні необхідні різновиди даних в потрібних обсягах не можуть бути прийняті, оброблені та інтегровані з використанням існуючих програмно-технічних засобів органами

військового управління при прийнятті оперативних рішень на проведення операцій та застосування зброї. Обсяги цієї інформації колосальні. Для її передачі і обробки потрібні високошвидкісні канали передачі даних, засоби зберігання даних у практично необмежених обсягах, комп'ютери з продуктивністю від десятків мільйонів до сотень мільярдів операцій за секунду, засоби обробки і відображення графічної інформації, в тому числі в тривимірному поданні [1-3].

У порівнянні зі ЗС провідних країн світу теперішній стан забезпечення ЗС України інформацією про місцевість і об'єкти на ній характеризується недостатнім використанням величезних можливостей інформаційних технологій в процесах створення і обробки геопросторової інформації. Постійне збільшення об'єму потрібної інформації та зменшення часу на прийняття рішення обумовлює актуальність задачі, для вирішення якої необхідно розробляти геоінформаційні системи військового призначення (ГІС ВП), які є невід'ємною частиною сучасних автоматизованих систем управління військами та зброєю, і використовувати їх при плануванні та управлінні бойовими діями частин і підрозділів ЗС.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо більш детально функціонування інформаційних систем у штабах всіх рівнів та можливості прискорення процесу прийняття рішення з впровадженням у систему управління автоматизації та цифрових геоінформаційних потоків.

Процес управління військами з точки зору передачі і обробки інформації умовно розділяють на ряд послідовних етапів (рис. 1).

При виконанні поставленої бойової задачі чи в ході різкої зміни обстановки, що потребує прийняття принципово нового рішення, командир і штаб різного рівня організовують роботу в наведеній послідовності. Повне виконання всіх представлених пунктів називається циклом бойового управління. Штаби всіх рівнів, крім приймання-передавання інформації, повинні її узагальнювати, опрацьовувати, доповідати вищому штабу, відпрацьовувати і оформляти рішення та доводити бойові задачі до військ з наступним контролем їх виконання. Причому передача інформації засобами зв'язку з врахуванням її шифрування і дешифрування складає мінімальну (за часом) частину циклу бойового управління.



Рисунок 1 – Цикл бойового управління з позиції передачі і опрацювання інформації

Всі представлені на рисунку пункти є організаційними і пов'язані з обробкою інформації. Лише безпосередня підготовка військ до виконання бойових задач насичена практичними заходами, які мінімізувати за часом неможливо. Тому реальну перевагу над противником можна отримати тільки за рахунок скорочення часу на обробку інформації безпосередньо в органах військового управління.

На даний час трудомістким і затратним за часом є процес відображення обстановки. Причина полягає в тому, що інформація про обстановку мало що значить, поки вона не буде представлена в зручному для сприйняття вигляді, а саме, в графічному. Особливо це стосується тактичного рівня, де практично 90% всієї інформації, що поступає, відображається у вигляді тактичних знаків.

Сутність роботи штабів щодо відображення інформації полягає до перетворення текстової і голосової інформації, що поступає, в графічну (відображення на карті). При цьому отримана інформація повинна наноситися з високою точністю і в повному обсязі, не "забиваючи" топографічну основу карти. Досвідчений офіцер штабу на якісно відпрацьованій карті в гранично короткі терміни визначить, де свої війська, де противник, яка поставлена задача, як планує діяти противник тощо. Саме тому карта є основним робочим документом в штабі будь-якого рівня.

Не менш важливим моментом при роботі з графічною інформацією є те, що практично в будь-якому штабі для проведення планування і постановки задач повинно бути як мінімум два-три масштаби топографічних карт. Наприклад, з отриманням бойової задачі в бригаді працюють з топографічними картами мінімум трьох масштабів.

Це обумовлено необхідністю одночасної роботи посадових осіб управління бригади зі штабами різних рівнів управління. Так, в ході планування бою, деталізація рішення командира бригади здійснюється, як правило, на два рівні нижче. Крім елементів рішень підлеглих, на карту рішення також наносять дані про рішення сусідів і взаємодіючих підрозділів.

З впровадженням в органи управління різних рівнів геоінформаційних систем у штабах все частіше почали використовувати електронні карти місцевості. Всі вони представлені наборами файлів, які відображають окремі аркуші паперових карт відповідних масштабів. Програмно "зшиті" в єдиний масив, дані файли формують район місцевості, що використовується штабом в якості топографічної основи для відпрацювання бойових графічних документів. Являючись точними копіями звичайних карт, електронні карти нічим не відрізняються від них за номенклатурою, масштабом і ступенем деталізації. При цьому, розрізняючись ступенем деталізації об'єктів, електронні карти різного масштабу мають єдину систему координат. Тому об'єкти тактичної обстановки, зображені на електронній карті масштабу 1:100 000 можна нанести на електронну карту іншого масштабу. Тобто, базовим масштабом для тактичної обстановки буде масштаб 1:100 000 і при відкритті файлу обстановки на електронній карті масштабу 1:50 000 всі знаки залишаться на своїх місцях. Слід враховувати, що зі збільшенням масштабу електронної карти автоматично збільшаться в розмірах рівно в два рази і тактичні знаки, повністю закриваючи топографічну основу карти.

Із цього виходить, що при відображенні файлу обстановки на великомасштабній карті необхідно змінювати базовий масштаб обстановки, тобто пропорційно зменшувати всі тактичні знаки до тих пір, поки розмір знака не наблизиться на карті до розміру стандартного трафарету офіцерської лінійки. І робити це потрібно, зменшуючи не кожен знак окремо, а всю обстановку в цілому. Сучасні геоінформаційні системи, в свою чергу, дозволяють генералізувати зображення на електронній карті до вибраного масштабу з урахуванням базового масштабу карти [4-6].

Електронні карти надають можливість використовувати в бригаді єдину топографічну основу з наскрізним зображенням об'єктів місцевості (відповідно з вибраним масштабом) замість трьох різних топографічних районів паперової топографічної карти різної деталізації.

Як це реалізувати? Командир батальйону, працюючи в локальній інформаційній мережі з підлеглими, повинен мати можливість вимагати від них надати файли обстановки своїх рішень через мережу та організувати до цих файлів доступ для визначених категорій користувачів. В результаті він буде мати реальну можливість бачити, як працюють підлеглі при нанесенні обстановки, і за необхідності вносити корективи, а підлеглі – бачити обстановку сусідів і при відпрацюванні своїх рішень враховувати не тільки отриману від командира батальйону задачу, але й рішення сусідів. Це дозволить уже на етапі розробки замислу закласти основи взаємодії.

Після пояснення задачі, оцінки обстановки і проведених штабом попередніх розрахунків командир бригади повинен одноосібно визначити замисел і нанести його на карту. Виходячи із нормативів на опрацювання і нанесення замислу на карту, як правило, затрачується не більше півтори години. При цьому чим раніше командир доведе замисел до своїх заступників і начальників родів військ і служб, тим швидше та якісніше будуть відпрацьовані їх пропозиції щодо застосування підлеглих їм частин і підрозділів. Особливо важливо, щоб посадові особи управління бригади отримали елементи замислу одночасно.

Без використання засобів автоматизації процес доведення замислу стає рядом послідовних операцій, тому що зробити одночасно декілька кальок з обстановкою фізично неможливо. Наприклад, для того, щоб розмістити на місцевості угруповання артилерії, необхідно точно знати задачі та розміщення загальновійськових підрозділів. Без знання того, де будуть розміщені загальновійськові підрозділи і артилерія, неможливо визначити позиції засобів ППО. Не знаючи позицій засобів ППО і артилерії, неможливо визначити маршрути підвозу ракет та боєприпасів і т.д. Іншими словами, доки командир не визначиться із замислом, а заступники і начальники родів військ та служб послідовно не оформлять їх на карті командира, замисел не буде оформленим у необхідному для подальшої роботи обсязі.

Таким чином, при традиційному підході в роботі штабу виникає дві проблеми. Перша – стосується відображення загальновійськової частини замислу на карті і доведення його до посадових осіб управління бригади. Друга – пов'язана з взаємним інформуванням заступниками і начальниками родів військ та служб про зміст графічної частини своїх затверджених командиром бригади пропозицій.

В умовах автоматизації та використання електронних карт дані проблеми можуть бути вирішені шляхом розподілу повноважень посадових осіб управління бригади по збору і послідовності нанесення обстановки на електронну карту командира. Для цього в локальній інформаційній мережі пункту управління з урахуванням відповідних розмежувань прав доступу повинен бути реалізований принцип багатокористувацького доступу до файлів (шарів) обстановки, коли кожна посадова особа бачить всі шари, але наносити (редагувати) обстановку може лише у визначених для роботи шарах, без можливості змінити обстановку в інших шарах. При цьому командир бригади повинен мати право вносити зміни в будь-який шар.

Тепер розглянемо можливості постановки бойових задач підлеглим у візуалізованому вигляді та у відповідних масштабах. Постановка бойових задач в автоматизованій системі управління повинна проводитися в наступній послідовності: командир батальйону по мережі отримує комплект електронних розпорядчих документів і файл з даними про противника, бойовою задачею батальйона, положенням сусідів і т.д. Отримавши ці дані, він організовує свою роботу за класичною схемою: пояснює задачу, оцінює обстановку, приймає рішення, доповідає його командирі бригади і т.д. При цьому весь інформаційний обмін здійснюється в електронному вигляді по діючих каналах зв'язку. Після затвердження рішення він ставить задачу командирам рот. У цей же час в штабі бригади на електронну карту рішення командира бригади наносяться елементи рішень підлеглих і завершується цикл планування бою.

Можна стверджувати, що в даний час автоматизація процесів і задач управління безпосередньо пов'язана зі швидкістю збору і обробки інформації, її графічного оформлення та передачі даних обстановки [3].

Рішення даних проблем можливе шляхом проектування і створення таких програмно-апаратних засобів та спеціального програмного забезпечення, які будуть задовольняти зазначеним вимогам. Виконання цих вимог дозволить максимально мінімізувати цикл бойового управління.

Одним із вдалив прикладів спеціального програмного забезпечення, що відповідає зазначеним вимогам, можна вважати розроблену в Національному університеті оборони України імені Івана Черняхівського автоматизовану систему управління військами (АСУВ) «Славутич», що складається із десяти уніфікованих підсистем, які функціонально доповнюють одна одну. При цьому функції обробки топогеодезичних даних з використанням електронних

карт різних масштабів та ведення і відображення оперативно-тактичної обстановки технологічно розділені між геоінформаційною підсистемою та підсистемою ведення і відображення положення, стану та дій військ. Це дозволяє використовувати ефективніші технології обробки графічної інформації, а головне — максимально наблизити їх до реальних потреб органів військового управління щодо вироблення замислу, планування, організації взаємодії, доведення завдань до військ та контролю їхнього виконання [7, 8].

В підсистему має бути вбудований конструктор умовних знаків, який дозволить розподіляти шари оперативно-тактичної обстановки за посадовими особами, рівнями управління, видами та родами військ (сил) і спеціальних військ, видами всебічного забезпечення, що забезпечує раціональний розподіл колективної роботи з опрацювання графічних документів, організацію взаємодії, обмін інформацією в онлайн-режимі, тим самим вирішуючи всі три задачі прискорення процесу прийняття рішення командиром.

Висновки. Таким чином, суть автоматизації управління військами буде не лише в оснащенні військ цифровими засобами зв'язку, тим більше не в закупівлі дорогих програмно-апаратних засобів, а в скороченні часу на обробку інформації і автоматизації тих робіт, які виконуються офіцерами штабів вручну за рахунок впровадження геоінформаційної та спеціальної інформаційної складової в процес управління військами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Косс В.А. Інформаційна модель системи управління збройними силами як сучасний різновид стратегічного озброєння [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.immsp.kiev.ua/perspages/koss_va/publ/13_statya_rpu.pdf.
2. Синявский В.К., Валаханович П.А. Отдельные проблемы автоматизации процессов управления войсками и пути их решения. *Наука и военная безопасность*. Минск, 2012. № 3. С. 12- 19.
3. Стужук П.І., Грицай П.М., Вознюк Ю.С. Світові тенденції, проблеми та перспективи створення автоматизованих систем управління військами (силами). *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень*. 2012. № 1 (45). С. 68–76.
4. Фролов В.С. Структурно-логічна схема Єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України“. *Наука і оборона*. 2012. № 1. С. 15–23.
5. Петлюк І.В., Власенко С.Г. Використання геоінформаційних систем військового призначення в миротворчих цілях. Зб. матер. наук. - пр. конференції (Львів, 29 січня 2015 р.). Львів: АСВ, 2015. С. 253-255.
6. Чорнокнижний О.А. Досвід використання ГІС у Сухопутних військах Збройних Сил США [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.gis.sls.name/wp-content/uploads/2015/01>.
7. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2010. 313 с.
8. David DiBiase, Michael DeMers, Ann Johnson, Karen Kemp, Ann Taylor Luck, Brandon Plewe, Elizabeth Wentz. Geographic Information Science & Technology. Body of Knowledge [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ucgis.org/>.

REFERENCES:

1. Koss, V. (2016), "Informatsiina model systemy upravlinnia zbroiny my sylamy yak suchasnyi riznovyd stratehichnoho ozbroiennia" [Information model of the control system of the armed forces as a modern kind of strategic arming], www.immsp.kiev.ua/perspages/koss_va/publ/13_statya_rpu.pdf (accessed 12 March 2019).
2. Sinyavskiy, V.K., Valahanovich, P.A. (2012), "Otdelnyie problemyi avtomatizatsii protsessov upravleniya voyskami i puti ih resheniya" [Separate problems of automating the management of troops and their solutions], *Nauka i voennaya bezopasnost*, No 3, pp. 12- 19.
3. Stuzhuk P.I., Hrytsai, P.M., Vozniuk, Yu.S. (2012), "Svitovi tendentsii, problemy ta perspektyvy stvorennia avtomatyzovanykh system upravlinnia viiskamy (sylamy)" [World trends, problems and prospects for the creation of automated control systems for troops (forces)], *Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen*. No 1 (45), pp. 68–76.
4. Frolov, V.S. (2012), "Strukturno-lohichna skhema Yedynoi avtomatyzovanoi systemy upravlinnia Zbroinykh Syl Ukrainy" [Structural-logical scheme of the Unified Automated Control System of the Armed Forces of Ukraine], *Nauka i oborona*, No 1, pp. 15–23.

5. Petliuk, I.V., Vlasenko, S.H. (2015), "Vykorystannia heoinformatsiinykh system viiskovoho pryznachennia v myrotvorchykh tsiliakh" [The use of military information systems for peacekeeping purposes], *Zb. mater. nauk. - pr. konferentsii*, Lviv, pp. 253-255.
6. Chornoknyzhnyi, O.A. (2016), "Dosvid vykorystannia HIS u Sukhoputnykh viiskakh Zbroinykh Syl SSHA" [GIS Experience in US Army Land Forces], www.gis.sls.name/wp-content/uploads/2015/01 (accessed 24 March 2019).
7. Shypulin, V.D. (2010), "Osnovni pryntsypy heoinformatsiinykh system: navchalnyi posibnyk" [Basic principles of geographic information systems]. Kharkiv,. 313 p.
8. David DiBiase, Michael DeMers, Ann Johnson, Karen Kemp, Ann Taylor Luck, Brandon Plewe, Elizabeth Wentz. Geographic Information Science & Technology. Body of Knowledge, www.ucgis.org/ (accessed 02 March 2019).

к.воен.н., с.н.с. Федченко А.П., к.т.н., с.н.с. Литвиненко Н.И.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ ЗА СЧЕТ АВТОМАТИЗАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

В работе раскрыт ряд проблемных вопросов автоматизации процессов управления войсками и повышение уровня управления за счет внедрения геоинформационной и специальной информационной составляющей в процесс управления войсками. Вопросы повышения эффективности управления войсками на ближайшую перспективу является одним из наиболее важных и приоритетных в развитии системы управления Вооруженных Сил Украины.

Повышение качества и эффективности функционирования системы управления можно достичь путем автоматизации управления, что, в свою очередь, влияет на повышение боевой эффективности войск (сил). В современных условиях в значительной мере выросли объемы и разнообразие данных, которые используются при планировании, организации и проведении военных операций. Состав информации, необходимой органам управления и штабам в процессе их деятельности, постоянно дополняется различными видами данных. По сравнению с ВС ведущих стран мира нынешнее состояние обеспечения ВС Украины информации о местности и объекты на ней характеризуется недостаточным использованием огромных возможностей информационных технологий в процессах создания и обработки геопространственной информации. Постоянное увеличение объема нужной информации и уменьшения времени на принятие решения обуславливает актуальность задачи, для решения которой необходимо разрабатывать геоинформационные системы военного назначения), которые являются неотъемлемой частью современных автоматизированных систем управления войсками и оружием, и использовать их при планировании и управлении боевыми действиями частей и подразделений ВС.

Реализация процесса автоматизации управления войсками требует использования единой геоинформационной базы и специализированных программных продуктов геопространственной обработки данных.

Ключевые слова: система управления, цикл боевого управления, электронные карты, планирование, работа штабов, информационный обмен.

Ph.D. Fedchenko O.P., Ph.D. Lytvynenko N.I.

EFFICIENCY IMPROVING OF MILITARY MANAGEMENT BY THE AUTOMATION OF THE GEOINFORMATION COMPOSITION

The paper reveals a number of problem issues of troop control processes automation and the level improvement of management by introducing geoinformation and special information components into the process of troop control. The issue of improving the effectiveness of troop control over the near future is one of the most important and priority issues in the development of the Ukrainian Armed Forces management system.

Improvement of the quality and efficiency of the control system operation can be achieved by automating control, what in turn influences the increase of the combat effectiveness of the forces (forces). In today's conditions, the volumes and variety of data used for planning, organizing and conducting military operations have grown significantly. The information required by the governing bodies and the headquarters in the process of their activities is constantly supplemented by various types of data. Compared to the Armed Forces of the leading countries of the world, the current status of the Armed Forces of Ukraine

provision with information about the area and objects on it is characterized by insufficient use of the huge opportunities of information technologies in the processes of creation and processing of geospatial information. The constant increase in the volume of necessary information and reduction of the time for decision making determines the relevance of the task for which it is necessary to develop geoinformational systems of military purpose, which are an integral part of modern automated control systems of troops and weapons, and to use them in the planning and management of combat actions of the Armed Forces units.

The implementation of the automation process of troop control requires the use of a single geoinformational basis and specialized geospatial data processing software products. The automation of troop control will consist not only in equipping troops with digital communication means, especially not in the purchase of expensive software and hardware, and in shortening the time for information processing and automation of those jobs that are executed manually by officers of the headquarters by introducing geoinformation and special information component in the process of troops command.

Keywords: control system, combat management cycle, electronic maps, planning, headquarters work, information exchange.

PROGNOSTICATION OF COMPOSITION AND RESOURCE OF GROUPMENT OF OBJECTS MILITARY TECHNIQUE

It is obvious that the component elements of various types have significantly different reliability indicators and various patterns of degradation processes leading to their failures. All these features of the considered objects of technology must be taken into account both in assessing (predicting) their reliability, and in determining the rules and regulations for their technical operation. The specified features of the objects of technology cause considerable difficulties in the construction of mathematical models necessary to evaluate and predict the reliability indicators and the cost of their operation.

In this article has been developed a mathematical model of the processes of spending and replenishing the resource of grouping of engineering objects. The model is intended for forecasting the composition and resource of the grouping for the nearest period of planning the operation of technical facilities. The following characteristics have been adopted as forecast indicators: - a vector whose elements are the values of the total residual resource of objects of different types at time t and - a vector whose elements are the number of objects of different types at time t .

This Indicators depend on the actions taken to replenish the group's resource (from supplies to the grouping of new equipment and scheduled repairs that restore the resource of the facilities). The developed mathematical model of the processes of expenditure and replenishment of the grouping resource will allow to implement the optimal software design.

Keywords: *groupment of objects military technique, composition and resource, mathematical model, spending and replenishing the resource.*

A characteristic feature of the objects of military technical is the presence in their composition of a large number (tens, hundreds of thousands) of different types of component elements, the work of which is based on different physical principles, having different manufacturers, different levels of reliability, different patterns of wear and aging processes. A significant part of the components is electronic products (microcircuits, semiconductor devices, capacitors, electrical connectors, etc.). The other part of the elements are mechanical and electromechanical units (reducers, electric motors), pneumatic and hydraulic drives, etc. It is assumed that a certain general function is defined for the object of engineering in accordance with its purpose, and signs of the ability (or inoperability) of the object to perform this function are determined.

The considered technical objects belong to the class of recoverable objects of long-term repeated use. As a rule, they are expensive and require significant costs for their operation. To ensure the required level of reliability in the course of their operation, maintenance and repair (ToiR) is usually carried out, the essence of which is the timely restoration of the operable condition of the facility and the preventive replacement of elements that are in the pre-toxic state.

Accession. We arranged under the groupment of objects of technique to understand the great number of technical objects, placed on certain territory and intended for the performance of some general objective. Every object of technique, entering in the complement of groupment there is a difficult technical device, executes certain tasks within the framework of general aims, for achievement of which a groupment is intended. On the level of reliability of separate objects efficiency of functioning of groupment depends on the whole. The examples of groupment can serve as great number of the surface radio-location stations, stations of radio electronic fight, elements of zenithal-rocket complexes, systems of the automated management etc.

All objects, entering in the complement of groupment, have a different remaining resource and, consequently, different level of reliability. After expiration of the set resource an object is subject to the withdrawal from composition of groupment, because the level of his reliability is impermissible subzero.

Us informative and functional connections between the objects of groupment and nature of the tasks decided by them will not interest. For us important will be only two descriptions of groupment is her composition [1,2] and resource of each of objects, included in a groupment [3,4]. Thus we come from that, if composition of groupment corresponds to the required composition, and level of faultlessness of every object of not below set value, then a groupment can execute all tasks in accordance with her destiny with the required quality. It is thus assumed that, if the resource of separate object is outspent, then his indexes of faultlessness dissatisfy to the requirements. Thus, us the concrete tasks of groupment and indexes of her efficiency will not interest, and will interest only the degree of accordance of composition of groupment and resource of her elements to the requirements set for this groupment.

The basic part. In the large systems the groupment of objects of technique usually has a certain organizational structure - can plug in itself the groupments of more low organizational levels. From the point of view of going near development of models for us indifferently, what level this groupment behaves to. Therefore, in further consideration we will not distinguish the levels of groupment, will suppose that the question is about the groupment of any level.

We will enter next denotations:

$N(t) = \{N_i(t); i = \overline{1, N_{THH}}\}$ - vector, qualificatory composition of groupment in the moment of time of t , where i - number of objects of technique of i of th type (N_{THH} - number of different types of objects);

$R_{\Sigma}(t) = \{R_{\Sigma i}(t); i = \overline{1, N_{THH}}\}$ - vector, qualificatory the resource of groupment, in which $R_{\Sigma i}(t)$ - total resource of objects of i of th type.

The type of object of technique determines his functional destiny. To one type near on destiny technical objects can be taken. In maximum case all objects of this groupment can be разнотипными. Just can be examined groupment of the same type objects. A division of objects on types is a prerogative of user.

An amount of objects of technique of i of th type $N_i(t)$ is a casual function with single gallops in casual moments of time of changes of composition of groupment (fig. 1). Positive gallops correspond to the moments of entering time groupment of new or returning from repair objects, and negative - to the moments of time of mounting of objects in repair or списания¹. A function /can be presented by next expression:

$$N_i(t) = \sum_{j \in J_i} n_j(t), \quad (1)$$

where $n_j(t)$ - single function, taking on values 1 or 0:

$n_j(t) = 1$ - if j a th object in the moment of time of t is in composition a groupment and used on (or is in a state of readiness to application on purpose) purpose; $n_j(t) = 0$ - if j a th object is excluded from composition of groupment for implementation of планового repair or written-off; J_i - great number of numbers of all objects of i of th type, present in composition a groupment.

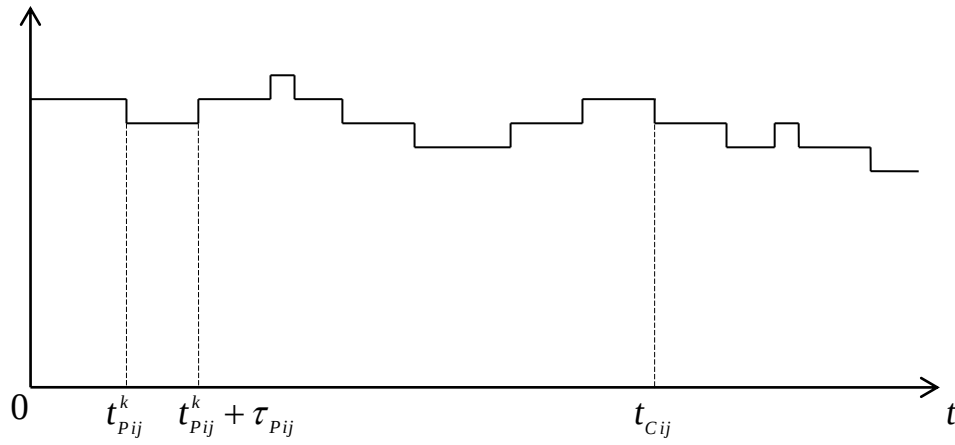


Fig. 1. Characteristic type of function $N_i(t)$

On a fig. 1, which the characteristic type of function $N_i(t)$ is shown on, next denotations are used: $t_{p_{ij}}^k$ - time of dispatch in k th repair; $\tau_{p_{ij}}$ - duration of repair; $t_{c_{ij}}$ - time of writing of j of th object.

We will suppose that the moments of time of changes of composition of groupment (gallops of function) are determined by the processes of expense and filling in of resource of separate objects of technique of groupment.

The function of total resource of objects of i of th type $R_{\Sigma i}(t)$ is determined as a sum of next kind :

$$R_{\Sigma i}(t) = \sum_{j \in J_i} R_j(t), \quad (2)$$

where $R_j(t)$ - resource of j of th object in the moment of time of t .

A function $R_j(t)$ is description of process of expense and filling in of resource of j of th object. On a fig. 2 the exemplary type of function is shown $R_{\Sigma i}(t)$. Positive gallops (breaks) of function correspond to the moments of entering time $t_{p_{ij}}^k$ groupment of objects after their repair or new objects of technique.

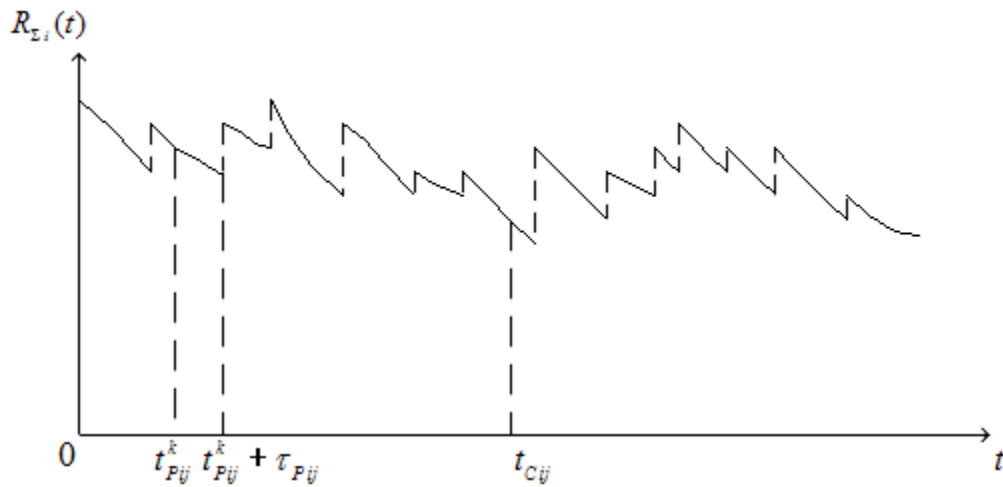


Fig. 2. Characteristic type of function $R_{\Sigma i}(t)$

Speed of decrease of function in intervals between breaks is determined by total intensity of expense of resource of all objects of this type, present at this time crouching.

Requirement to composition and resource of groupment set by such terms:

$$N_i(t) \leq N_i^{TP}; \quad (3 a)$$

$$R_{\Sigma i}(t) \leq R_{\Sigma i}^{TP}, \quad (3 b)$$

where N_i^{TP} and $R_{\Sigma i}^{TP}$ - required values of number of objects of i of th type and their total resource, which the necessary level of efficiency of groupment is provided at.

Clear physical sense has a requirement to composition of groupment (3 a) - if the number of objects of this type crouching will go down below possible, then efficiency of groupment will not correspond required. Therefore there are not questions in connection with determination of value N_i^{TP} - it is a prerogative of the "system" which is provided by this groupment.

A requirement to the total resource of objects (3b) determines the "margin of safety" of groupment the family - determines, *сколь* long there can be a groupment with the required efficiency. How to set a size $R_{\Sigma i}^{TP}$, strictly speaking, not clear. However and to give it would be not right up the index of total resource $R_{\Sigma i}(t)$, because he carries in itself important information about the supply of "viability" of groupment.

In practice a size $R_{\Sigma i}^{TP}$ is usually set as follows:

$$R_{\Sigma i}^{TP} = R_{\Sigma i}^{III} \cdot \alpha_i, \quad (4)$$

where $R_{\Sigma i}^{III}$ - total resource of all objects of i of th type, which must be in composition a groupment according to her regular composition, on condition that all objects new (a size $R_{\Sigma i}^{III}$ is named yet a table resource); α_i - coefficient the size of which determines the relative level of the required supply of resource (a size α_i is determined a posteriori by exploitations and in practice $\alpha_i = 0,5$ set usually).

By analogy with LS of separate object of technique will enter the concept of LS for a groupment as follows. Under the maximum state of groupment of objects of technique will understand such her state, at which composition of groupment, including objects, temporally being under *плановом* repair, went down to the impermissible level which the required efficiency of groupment is not provided at.

Formally the criterion of LS of groupment can be defined by a next condition:

$$N'(t) < N^{TP}, \quad (5)$$

where $N'(t) = \{N'_i(t); i = \overline{1, N_{IIII}}\}$ - vector in which $N'_i(t)$ - number of objects of i of th type, present in composition a groupment in the moment of time of t , including all objects, being under repair; $N^{TP} = \{N_i^{TP}; i = \overline{1, N_{IIII}}\}$ - vector in which N_i^{TP} - the required amount of objects of i of th type crouching.

It is assumed that vectorial inequality (8.5) is executed in case that even one of inequalities $N'_i(t) < N_i^{TP}$ ($i = \overline{1, N_{IIII}}$) is executed.

On the basis of criterion (5) it is possible to enter the concept of resource of groupment as follows. Under the resource of groupment of objects of technique will understand calendar duration of exploitation of groupment to the offensive of (5) on condition of implementation on all objects of all scheduled repairs, foreseen operating scheduled maintebabce systems. The size of resource of groupment will designate T_{rp} . We can say that the resource grouping determines the duration of its existence, provided that new objects of technology in the grouping do not arrive.

Obviously, that can be entered also and concept of resource of groupment on i to the th type of objects of technique, the size of which T_{rpi} is determined as a decision of next equalization :

$$N_i(T_{TPi}) = N_i^{TP}. \quad (6)$$

Taking into account the resource of groupment T_{TP} can be defined as follows:

$$T_{TP} = \min_i T_{TPi}. \quad (7)$$

The entered concept of resource of groupment is not so synonymous and simple, as a concept of resource of separate object of technique. In most cases groupments stop to exist not because their resource is outspent, and because aims changed, for achievement of which they were created, or technologies of achievement of these aims changed radically.

Nevertheless, the concept of resource of groupment appears useful because the periodic estimation of resource of groupment during her exploitation allows in good time to plan and realize measures on maintenance of some unreduced supply of resource of groupment, due to what to guarantee non-admission in the near future allegedly "sudden" fall-off of efficiency and, possibly, catastrophe related to it. The considered going near determination of resource of groupment was offered before in works [5-7].

Mathematical model of process of expense and filling in of resource of groupment of objects. Now we will pass to consideration of process of expense and filling in of resource at the level of groupment of objects of technique. As it was already certain, this process is described by indexes $N_i(t)$ and $R_{\Sigma i}(t)$, determined separately for the different types of objects [8-10]:

$N_i(t)$ - number of objects of i of th type, present crouching in the moment of time of t ;

$R_{\Sigma i}(t)$ - total (remaining) resource of objects of i of th type in the moment of time of t .

Taking into account the parameters entered higher for functions $N_i(t)$ and $R_{\Sigma i}(t)$ now instead of (1) and (2) will write down such expressions:

$$\begin{aligned} N_i(t / \Pi_{Pi}, \Pi_{Ci}) &= \sum_{j \in J_{0i}} n_{ij}(t / \Pi_{Pij}, \Pi_{Cij}); \\ R_{\Sigma i}(t / S_i(0), \bar{\eta}_i, \Pi_{Pi}, \Pi_{Ci}) &= \sum_{j \in J_{0i}} R_{ij}(t / S_{ij}(0), \bar{\eta}_{ij}, \Pi_{Pij}, \Pi_{Cij}), \end{aligned} \quad (8)$$

where $\Pi_{Pi} = \bigcup_{j \in J_{0i}} \Pi_{Pij}$ - plan of repairs of objects of i of th type; $\Pi_{Ci} = \bigcup_{j \in J_{0i}} \Pi_{Cij}$ - plan of

writing of objects of i of th type; $S_i(0) = \{S_{ij}(0); j \in J_{0i}\}$ - vector, describing the state of objects of i of th type at the beginning of the examined interval of exploitation $[0, T_g]$; $\bar{\eta}_i = \{\bar{\eta}_{ij}; j \in J_{0i}\}$ - vector, presenting intensities of expense of resource of objects of i of th type; J_{0i} - great number of numbers of all objects of i of th type, which are in composition a groupment in the moment of time of $t = 0$.

Dependences (8) jointly determine the *model of process of expense and filling in of resource of groupment* of objects of technique (for i of th type of objects) on the interval of exploitation $[0, T_g]$. This functions are prognosis estimations of indexes of the state of groupment on a forthcoming period exploitations, depending on parameters $\bar{\eta}_i$, Π_{Pi} and Π_{Ci} . Parameter $S_i(0)$ describes the initial (technical) state of objects and, the same, determines the initial conditions of process of expense and filling in of resource of groupment. A parameter $\bar{\eta}_i$ determines the expected (forecast) external affecting process, and is considered set. Parameters Π_{Pi} and Π_{Ci} are the guided parameters.

Parameters Π_{Pi} and Π_{Ci} will consider normative (and to designate Π_{Pi}^H and Π_{Ci}^H), if for all objects of groupment terms and types of плановых repairs are certain in accordance with the parameters of SRS ($\Pi_{Pi}^H = \{\Pi_{Pij}^H; j \in J_i\}$ and $\Pi_{Ci}^H = \{\Pi_{Cij}^H; j \in J_i\}$ set for this groupment.

Beginning to bustle forward, will mark that normative plans Π_{Pi}^H and Π_{Ci}^H , which on determination are assumed by optimal for every object of technique individually, rarely appear similarly optimal and for a groupment on the whole, and basic destiny of the developed model just and consists of that, with her help to find plans Π_{Pi} and Π_{Ci} , optimal for a groupment.

Until now we examined the process of expense and filling in of resource of groupment in supposition, that new objects groupment do not enter. In actual fact in the real groupments for maintenance of the required composition periodically (according to plan) instead of copied off the new objects of technique are supplied. Deliveries in the groupment of new standards of objects instead of copied off are the natural method of extension of resource of groupment.

We will enter denotation $\Pi_{Hi} = \{t_{Hij}; j \in J_{Hi}\}$ - great number, qualificatory the plan of deliveries in the groupment of new objects of i of th type in which :

t_{Hij} - entering time groupment of j of th new object of i of th type; J_{Hi} - great number of numbers of new objects which it is planned to put in a groupment in the examined period of exploitation.

Taking into account this expression (8), presenting the model of process of expense and filling in of resource of groupment, it is now necessary to rewrite as follows:

$$\begin{aligned} N_i(t/\Pi_{Pi}, \Pi_{Ci}, \Pi_{Hi}) &= \sum_{j \in J_{0i} \cup J_{Hi}} n_{ij}(t/\Pi_{Pij}, \Pi_{Cij}) + \sum_{j \in J_{Hi}} n_{ij}(t/\Pi_{Hij}); \\ R_{\Sigma i}(t/S_i(0), \bar{\eta}_i, \Pi_{Pi}, \Pi_{Ci}, \Pi_{Hi}) &= \sum_{j \in J_{0i} \cup J_{Hi}} R_{ij}(t/S_{ij}(0), \bar{\eta}_{ij}, \Pi_{Pij}, \Pi_{Cij}) + \\ &+ \sum_{j \in J_{Hi}} R_{ij}(t/S_{ij}(t_{Hij}), \bar{\eta}_{ij}, \Pi_{Hij}), \end{aligned} \quad (9)$$

where $\Pi_{Hi} = \bigcup_{j \in J_{Hi}} \Pi_{Hij} = \bigcup_{j \in J_{Hi}} \{t_{Hij}\};$

$S_i(0) = \{S_{ij}(0); j \in J_{0i}\} \cup \{S_{ij}(t_{Hij}); j \in J_{Hi}\};$

$\bar{\eta}_i = \{\bar{\eta}_{ij}; j \in J_{0i}\} \cup \{\bar{\eta}_{ij}; j \in J_{Hi}\}.$

Expressions (9) are clarification the before brought expressions (8.23) over and are a mathematical model of process of expense and filling in of resource of groupment taking into account supplying with the new objects of technique.

The guided parameters of this model are plans Π_{Pi} , Π_{Ci} and Π_{Hi} . Parameter $\bar{\eta}_i$ is partly guided, for example, due to the redistribution of limit of expense of resource between the separate objects of groupment. The non-obvious out of control parameters of model are parameters of SRS, because in her normative requirements to the terms of repairs, degrees of filling in of resource are certain after repair, initial resource for the new objects of technique.

Questions of optimization of plans Π_{Pi} , Π_{Ci} and Π_{Hi} will be considered later.

High-quality analysis of model of process of expense and filling in of resource of groupment of objects. Appears expedient at the beginning to produce the high-quality analysis of the supposed character of dependence of functions (8.24) from parameters $S_i(0)$ and $\bar{\eta}_i$ on condition that the realized plans $\tilde{\Pi}_{Pi}$, $\tilde{\Pi}_{Ci}$ exactly correspond to the normative plans Π_{Pi}^H and Π_{Ci}^H , and the new objects of technique groupment do not enter ($\tilde{\Pi}_{Hi} = \emptyset$). It will allow to investigate influence of these parameters, as, "in a clean kind", id est, eliminating influence of the guided parameters.

For short of function (8.24) will designate $N_i(t/...)$ and $R_{\Sigma i}(t/...)$.

Parameters $S_i(0)$ and $\bar{\eta}_i$ are vectors and, obviously, it is senseless to try to examine all great number of their possible values. It is expedient to enter some small number of classes of their possible values, having clear physical interpretation, and then at an analysis to operate these classes. We will enter such classes as follows.

For a parameter $S_i(0)$ will enter three classes, presenting the most characteristic states of resource of groupment. We will name them conditionally "new", "old" and "balanced".

To the class "new" will take such groupments in which the resource of all objects is near to the normative initial resource of new object.

To the class "old" will take a groupment in case that most objects of groupment already practically used up the resource and in the near time subject to repair or writing.

Groupment will arrange to name "balanced", if the resource of objects approximately is evenly up-diffused between the objects of groupment in the range of his possible values, id est from 0 to $R_i^{(0)}$.

The entered classes of the states of resource of groupment formally can be presented by fuzzy sets, and attributing of concrete vector $S_i(0)$ to one or another class can be carried out by an expert. Thus the most informing evident classification sign which an expert can make decision on the basis of is a histogram of corresponding distribution. For presentation of distribution of resource, set by a parameter $S_i(0)$, use a histogram, determined by next values:

$$g_R(R_k) = \frac{\Delta n_k}{n}, \quad (10)$$

where R_k - discrete value of resource, equal $R_k = k \cdot \Delta R$, where ΔR - size of interval, on which the range of definition of histogram is broken $[0, R_i^{(0)}]$

($k = \overline{1, k_{\max}}, k_{\max}$ - amount of intervals which a histogram is built on); n - is a number of objects crouching; Δn_k - number of objects the resource of which gets in an interval $\Delta R_k = (R_{k-1}, R_k]$ ($\sum_k \Delta n_k = n$).

Amount of intervals which a histogram is built on can be determined the on methods, accepted for the construction of histograms of statistical distributions [11].

On a fig. 8.5 the exemplary type of characteristic histograms $g_R(R_k)$, which can be accepted as standards, presenting entered higher three classes, is shown.

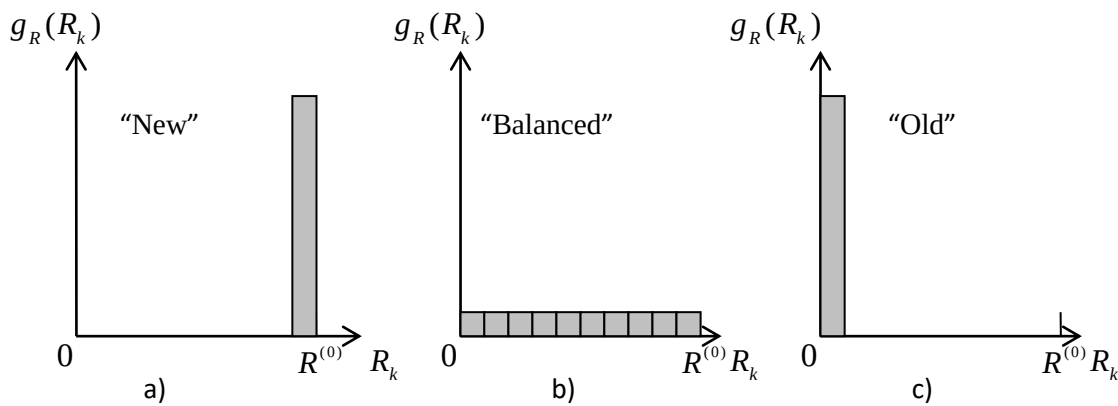


Fig. 3. Exemplary type of standard histograms for three classes of characteristic distributions of resource of groupment of objects of technique

Obviously, that for the real groupments (values of parameter $S_i(0)$) the type of histograms can substantially differ from "standard" and occupy the arbitrary transient state between these standards. In practice most often there are groupments with distributions of resource, which are located nearer to the class "old".

It is possible to enter the classes of the states analogical character for a parameter $\bar{\eta}_i$ - vector of intensities of expense of resource.

For a parameter $\bar{\eta}_i$ will enter two classes, which will name conditionally "even distribution" and "concentrated distribution", because exactly the degree of equitability of values $\bar{\eta}_i$ can substantially influence on character of functions $N_i(t/...)$ and $R_{\Sigma i}(t/...)$. Information about the degree of equitability appears the histogram of next kind:

$$g_{\eta}(\eta_k) = \frac{\Delta n_k}{n}, \quad (11)$$

where η_k - discrete value of intensity of expense of resource, equal $\eta_k = k \cdot \Delta\eta$, where $\Delta\eta$ - size of interval, on which the range of definition of histogram $[0, \eta_{max}]$. $\eta_{max} = 1$, that corresponds to the mode of continuous operations of object; Δn_k - number of objects for which intensity of expense of resource gets in an interval $\Delta\eta_k = [\bar{\eta}_{k-1}, \bar{\eta}_k]$, where k is a number of interval ($\sum_k \Delta n_k = n$).

On a fig. 4 the exemplary type of histograms $g_{\eta}(\eta_k)$ which can be taken for standard distributions is shown.

Position of peak of concentration while will consider not substantial, because it will influence only on distribution of number of objects which arrive at PIC on the sign of exhausting of resource (remaining work) and on the sign of expiration of tenure of employment.

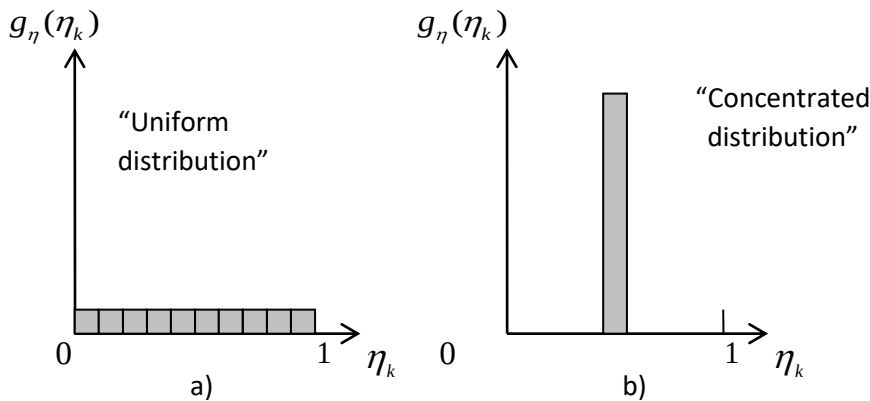


Fig. 4. Exemplary type of standard histograms for two classes of characteristic distributions of intensity of expense of resource

Typical for the real groupments is distribution near to "concentrated".

The entered classification for parameters $S_i(0)$ (and actually - for $R_i(0)$) and $\bar{\eta}_i$ for us is not so important as such, and important only for greater definiteness of the entered concepts (classes) which we will use in a subsequent high-quality analysis. Therefore, we will not build fuzzy sets for presentation of the classes entered higher, and will not deepen in fineness of correct procedures classifications which would require to be used for determination of fuzzy sets (it vast literature is sacred to, for example, [12,13]).

Now we will begin an analysis, the purpose of which consists in that, logically to predict, directly, as will "behave" to the function $N_i(t/...)$ and $R_{\Sigma i}(t/...)$, presenting a process expenses and filling in of resource of groupment, at one or another "standard" states of parameters $S_i(0)$ and $\bar{\eta}_i$.

If at $t = 0$ groupment "new" (new are all objects included in a groupment), and intensities of expense of resource of separate objects of groupment are approximately identical ("concentrated distribution" of intensities $\bar{\eta}_i$) here, then character of functions $N_i(t/...)$ and $R_{\Sigma i}(t/...)$ must be approximately such, as it is shown on a fig. 5.

Clear, that in this case all objects of groupment arrive at LS approximately at one and the same time and simultaneous realization of repair is required at once plenty of objects. As a result a groupment becomes disabled (or limitedly capable of working) at this time, because the remaining crouching amount of objects can not provide her normal functioning. Approximately in the same period the total resource of groupment goes down considerably below required.

On a fig. 5 charts resulted for a case, when the parameters of SRS for this type of objects are foresee realization during time of "life" of object of two repairs.

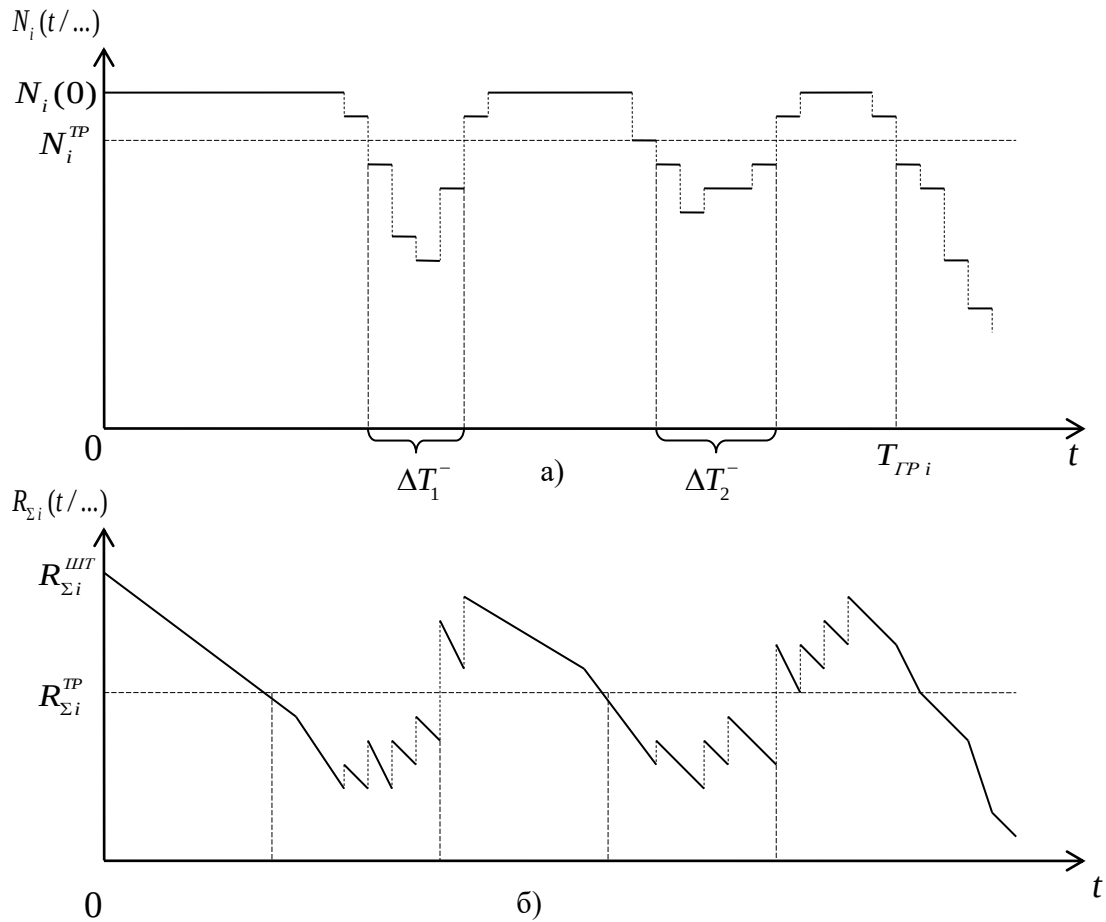


Fig. 5. Type of functions $N_i(t/...)$ and $R_{\Sigma i}(t/...)$ in case if at $t = 0$ a groupment is "new" and intensities of expense of resource of objects are approximately identical

If a groupment is similarly "new", but intensity of expense of resource is up-diffused between separate objects approximately evenly ("even distribution" of intensities $\bar{\eta}_i$), then functions $N_i(t/...)$ and $R_{\Sigma i}(t/...)$ will have such kind approximately.

Obviously, that during organization of exploitation of groupments it is necessary to aspire to such state of resource of groupment, at which the number of capable of working objects crouching and middle level of total resource is supported on the average approximately by permanent [14]. Such process of expense and filling in of resource of groupment state will arrange to name "balanced". In this state a dynamic equilibrium comes between the process of expense and process of filling in of resource.

If a groupment is "old", then a process of expense and filling in of resource, as a rule, is "unstable".

The resource T_{TP_i} of "old" groupment always substantially less than, than resource of "new" groupment. In the case of "unstable" process of expense and filling in of resource of groupment the concept of resource, in general speaking, loses primordial strict sense, because it appears that within the limits of resource Π_C can come and "keep" oneself aloof several times.

Therefore at the estimation of the state of resource of groupment the not so much estimation of size of resource T_{TP_i} is important, how many estimation of degree of her mental instability and prognosis of "dangerous" time domains in which composition of groupment of c will go down large probability (or with inevitability) to the impermissible low level.

The produced short high-quality analysis of model shows, to what anomalies or even catastrophic consequences would bring an out-of-control process over of expense and filling in of resource of groupment. An obvious conclusion ensues from all сказанного, that for providing of normal operating of groupment conditions the optimal planning of measures done early and periodically specified is required on filling in of resource of objects of groupment.

Development of algorithms, realizing the considered mathematical model of processes of expense and filling in of resource of groupment is assumed in subsequent, it will allow with the use of such model to decide the practical tasks of management composition and resource of groupments of technical objects.

Conclusions

1. A mathematical model, intended for prognostication of processes of expense and filling in of resource in the groupments of objects of technique, is worked out in article. As indexes of the state of groupment two vectorial descriptions are certain:

$N(t/\Pi_p, \Pi_c, \Pi_H)$ - composition of groupment, and

$R_\Sigma(t/S(0), \bar{\eta}, \Pi_p, \Pi_c, \Pi_H)$ - resource of groupment,

2. A parameter $S(0)$ imagines information current technical status of objects of groupment (related to the moment of time $t = 0$). A parameter $\bar{\eta}$ is the partly guided parameter of model, her values are mainly determined by external (in relation to a groupment) factors Forming of optimal plans Π_p , Π_c and Π_H , in fact, and there is destiny of the created model.

On the method of construction this model behaves to the class of the determined simulation models. Software, realizing this model development is presently produced.

3. High-quality research of the expected conduct of functions $N(t/\Pi_p, \Pi_c, \Pi_H)$ and $R_\Sigma(t/S(0), \bar{\eta}, \Pi_p, \Pi_c, \Pi_H)$ is produced and /at the different characteristic states of parameters $S(0)$ and $\bar{\eta}$ on condition that the guided parameters (plans) Π_p , Π_c and Π_H determined strictly in accordance with the norms of SRS. A concept is entered the "balanced" state of resource of groupment, at which provided the most favorable terms of providing of exploitation of objects of groupment.

LITERATURE:

1. Lenkov S.V., Lenkov E.S. Formalized method of optimization parameters the maintenance strategy for the resource of complex products prolonged exploitation // Magazine "Modern specialty equipment", Kyiv, 2016 - 4 (47). – p. 3 - 8.
2. S. Lenkov, G. Zhyrov, D. Zaytsev, I. Tolok, E. Polov, T. Bondarenko, Y. Gunchenko, V. Zagrebnyuk, O. Antonenko / Features of modeling failures of recoverable complex technical objects with a hierarchical constructive structure // Eastern- european journal of advanced technology. - №4. - 2017. - P. 34 - 42.
3. Lenkov S.V., Tolok I.V., Tsitsarev V.M., Lenkov E.S. Modeling of the processes expending and replenishing the resource of the grouping of technical objects // Journal of the "System of armament and military equipment", Kharkiv, 2018. - № 2 (31). - P.174 - 181.
4. Tolok I.V., Lenkov E.S., Tsitsarev V.M., Bondarenko T.V. Exhaustion and replenishment of the resource grouping of complex technical objects: modeling and programming // Journal of the "System of armament and military equipment" - Kharkiv - 2018. - № 1 (53). - p.155 - 162.
5. Models of cost processes and replenishment of resources complex restorable objects and systems of radio-electronic equipment. Monograph / K.F. Boryak, V.A. Brown, S.V. Lenkov, A.V. Selyukov, V.M. Tsitsarev - Kyiv: Knowledge of Ukraine, 2008. - 267 pp.
6. Tolok I.V. Modeling of the processes expending and restoring the resource of grouping military equipment objects // Collection of scientific works of the Military Institute of the Kyiv national Taras Shevchenko university. - M., 2017. - № 56. - P. 64 - 72.
7. Lenkov E.S., Tolok I.V. Forecasting of composition and resource groupings of technical objects // Journal "System of armament and military equipment". - Kharkiv - 2018 - № 3 (55). - P.78 - 84.
8. Zhirov G.B., Lenkov E.S. Imitation statistical model of the process of maintenance and repair of the grouping of complex technical objects // International scientific and technical conference "Prospects for the development of weapons and military equipment of the ground forces". - Lviv, 2018. - p.265.
9. Zhyrov G.B., Lenkov E.S. Forecasting of indicators reliability of grouping complex technical objects // Fifteenth all-ukrainian conference of students and young scientists "Informatics, information systems and technologies". - Odessa, 2018. - P.67.
10. Zhyrov G.B., Lenkov E.S. A general approach to the structure of simulation statistical model of maintenance and repair of the grouping complex technical objects // XVIII scientific and technical conference "Creation and modernization of armament and military equipment in modern conditions". - Chernigov, 2018. - p.121.
11. Glazunov L.P., Smirnov A.N. Designing technical diagnostic systems. - L.: Energoatomizdat. Leningrad.dot., 1982. - 168 pp.
12. Jager R.R. Fuzzy sets and the theory of possibilities. Recent achievements: Per.s Eng. - M.: Radio and communications, 1986. - 408 p.
13. Kuzmin V.B., Travkin S.I. The theory of fuzzy sets in the control problems and the principles of the device is fuzzy processes. Review of foreign literature. Automation and telemechanics. - Moscow: 1992. - p.1649 - 1678.
14. Lenkov S.V., Tolok I.V., Lenkov E.S., Tsitsarev V.M. Software for modeling the processes of expending and replenishing the resource of groupings technical objects // Journal "Science and technology of air forces of the armed forces. - Kharkiv - 2018. - Issue 3 (32). - S. - 120 - 126.

**д.т.н., проф. Ленков С.В., к.пед.н., доц. Толлок І.В., к.т.н. Ленков Є.С.
ПРОГНОЗУВАННЯ СКЛАДУ І РЕСУРСУ УГРУПОВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОЇ
ТЕХНІКИ**

Характерною особливістю об'єктів військової техніки є наявність в їх складі великої кількості (десятки, сотні тисяч) різномісних комплектуючих елементів, робота яких заснована на різних фізичних принципах, що мають різних виробників, різний рівень надійності, різні закономірності процесів зносу і старіння. Значна частина комплектуючих елементів є виробами електронної техніки (мікросхеми, напівпровідникові прилади, конденсатори, електричні роз'єми і т.д.). Інша частина елементів - це механічні та електромеханічні вузли (редуктори, електродвигуни), пневматичні і гідравлічні приводи і т.п. Передбачається, що для об'єкта

військової техніки визначена деяка загальна функція відповідно до його призначенням, і визначені ознаки працездатності (або непрацездатності) об'єкта щодо виконання цієї функції.

Наведено докладні приклади розв'язання обох задач.

У даній статті розроблена математична модель процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання об'єктів військової техніки. Модель призначена для прогнозування складу та ресурсу угруповання на найближчий період планування експлуатації технічних об'єктів. Як прогнозованих показників прийняті такі характеристики:

вектор, елементами якого є значення сумарного залишкового ресурсу об'єктів різних типів в момент часу; вектор, елементами якого є кількість об'єктів різних типів в момент часу. Дані показники залежать від дій, що робляться по заповненню ресурсу угруповання (від поставок в угруповання нових об'єктів техніки і проведення планових ремонтів, відновлюють ресурс об'єктів). Розроблена математична модель процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання дозволить здійснювати оптимальне планування забезпечення ЗИПом.

Ключові слова: угруповання об'єктів військової техніки, склад і ресурс, математична модель, витрачання та поповнення ресурсу.

д.т.н., проф. Ленков С.В., к.пед.н., доц. Толок І.В., к.т.н. Ленков Е.С.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТАВА И РЕСУРСА ГРУППИРОВКИ ОБЪЕКТОВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Характерной особенностью объектов военной техники является наличие в их составе большого количества (десятки, сотни тысяч) разнотипных комплектующих элементов, работа которых основана на различных физических принципах, имеющих различных производителей, различный уровень надежности, различные закономерности процессов износа и старения. Значительная часть комплектующих элементов является изделиями электронной техники (микросхемы, полупроводниковые приборы, конденсаторы, электрические разъемы и т.д.). Другая часть элементов – это механические и электромеханические узлы (редукторы, электродвигатели), пневматические и гидравлические приводы и т.п. Предполагается, что для объекта военной техники определена некоторая общая функция в соответствии с его предназначением, и определены признаки работоспособности (или неработоспособности) объекта относительно выполнения этой функции.

Приведены подробные примеры решения обеих задач.

В данной статье разработана математическая модель процессов расходования и восполнения ресурса группировки объектов военной техники. Модель предназначена для прогнозирования состава и ресурса группировки на ближайший период планирования эксплуатации технических объектов. В качестве прогнозируемых показателей приняты такие характеристики:

вектор, элементами которого являются значения суммарного остаточного ресурса объектов различных типов в момент времени; вектор, элементами которого является количество объектов различных типов в момент времени. Данные показатели зависят от предпринимаемых действий по восполнению ресурса группировки (от поставок в группировку новых объектов техники и проведения плановых ремонтов, восстанавливающих ресурс объектов). Разработанная математическая модель процессов расходования и восполнения ресурса группировки позволит осуществлять оптимальное планирование обеспечения ЗИПом.

Ключевые слова: группировка объектов военной техники, состав и ресурс, математическая модель, расходование и пополнение ресурса.

METHODS AND MEANS FOR CONTROL OF NUCLEAR MATERIALS STATE OF PROTECTIVE BARRIERS AT NUCLEAR POWER PLANTS

The key problem of nuclear power - radiation safety - is solved by ensuring the reliability of protective barriers main objects technological process of nuclear power plants (NPP) operation: fuel rods, fuel assemblies (fuel assemblies), coolant transfer circuits, etc.

Radiation sensors of new generation created in this work and measuring systems based on them open previously unknown possibilities in solving problems of analyzing nuclear fuel, increasing the accuracy and efficiency of monitoring technological parameters and the state of protective barriers in nuclear power plants.

When analyzing existing radiation sensors, it was found that, due to their iterative nature, they have several disadvantages: their rate of convergence is low (moreover, their convergence in the general case has not been proven at all), respectively, counting time can be so great that the algorithm can be inapplicable in real time when performing regular technological operations; all algorithms use empirical starting parameters of the iterative process, on which convergence also strongly depends; in some cases, an unsuccessful choice of the parameter iterative process may increase counting time to values that are unacceptable in practice, and may cause a divergence of iterative process. However, main disadvantage of such algorithms should be considered as unsuitability for solving tomography problem in the case of a large number conditionality matrix weights of fuel elements.

The use of algebraic reconstructive passive tomography (ART) methods for reconstructing the image internal structure of fuel assemblies was proposed for the first time. For this purpose, a new algorithm for passive tomography of nuclear fuel has been developed using the example of the WWPR-1000, which uses the angular projection method of the fuel assembly's own radiation. Computer experiments on the tomography of this object showed that measuring the radiation intensity at 360 points of detector location relative to fuel assembly axis for two or more energy values of the gamma radiation references ^{134}Cs isotope is optimal. In this case, the proposed ART method allows identifying defective fuel elements with a leakage level of more than 30% on reconstructed tomograms, as well as the absence of fuel elements in the fuel assembly. It has been proposed to replace ionization sensors with CdZnTe-detectors in a modern coolant flow control system.

Keywords: algebraic reconstructive passive tomography, CdZnTe-detectors, radiation sensors, protective barriers.

Introduction. The development of modern detection units designed to monitor the state of protective barriers by measuring the gamma-radiation dose rate in the air as part of the NPP radiation monitoring systems is an important and urgent task. The detection units of the RSME-03 system currently in operation have exhausted their resources (RSME – radiation safety monitoring equipment). The system itself, developed more than 20 years ago, has not only developed its resource, but is also morally obsolete. Obviously, new detection units should have higher metrological and operational indicators. A significant improvement in the metrological and operational characteristics of the detectors, as shown above, can only be obtained through the use of new materials, in particular, wide-gap semiconductors such as CdZnTe.

Formulation of the problem. The aim of this work is to develop new improved methods and means of controlling nuclear materials and the state protective barriers at nuclear power plants. Creation of new generation radiation sensors and measuring systems based on them.

Analysis of recent research. Methods for tomographic analysis objects of different physical nature, i.e. the restoration of the physical structure an object from physical fields measured outside the object, as a rule, on a closed surface, originated in the 70s of the 20th century. in connection with the construction of x-ray tomographic images of human organs [1]. In the 80s tomographic methods were widely used in industry for flaw detection [2, 3]. Most of the methods developed to date, as a rule, use active tomography, which assumes the presence of a radiation source passing through the

object being examined, and a receiver (or group of receivers) recording the radiation transmitted through the object. To analyze the state of nuclear fuel (NF), in particular, fuel assemblies, it is advisable to use passive emission tomography, based on the registration of its own gamma radiation from fission products (FP) NF, followed by determination of their activity inside the studied fuel assembly.

A rather limited number of papers are devoted to the actual tasks passive emission tomography of nuclear fuel. All of them are made at Uppsala University (Department of Radiation Sciences, Uppsala, Sweden). In particular, in the most thorough pioneering work, as in the subsequent works of Swedish researchers, task was to substantiate theoretically passive emission tomography of the BWR fuel assembly produced by ABB Atom, Sweden of a square form containing $8 \times 8 = 64$ round fuel rods [4]. The goal of this work was to establish the absence of one or more fuel rods in the fuel assembly, since the task of nuclear fuel imaging was solved within the framework program for ensuring the non-proliferation of nuclear materials.

The analysis of state questions led to the following conclusions:

- there is a fundamental possibility of using emission gamma tomography of nuclear fuel in order to restore the distribution of fission products by the example of a fuel assembly of a BWR reactor with 64 fuel rods;
- for a fuel assembly of WWPR-1000 reactor containing much more structural elements, development of a new, more efficient tomography algorithm is required;
- from point view of real-time tomography implementation when performing routine operations with nuclear fuel, in particular, overloading, is required sufficiently high computational efficiency of the algorithm.

Main part. The implementation of the developed algorithm NF WWPR-1000 computed tomography requires a modern high-resolution CdZnTe-detector or a set of spatially distributed detectors, a digital gamma-spectrometric tract and an average-performance computer for processing and interpreting the tomography results. For the formation of spatial projections self-radiation field of a fuel assembly, several methods are possible: discrete angular displacement of a controlled fuel assembly around its own axis, placement of a sufficiently large number detectors around a controlled fuel assembly, placement of gamma-radiation detectors at several angular positions around the fuel assemblies. Regardless of the method implementing computed tomography, it is very difficult, from a constructive point of view, to radially move a gamma detector or a controlled fuel assembly. Therefore, further computed tomography of nuclear fuel is investigated only for the angular projections of self-radiation of fuel assemblies [5].

When the detector is located at the n -th observation point at a distance R_n from the fuel assembly axis, measured gamma radiation intensity of the i -th isotope with energy $E_{\gamma j}$ at the detector location is:

$$I_n^i = \sum_m A_{mi} k_{ij} w_{mn} \varepsilon(E_{\gamma j}), \quad (1)$$

where A_{mi} – is the activity of i -th isotope for m -th fuel element, taking into account its real state; k_{ij} – gamma line output with number j for i -th isotope; w_{mn} – contribution factor of m -th fuel element to the radiation intensity of i -th isotope with energy, taking into account the effects of attenuation during propagation of gamma-radiation beam from m -th fuel rod to the n -th observation point; $\varepsilon(E_{\gamma j})$ – detection efficiency of the detector for energy $E_{\gamma j}$, $m=1, \dots, M$, where M is the total number of fuel rods in the fuel assembly.

The method of calculating the contribution coefficients of individual fuel elements is described below [6, 7].

When measuring in the selected peak of the total absorption of a specific reference isotope, you can omit the constants k_{ij} , $\varepsilon(E_{\gamma j})$, and write the expression (1) in a simplified form:

$$I_n = \sum_m A_m w_{mn} \cdot \quad (2)$$

The principle of the tomographic study fuel assemblies consists in making n measurements of the intensity γ -radiation for different mutual arrangements of the detector and fuel assembly, in particular, for different angular positions of the detector. This makes it possible to form a system of n equations of the form (2), which is usually called the system of projections in algebraic reconstructive tomography, in this case angular.

The task of algebraic reconstructive tomography is the restoration m values of activity A_m fuel rods inside fuel assemblies for the selected reference isotope by solving the resulting system of equations. In this formulation, in this paper (as opposed to [8, 9]), we formulate problem of tomography on the principle of “one tvel – one pixel of the reconstructed tomogram”. A more detailed tomography is possible – by dividing the cross-sectional area of a fuel element by several pixels in accordance with a particular fuel assembly geometry. However, the simulation results below show that there is no practical need.

When solving the problem, computer experiments were carried out on the tomography process of fuel assemblies the WWPR-1000. Below are some data for the WWPR-1000 FA, which is generally valid.

To form the system of equations (2), measured intensities were calculated at 360 detector location points for a constant distance “FA detector axis” (i.e. FA rotate pitch in the pickup bar of reloading machine was taken to be 1 degree). For 331 elements of fuel assemblies, activity reference isotopes was set: for all 312 fuel rods single, for 19 core holes – zero. Thus, a system of equations of field projections was formed:

$$WA = I, \quad (3)$$

where W – is matrix of contributions (weights) of fuel rods dimension (360x331); A – column vector of reconstructed fuel rod activities of dimension (331x1); I – column vector of measured intensities dimension (360x1).

To simulate the noise accompanying field measurements, generated vector components were superimposed with normal noise with a dispersion equal to 5-10% of the value maximum vector component [10, 11, 12]:.

$$A = W^{\#}I. \quad (4)$$

The pseudo-inverse matrix $W^{\#}$ corresponding to $(m \times n)$ matrix W is uniquely determined by the components of the decomposition of the matrix W by singular numbers according to the procedure of the SVD-decomposition. A detailed algorithm for the formation of a pseudo-inverse matrix is described below.

Figure 1 shows the reconstructed tomograms of FA for gamma radiation ^{134}Cs (1365 keV) for well-identified in the spectra of its own gamma radiation SNF with a short exposure time of the line ^{134}Cs (sum of lines with energies 795.8 keV and 801.8 keV). Analysis of reconstructed tomograms shows that for energy of the order of 800 keV with a dispersion recovery of the order of 0.024, only two external rows of fuel elements are restored. In this case, almost all core holes are restored.

The distribution of fission products can be used to control the integrity of cladding fuel elements, since in the case of depressurization fuel elements, the distributions of lightly moving and slow-moving fission products will differ. An increase in the average burnup of nuclear fuel in the zone up to 60-70 GW day / t leads to significant values of local burnout. This allows you to more confidently identify leaking fuel rods.

Figure 2 shows reconstructed tomograms of a fuel assembly containing one unpressurized fuel element with a microdefect. Tomography was performed for the ^{154}Eu line (1274 keV). On color scale of the restoration error, it is clearly seen that assessment of the violation tightness of a fuel rod significantly exceeds calculation error.

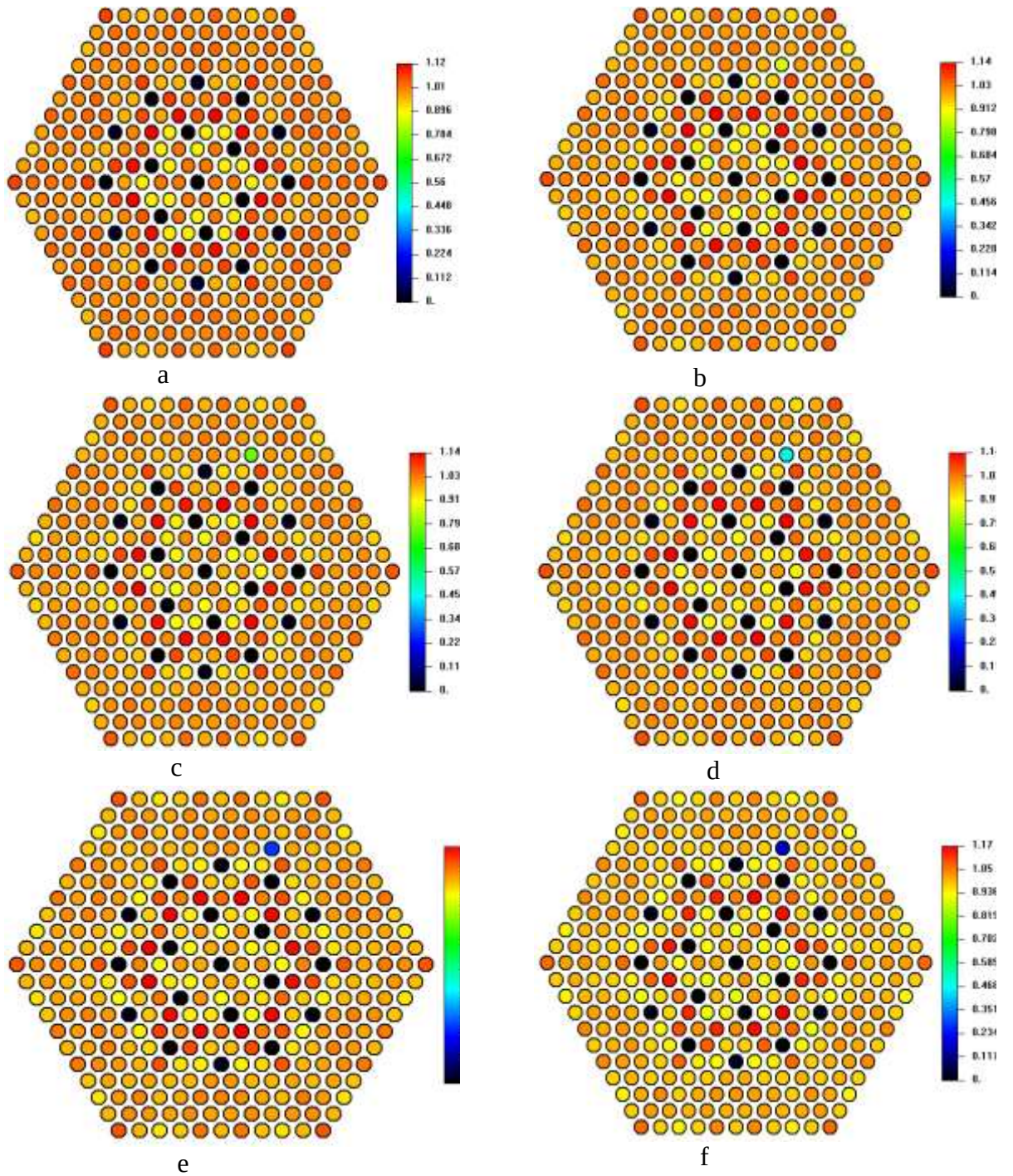


Fig. 1. FA tomograms recovered from ^{134}Cs (1365 keV) and ^{134}Cs radiation (sum of lines with energies of 795.8 keV and 801.8 keV):

a – with intact fuel elements. With a decrease in activity in a single fuel element on a site up to 20 cm high: b – by 10%; c – by 20%; d – by 50%; e – 70%; f – by 80%

Questions of the practical implementation of gamma-emission tomography in real time during the fuel overload required an estimate of the time spent on calculations. It has been established that the time spent on tomogram restoration increases with an increase in the condition number of the matrix (or with a decrease in the energy of reference isotope).

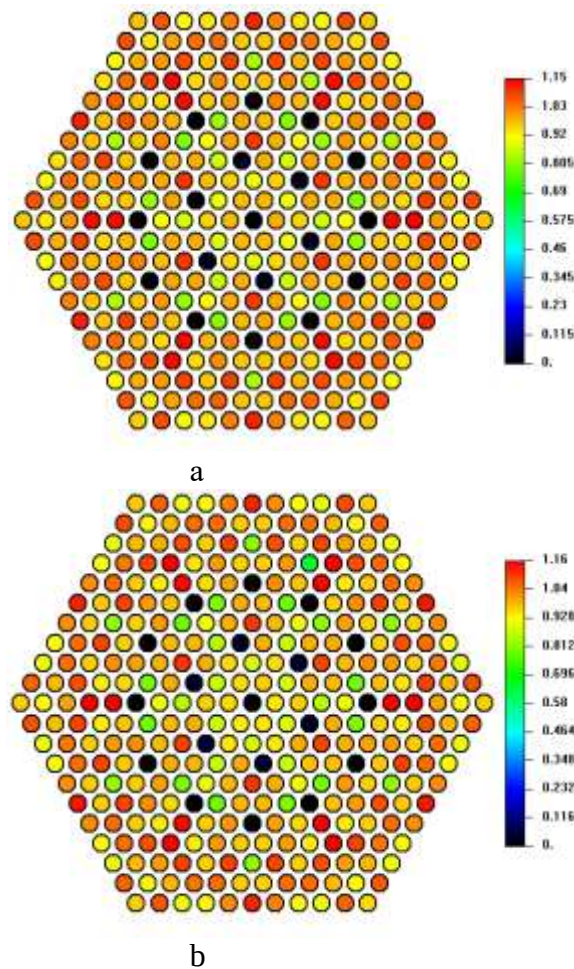


Fig. 2. Restored tomograms of TA with a defective tvl: a – with 10%; b – 30% loss of activity due to leakage (defective tvl number 45)

A rough estimate of the estimated time to restore a tomogram on a computer gives a value from 31.4 s for ^{134}Cs (1365 keV) (the matrix condition number is $4.2 \cdot 10^6$) to 49.9 s (condition number is 4.2 4106). Such time costs are quite acceptable and do not violate the real-time performance of the routine technological operations [10].

Conclusions. The use of algebraic reconstructive passive tomography (ART) methods for reconstructing the image of the internal structure of fuel assemblies was proposed for the first time. For this purpose, a new algorithm for passive tomography of nuclear fuel has been developed using the example of the WWPR-1000, which uses the angular projection method of the fuel assembly's own radiation. Computer experiments on the tomography of this object showed that measuring the radiation intensity at 360 points of detector location relative to fuel assembly axis for two or more energy values of the gamma radiation of the reference ^{134}Cs isotope is optimal. In this case, the proposed ART method allows identifying defective fuel elements with a leakage level of more than 30% on reconstructed tomograms, as well as the absence of fuel elements in the fuel assembly.

Under these conditions, the time spent on computerized tomogram recovery does not exceed 50 s. Similar results are provided by using detectors based on CdZnTe-detectors, created in this work, for solving these problems.

It has been proposed to replace ionization sensors with CdZnTe-detectors in a modern coolant flow control system. Due to this benefits:

- the sensor can be placed at any point of control circulations coolant;
- simplifies the design of protection device from the environment;
- it remains possible to use the existing method of correlation measurement coolant flow rate by isotope activity, allowing for an accuracy of control at least 2%.

REFERENCTS:

1. Vavilov V.S. Effect of radiation on semiconductors / V.S. Vavilov, N.P. Kekelidze, L.S. Smirnov. - M.: Science, 1988. - 192 p.
2. Lenkov S.V. Physico-technical basis of radiation technology semiconductors / S.V. Lenkov, V.A. Mokritsky, D.A. Peregudov, G.T. Tarielashvili. - Monograph. - Odessa: Astroprint, 2002. - 297 p.
3. Garkavenko A.C. Radiation modification of the physical properties of wide-gap semiconductors and the creation of high-power lasers on their basis / Lviv: ZUKTS, 2012. - 258 p.
4. Bansak O.V. Semiconductor detectors of new generation for radiation monitoring and dosimetry of ionizing radiation / O.V. Bansak, O.V. Maslov, V.A. Mokritsky: Ed. V.A. Mokritskogo, O.V. Maslova. - Monograph. - Odessa, 2013. - Publishing House "WWII". - 220 s.
5. Bouchet J.M. PWR primary flow measurements by correlation analysis of nitrogen-16 fluctuations / J.M. Bouchet, et al. - Progress in Nuclear Energy. - 1982. - Vol. 9.
6. Awadalla S.A. Characterization of detector-grade CdZnTe crystals grown by traveling heater method (THM) / S.A. Awadalla, J. Mackenzie, H. Chen, eds. // Journal of Crystal Growth. - Vol. 312, issue 4. - 2010. - 507-513c.
7. Grybos P. Front-end Electronics for Multichannel Semiconductor Detector Systems; EuCARD Editorial Series on Accelerator Science and Technology, Vol.08 / Institute of Electronic Systems Warsaw University of Technology. - Warsaw: 2010. - 201 p.
8. Dumitrescu A. Comparison of a digital and an analogical gamma spectrometer at low count rates / A. Dumitrescu // U.P.B. Sci. Bull., Series A. - Vol. 73. - Iss. 4, 2011. - P. 127-138.
9. Maslov O. Passive Computer Gamma- Tomography of Nuclear Fuel / O. Maslov, V. Mokritsky, O. Bansak, // ANIMMA. Third International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications - Marseille, June 23-27, 2013. - Book of Abstracts - P. 51.
10. Maslov O.V. The Improved CdZnTe Dose Rate Probe / O.V. Maslov, M.V. Maksimov, L.L. Kalnev // 2008 IEEE Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and 16th Room Temperature Semiconductor Detector Workshop - Dresden: 19-25 Oct. 2008. - P. 12-87.
11. Masuruk K. Dopant incorporation during liquid phase epitaxy / K. Masuruk, T. Bryskewicz // J. Appl. Phys., 1981. - V. 52. - N3. - part 1. - P. 1347-1350.
12. Maslov O. Multiple energies passive computer tomography of nuclear fuel / O. Maslov // Proceedings of the International Ukrainian-Japanese Conference on Scientific and Industrial Cooperation - Odesa 24 - 25 October 2013. - P. 114-116.

**д.т.н., проф. Мокрицький В.А., д.т.н., доц. Маслов О.В., д.т.н., доц. Банзак О.В.
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ І СТАНУ ЗАХИСНИХ
БАР'ЄРІВ НА АЕС**

Ключова проблема ядерної енергетики - радіаційна безпека - вирішується шляхом забезпечення надійності захисних бар'єрів основних об'єктів технологічного процесу функціонування АЕС: твелів, тепловиділяючих збірок (ТВЗ), контурів передачі теплоносія та ін.

Створені в даній роботі радіаційні датчики нового покоління і вимірювальні системи на їх основі відкривають раніше невідомі можливості в рішенні задач аналізу ядерного палива, збільшення точності і ефективності контролю технологічних параметрів і стану захисних бар'єрів в АЕС.

При аналізі існуючих радіаційних датчиків було встановлено, що, у зв'язку з їх ітеративним характером, вони мають ряд недоліків: швидкість збіжності їх невисока (більш того, збіжність їх в загальному випадку взагалі не доведена), відповідно час рахунку може бути великим настільки, що алгоритм може бути непридатний в реальному масштабі часу при здійсненні штатних технологічних операцій; всі алгоритми використовують емпіричні стартові параметри ітераційного процесу, від яких також сильно залежить збіжність; в окремих випадках невдалий вибір параметра ітераційного процесу може збільшити час рахунку до неприпустимих на практиці значень, а може викликати розбіжність ітераційного процесу. Однак головним недоліком таких алгоритмів слід вважати непридатність для вирішення завдання томографії в разі великого числа обумовленості матриці вагових коефіцієнтів твелів.

Вперше запропоновано використання методів алгебраїчної реконструктивної пасивної томографії (АРТ) для відновлення зображення внутрішньої структури тепловиділяючих збірок. З цією метою розроблено новий алгоритм пасивної томографії ядерного палива на прикладі ВВЕР-

1000, який використовує спосіб кутових проекцій власного випромінювання ТВЗ. Комп'ютерні експерименти томографії даного об'єкта показали, що оптимальними є вимірювання інтенсивності випромінювання в 360 точках розташування детектора щодо осі ТВЗ для двох і більше значень енергії гамма-випромінювання реперного ізотопу ^{134}Cs . В цьому випадку запропонований метод АРТ дозволяє ідентифікувати на відновлених томограмах дефектні твєли з рівнем протікання більше 30%, а також відсутність твєлів в ТВЗ. Запропоновано в сучасній системі контролю витрат теплоносія замінити іонізаційні датчики на CdZnTe-детектори.

Ключові слова: алгебраїчна реконструктивна пасивна томографія, CdZnTe-детектори, радіаційні датчики, захисні бар'єри

д.т.н., проф. Мокрицкий В.А., д.т.н., доц. Маслов О.В., д.т.н., доц. Банзак О.В.
**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СОСТОЯНИЯ
ЗАЩИТНЫХ БАРЬЕРОВ НА АЭС**

Ключевая проблема ядерной энергетики – радиационная безопасность – решается путем обеспечения надежности защитных барьеров основных объектов технологического процесса функционирования АЭС: твэлов, тепловыделяющих сборок (ТВС), контуров передачи теплоносителя и др.

Созданные в данной работе радиационные датчики нового поколения и измерительные системы на их основе открывают ранее неизвестные возможности в решении задач анализа ядерного топлива, увеличения точности и эффективности контроля технологических параметров и состояния защитных барьеров в АЭС.

При анализе существующих радиационных датчиков было установлено, что, в связи с их итеративным характером, они обладают рядом недостатков:

скорость сходимости их невысока (более того, сходимость их в общем случае вообще не доказана), соответственно время счета может быть велико настолько, что алгоритм может быть неприменим в реальном масштабе времени при осуществлении штатных технологических операций; все алгоритмы используют эмпирические стартовые параметры итерационного процесса, от которых также сильно зависит сходимость; в отдельных случаях неудачный выбор параметра итерационного процесса может увеличить время счета до недопустимых на практике значений, а может вызвать расходимость итерационного процесса. Однако главным недостатком таких алгоритмов следует считать непригодность для решения задачи томографии в случае большого числа обусловленности матрицы весовых коэффициентов твэлов.

Впервые предложено использование методов алгебраической реконструктивной пассивной томографии (АРТ) для восстановления изображения внутренней структуры тепловыделяющих сборок. С этой целью разработан новый алгоритм пассивной томографии ядерного топлива на примере ВВЭР-1000, который использует способ угловых проекций собственного излучения ТВС. Компьютерные эксперименты томографии данного объекта показали, что оптимальными являются измерения интенсивности излучения в 360 точках расположения детектора относительно осей ТВС для двух и более значений энергии гамма-излучения реперного изотопа ^{134}Cs . В этом случае предложенный метод АРТ позволяет идентифицировать на восстановленных томограммах дефектные твэлы с уровнем протечки более 30 %, а также отсутствие твэлов в ТВС. Предложено в современной системе контроля расхода теплоносителя заменить ионизационные датчики на CdZnTe-детекторы.

Ключевые слова: алгебраическая реконструктивная пассивная томография, CdZnTe-детекторы, радиационные датчики, защитные барьеры.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ В РЕЗУЛЬТАТІ НАКЛАДАННЯ ШУМУ

Задача забезпечення якісної експертизи цілісності інформаційних контентів, зокрема цифрових зображень, що розглядаються у роботі, є на сьогоднішній день актуальною, але такою, що не має остаточного розв'язку. Однією з найпоширеніших операцій при несанкціонованих змінах зображень є операція накладання шуму, реалізована у всіх графічних редакторах. Накладання шуму використовується в ході атаки проти вбудованого повідомлення при організації прихованого каналу зв'язку, накладання шуму на зображення-стеганоповідомлення може використовуватися для «маскування» наявності вбудованої в нього додаткової інформації, для того, щоб приховати результати клонування, фотомонтажу й т.д. Нещодавно на основі матричного аналізу й теорії збурень був розроблений новий підхід до розв'язку задачі виявлення порушення цілісності зображення, який добре зарекомендував себе при розв'язку основної задачі стеганоаналізу. Метою статті є подальший розвиток згаданого підходу для забезпечення можливості використання його для виявлення порушення цілісності цифрового зображення, що відбулося в результаті накладання на нього різних шумів. У ході роботи теоретично обґрунтовано й практично підтверджено, що для оригінальних зображень відносні кількості блоків малих розмірів їх матриць, для яких величина кута між лівим (правим) сингулярним вектором, що відповідає максимальному сингулярному числу, і нормованим вектором квадратів сингулярних чисел дорівнює куту між n -оптимальним вектором і першим вектором стандартного базису відповідного простору, незначно відрізняються одна від іншої, чого не можна сказати про зображення, що зазнали накладання різних шумів. Встановлення кількісних відмінностей зазначених параметрів дасть можливість для розробки відповідного методу виявлення результатів накладання на цифрове зображення шуму.

Ключові слова: цифрове зображення, порушення цілісності, сингулярний вектор, сингулярні числа, n -оптимальний вектор, накладання шуму.

Вступ та аналіз останніх досліджень. Цілісність будь-якого інформаційного контенту є одним з основних критеріїв його захисту, можливості його використання з метою, що відрізняється від розважальної [1-3]. Цифрові зображення (ЦЗ), які на сьогоднішній день мають значне поширення в різних областях людської діяльності, є такими об'єктами, зміни яких надзвичайно легко здійснити засобами існуючих численних графічних редакторів. І хоча будь-яке порушення цілісності в кожному разі є небажаним, оскільки змінює інформацію оригіналу, залежно від цілей проведених змін їх результат може приводити до різних наслідків: від умовно позитивних (наприклад, при ретушуванні ЦЗ для естетичних цілей [4]) до однозначно негативних (наприклад, коли несанкціоновані зміни проводяться на документах, що мають важливе значення [5,6]), роблячи задачу виявлення порушень цілісності актуальною.

Однією з самих поширених операцій при порушеннях цілісності ЦЗ є операція накладання шуму, реалізована у всіх графічних редакторах і програмних середовищах, що займаються обробкою зображень. Накладання шуму використовується в ході атаки проти вбудованого повідомлення на стеганоповідомлення [7,8] (у цьому випадку виявлення шуму дасть можливість організаторам прихованого (стеганографічного) каналу зв'язку виявити факт його моніторингу); накладання шуму на ЦЗ-стеганоповідомлення може використовуватися відправником для маскування наявності вбудованої додаткової інформації [9] (у цьому випадку стеганоалгоритм, що використовується, повинен бути стійким до атак проти вбудованого повідомлення, зокрема, до накладання шуму), для того, щоб завуалювати результати клонування, фотомонтажу [10] і т.д. Тому забезпечення ефективного виявлення

результатів накладання різних шумів має велике значення в процесі встановлення оригінальності/порушення цілісності ЦЗ.

Мета статті та постановка задач. В [11] був запропонований новий підхід до виявлення порушення цілісності ЦЗ, заснований на аналізі сингулярних чисел (СНЧ) і сингулярних векторів (СНВ) блоків матриці зображення, який дав можливість для розробки ефективного стеганоаналітичного методу [11], що говорить про перспективність згаданого підходу для розв'язку задач інформаційної безпеки. Цей підхід отримав свій подальший розвиток в [12], де було встановлено, що для оригінальних ЦЗ в більшості $l \times l$ – блоків, отриманих шляхом стандартної розбивки [13] матриці зображення, виконується співвідношення:

$$\angle(u_1, \bar{\sigma}) \approx \angle(v_1, \bar{\sigma}) \approx \angle(n^0, e_1), \quad (1)$$

де $\angle(a, b)$ – кут між відповідними векторами a, b ; u_1 і v_1 – відповідно лівий і правий СНВ $l \times l$ – блока, що отримані шляхом його нормального сингулярного розкладання [11, 12], які відповідають максимальному сингулярному числу σ_1 цього блока, $\sigma_1 \geq \dots \geq \sigma_l \geq 0$ – СНЧ блока,

$$\bar{\sigma} = (\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_l^2)^T / \|(\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_l^2)^T\| \in R^l, \quad (2)$$

$n^0 = (1/\sqrt{l}, 1/\sqrt{l}, \dots, 1/\sqrt{l})^T \in R^l$ – n -оптимальний вектор простору R^l , $e_1 = (1, 0, \dots, 0) \in R^l$ – перший вектор стандартного базису R^l .

В [11] показано, що найбільш прийнятними із практичної точки зору (тобто такими, для яких теоретичні положення розробленого там підходу виконуються найбільш точно на практиці) є блоки матриці ЦЗ розміром 4×4 пікселя. Блоки меншого розміру розглянуті не були. У даний момент для автора найбільший інтерес із погляду виконання встановленого їм співвідношення (1) представляють блоки розміру 4×4 і 2×2 , оскільки останні мають деякі особливості і переваги, зазначені нижче, з погляду використовуваного способу розв'язку задачі, що розглядається.

Метою дослідження є подальший розвиток підходу, запропонованого в [11] і вдосконаленого в [12], для можливості використання його при розробці методу виявлення порушення цілісності ЦЗ в результаті накладання на нього шуму.

Для досягнення мети в роботі необхідно розв'язати наступні задачі:

1. Обґрунтувати теоретично якісну відповідність між відносними кількостями 4×4 – і 2×2 – блоків оригінальних/неоригінальних (отриманих у результаті накладання шуму) ЦЗ, для яких виконується співвідношення (1);

2. Знайти кількісне співвідношення між відносними кількостями 4×4 – і 2×2 – блоків оригінальних/неоригінальних (отриманих у результаті накладання шуму) ЦЗ, для яких виконується співвідношення (1).

Викладення основного матеріалу. Співвідношення (1), теоретично обґрунтоване в [12], говорить про аналогію властивостей лівого (u_1) і правого (v_1) СНВ блоків ЦЗ, отриманих шляхом стандартної розбивки його матриці. Тому скрізь нижче розглядаються тільки ліві СНВ блоків, що відповідають максимальних СНЧ.

Для того, щоб кількісно оцінити «ступінь наближення» у співвідношенні (1), був проведений обчислювальний експеримент, у якому були задіяні ЦЗ з баз, традиційно використовуваних при роботі із ЦЗ [14-16], а також зображення, зроблені непрофесійними відеокамерами:

- множина $M_1^{(1)}$: 400 ЦЗ в форматі Tif [14] розміром 1000×1000 пікселів;
- множина $M_2^{(1)}$: 150 ЦЗ в форматі Tif [15] розміром 500×500 пікселів;

- множина $M_3^{(1)}$: 160 ЦЗ в форматі Tif розміром 1000×1000 пікселів, зроблених непрофесійними відеокамерами;
- множина $M_4^{(1)}$: 450 ЦЗ в форматі Jpeg [16] розміром 500×500 пікселів;
- множини $M_{1,QF}^{(1)}$, де $QF \in Q = \{55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95\}$, отримані шляхом Perezбереження 100 ЦЗ, обраних довільно з $M_1^{(1)}$, в формат Jpeg з коефіцієнтами якості QF ;
- множини $M_{2,QF}^{(1)}$, отримані аналогічним шляхом, де Perezбереженню у формат із втратами піддавалися всі ЦЗ з $M_2^{(1)}$.

Таким чином, в експерименті було задіяно 710 ЦЗ у форматі без втрат і 2700 ЦЗ у форматі з втратами, при цьому для $\forall QF \in Q: |M_{1,QF}^{(1)}| = 100, |M_{2,QF}^{(1)}| = 150$. У ході експерименту більша увага навмисно приділялася ЦЗ у форматі із втратами в силу їх більшої поширеності й використанню в даний момент.

У ході обчислювального експерименту на цьому етапі для кожного ЦЗ з перерахованих вище множин будувалася гістограма значень кутів між векторами u_1 і $\bar{\sigma}$ 4×4 – блоків. Для гістограми знаходилася мода. Теоретично відповідно до (1) ця мода повинна дорівнювати 60° . У ході експерименту підраховувалася кількість ЦЗ, для яких мода гістограми відрізнялася від 60° . Результати наведені в табл.1.

Таблиця 1

Кількість ЦЗ, для яких мода гістограми значень кутів між векторами u_1 і $\bar{\sigma}$ 4×4 – блоків відрізняється від 60° , у різних множинах оригінальних ЦЗ (щодо загальної кількості ЦЗ в розглянутих множинах (%))

$M_1^{(1)}$	$M_2^{(1)}$	$M_3^{(1)}$	$M_4^{(1)}$	$M_{1,QF}^{(1)},$ $QF = 55 + 5(i - 1), i = \overline{1,9}$									$M_{2,QF}^{(1)},$ $QF = 55 + 5(i - 1), i = \overline{1,9}$								
				i									i								
				9	8	7	6	5	4	3	2	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	0	0	1.7	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦЗ у форматі без втрат (по всьому експерименту)											ЦЗ у форматі з втратами (по всьому експерименту)										
0.5											0.5										

Таблиця 1 дає наочне практичне підтвердження того, що для більшості блоків оригінального ЦЗ співвідношення $\angle(u_1, \bar{\sigma}) \approx \angle(n^\circ, e_1) = 60^\circ$ має місце, причому незалежно від його формату (з/без втрат).

Покажемо тепер, що для оригінального ЦЗ кількість 2×2 – блоків (у відсотковому відношенні до загальної кількості 2×2 – блоків), для яких кут між векторами u_1 і $\bar{\sigma}$ відповідно до (1) становить 45° , приблизно дорівнює кількості 4×4 – блоків (у відсотковому відношенні до загальної кількості 4×4 – блоків), для яких кут між векторами u_1 і $\bar{\sigma}$ становить 60° . Розглянемо блок ЦЗ B_l довільного розміру $l \times l$ з СНЧ $\sigma_1(B_l) \geq \sigma_2(B_l) \geq \dots \geq \sigma_l(B_l) \geq 0$. Виходячи з (1), отримуємо, що

$$\angle(u_1, \bar{\sigma}) = \angle(n^\circ, e_1) \quad (3)$$

у випадку, коли $u_1 = n^\circ$, а $\bar{\sigma} = e_1$. Очевидно, що друга рівність означає, що для вектора $\bar{\sigma}$, що визначається відповідно до (2), має місце співвідношення:

$$\sigma_2(B_l) = \dots = \sigma_l(B_l) = 0, \quad (4)$$

тобто такий блок B_l визначається єдиною сингулярною трійкою: $(\sigma_1(B_l), u_1(B_l), v_1(B_l))$. Як відомо [17], така сингулярна трійка відповідає в ЦЗ, головним чином, низькочастотній складовій (тобто областям ЦЗ з малими перепадами значень яскравості – фоновим областям). Таким чином, блоки ЦЗ, для яких (3) виконується точно, належать, головним чином, областям зображення з малими перепадами значень яскравості. Однак умова малого перепаду яскравості в загальному випадку не гарантує в точності умову (4). Більш того, на практиці перевірено, що для блоків оригінального ЦЗ, для яких $l \geq 8$, умова (4) не буде виконуватися в точності практично ніколи навіть в областях з малими перепадами значень яскравості, оскільки малі перепади значень у загальному випадку не гарантують лінійну залежність стовпців (рядків), що містять достатньо велику кількість ($l \geq 8$) елементів, матриці (блоку матриці). Наприклад, для блоку B_8 (рис.1(б)) сингулярний спектр має вигляд:

$$1223.3, 3.1, 2.1, 1.6, 1.2, 1.0, 0.3, 0.1, \quad (5)$$

хоча сам блок очевидно належить фоновій частині ЦЗ (рис.1(а)). Однак з урахуванням кореляції значень яскравості пікселів, що знаходяться поряд, яка має місце в оригінальних ЦЗ [13], для блоків малого (і це принципово важливо) розміру ($l \leq 4$) в області з малими перепадами яскравості співвідношення (4) буде мати місце, причому, оскільки найближчі сусіди пікселя – це пікселі, що знаходяться від нього ліворуч, праворуч, зверху, знизу [13], то міра лінійної залежності стовпців (рядків) блоку 4×4 буде порівнянна з аналогічним показником для 2×2 – блоків, отриманих стандартною розбивкою блоку 4×4 . Так для приклада, представленого на рис.1, сингулярний спектр верхнього лівого 4×4 -блоку B_8 (рис.1(б)) визначається як

$$609.5, 0.9, 0.0, 0.0, \quad (6)$$

а для 2×2 – блоків, що його складають, сингулярні спектри будуть визначатися наступним чином:

$$305.5, 0.4; \quad 305.0, 0; \quad 304.5, 0.4; \quad 304, 0. \quad (7)$$

Якщо порівняти отримані результати (6) і (7) для B_4 і блоків B_2 , що його складають, то треба відзначити, що відповідності між ними не випадкові. Дійсно, в [17] показано, що для ЦЗ з $n \times n$ – матрицею F , елементи якої $f_{ij}, i, j = \overline{1, n}$, а СНЧ – $\sigma_i(F), i = \overline{1, n}$, має місце співвідношення:

$$\sum_{i,j=1}^n f_{ij}^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2(F). \quad (8)$$

У силу значної корельованості у фоновій області значень яскравості пікселів у межах B_4 з (8) буде впливати, що для такого блоку

$$\sigma_1^2(B_4) = \sum_{i,j=1}^4 (b_{ij}^{(4)})^2, \quad (9)$$

де $b_{ij}^{(4)}, i, j = \overline{1, 4}$, – елементи матриці B_4 , що порівнянні між собою. Тоді (9) можна представити в вигляді:

$$\sigma_1^2(B_4) \approx 4(b_{11}^{(4)})^2 + 4(b_{15}^{(4)})^2 + 4(b_{51}^{(4)})^2 + 4(b_{55}^{(4)})^2 \approx \sigma_1^2(B_2^{(1)}) + \sigma_1^2(B_2^{(2)}) + \sigma_1^2(B_2^{(3)}) + \sigma_1^2(B_2^{(4)}) \approx$$

$$\approx 4\sigma_1^2(B_2^{(1)}) \approx 4\sigma_1^2(B_2^{(2)}) \approx 4\sigma_1^2(B_2^{(3)}) \approx 4\sigma_1^2(B_2^{(4)}),$$

де $B_2^{(i)}, i = \overline{1,4}$ – 2×2 – блоки, які є результатом стандартної розбивки B_4 , звідки

$$2\sigma_1(B_2^{(1)}) \approx 2\sigma_1(B_2^{(2)}) \approx 2\sigma_1(B_2^{(3)}) \approx 2\sigma_1(B_2^{(4)}) \approx \sigma_1(B_4),$$

що й ілюструє приклад, наведений на рис.1(б). Подібна ситуація очевидно буде мати місце для СНЧ блоків B_{2^k} і $B_{2^{k-1}}$ (на які блок B_{2^k} розбивається стандартним чином) у випадку, коли B_{2^k} належить області ЦЗ із малими перепадами значень яскравості (див. сингулярні спектри (5) і (6) для B_8 і B_4 відповідно).



а

$$B_8 = \begin{bmatrix} 152 & 152 & 152 & 152 & 153 & 154 & 153 & 153 \\ 153 & 154 & 153 & 153 & 154 & 154 & 154 & 153 \\ 152 & 153 & 152 & 152 & 153 & 154 & 154 & 152 \\ 152 & 152 & 152 & 152 & 152 & 152 & 154 & 153 \\ 153 & 153 & 153 & 153 & 153 & 152 & 153 & 154 \\ 153 & 153 & 153 & 153 & 153 & 152 & 153 & 153 \\ 154 & 153 & 153 & 153 & 153 & 153 & 153 & 153 \\ 153 & 152 & 152 & 154 & 154 & 153 & 153 & 153 \end{bmatrix}$$

б

Рисунок 1 – Приклад відповідності, що має місце між блоками різного розміру області оригінального ЦЗ із малими перепадами значень яскравості: а – вхідне ЦЗ із покажчиком на розглянутий блок; б – матриця 8×8 – блоку ЦЗ з вказаної області

Таким чином, для 4×4 – і 2×2 – блоків областей ЦЗ із малими перепадами значень яскравості співвідношення (3) буде виконуватися з дуже незначною похибкою за рахунок того, що співвідношення (4) буде виконуватися практично точно. Області ЦЗ із малими перепадами значень яскравості, що складаються з 4×4 – , 2×2 – блоків, у силу *малих розмірів блоків*, що розглядаються, будуть відрізнятися по площі дуже незначно (рис.2), а це означає, що відносні (стосовно загального числа блоків зображення) кількості 4×4 – , 2×2 – блоків у зазначених областях будуть порівнянні одна з іншою. Таким чином, кількості 4×4 – і 2×2 – блоків в ЦЗ, для яких $\angle(u_1, \bar{\sigma}) \approx \angle(n^o, e_1)$, будуть в оригінальному ЦЗ відрізнятися дуже незначно. Кількісно відмінності будуть залежати від формату ЦЗ. Можна стверджувати, що для оригінальних ЦЗ у форматі з втратами ця відмінність буде менше по абсолютній величині, ніж для ЦЗ у форматі без втрат. Це пов'язано з тим, що при збереженні ЦЗ із втратами, результатом чого є зменшення внеску високочастотної (і, можливо, середньочастотної) складової, найменші СНЧ блоків зменшуються в порівнянні з їхніми значеннями для цього ж ЦЗ, але збереженого спочатку у форматі без втрат. Найменші СНЧ блоків зображення із втратами можуть стати порівнянними з нулем навіть у тих блоках, які не відповідають областям з незначними перепадами яскравості.

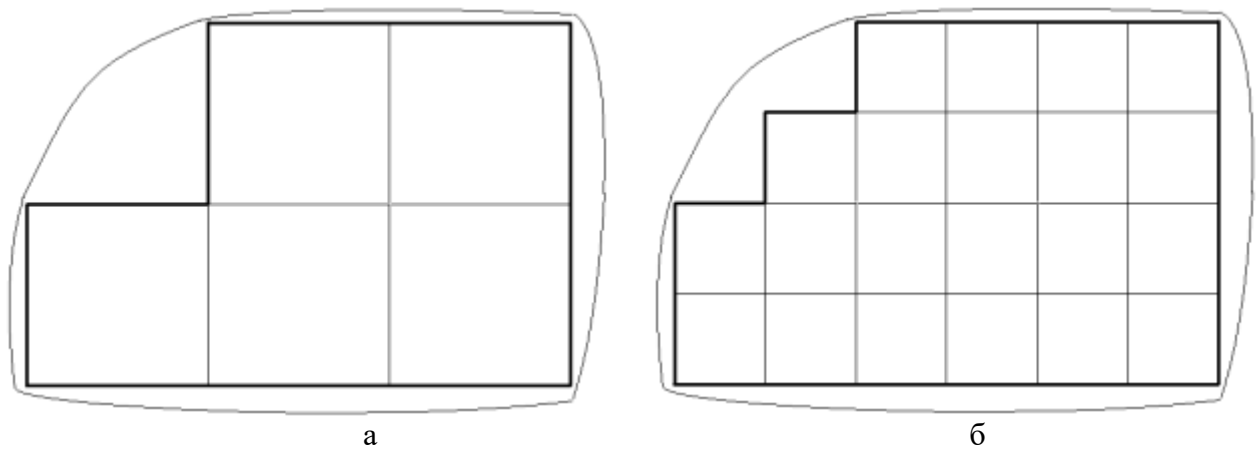


Рисунок 2 – Область ЦЗ із малими перепадами значень яскравості й блоки розбивки матриці зображення малих розмірів, що її складають: а – 4×4 – блоки; б – 2×2 – блоки

Для практичного підтвердження отриманого висновку був проведений обчислювальний експеримент, у якому були задіяні:

- множина M_1 : 200 ЦЗ розміром 1000×1000 пікселів в форматі Tif [14];
- множина M_2 : 300 ЦЗ розміром 500×500 пікселів в форматі Tif [15];
- множина M_3 : 500 ЦЗ розміром 1000×1000 пікселів в форматі Jpeg [16].

У ході експерименту матриця кожного ЦЗ розбивалася стандартним чином на блоки розміром 2×2 , для кожного блоку визначався кут між векторами u_1 і $\bar{\sigma}$, після чого будувалася гістограма значень таких кутів, для якої знаходилася мода m_2 і значення $KB2$ гістограми в моді. Потім ЦЗ розбивалося на блоки 4×4 пікселя, після чого виконувалися аналогічні дії й визначалося значення $KB4$ – кількість блоків розміром 4×4 в ЦЗ (у відсотковому відношенні до загального числа блоків), для яких кут між u_1 і $\bar{\sigma}$ дорівнює значенню моди m_4 відповідної гістограми. У ході експерименту для ЦЗ із $M_1 \cup M_2$ мода гістограми $m_2 \neq 45^\circ$ для 1 ЦЗ, $m_4 \neq 60^\circ$ для 4 ЦЗ (що складає 0.2% і 0.8% від загальної кількості розглянутих ЦЗ без втрат відповідно), для всіх інших ЦЗ, зокрема зображень із множини M_3 , $m_2 = 45^\circ$, $m_4 = 60^\circ$, що відповідає (3). Для кожного ЦЗ знаходилося значення $KB4 - KB2$. Для отриманої множини значень $|KB4 - KB2|$ по всіх ЦЗ будувалася гістограма (рис.3). При цьому середнє значення для $|KB4 - KB2|$ по множині $M_1 \cup M_2$ склало 3.5%, по множині M_3 – 2.1%, по $M_1 \cup M_2 \cup M_3$ – 2.8%, що повністю відповідає отриманим вище теоретичним висновкам про незначну відмінність $KB1$ і $KB2$ для оригінальних ЦЗ.

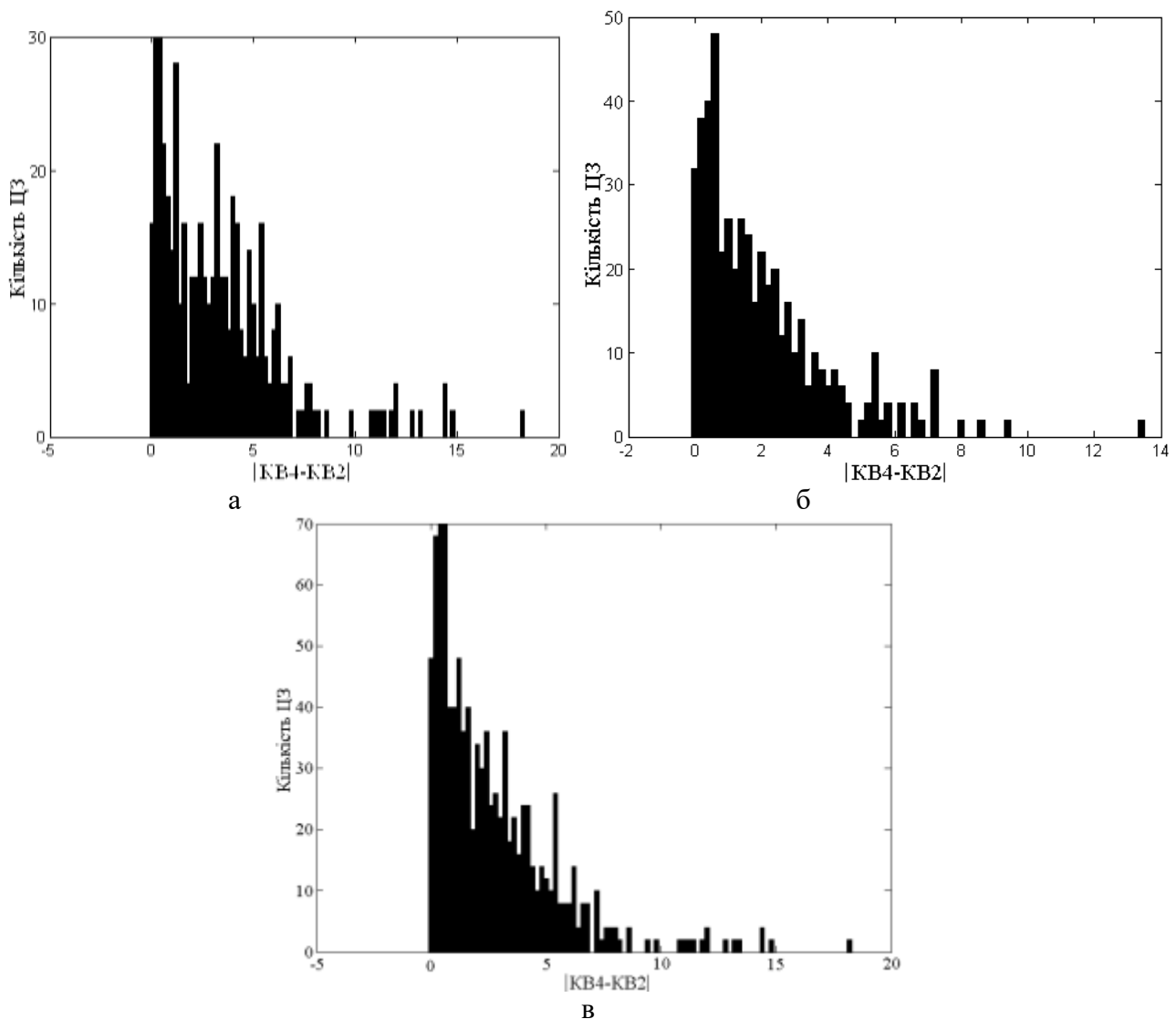


Рисунок 3 – Гістограми значень $|KB4 - KB2|$ для оригінальних ЦЗ: а – для ЦЗ в форматі без втрат (множина $M_1 \cup M_2$); б – для ЦЗ в форматі з втратами (множина M_3); в – для ЦЗ з $M_1 \cup M_2 \cup M_3$

Накладання шуму на оригінальне ЦЗ, змінюючи значення яскравості пікселів, змінює (частіше – зменшує) кореляцію між сусідніми пікселями, змінює в загальному випадку не тільки кількісно, але і якісно характеристики різних областей ЦЗ: на фонових областях оригінального зображення при накладанні шуму можуть виникнути перепади яскравості, більш значні, ніж у вхідному зображенні. Все це приводить до того, що 2×2 – і 4×4 – блоки навіть у межах фонові області ЦЗ будуть поводитися вже не настільки однаково, як в оригінальному зображенні. Поведінка молодших СНЧ (порівнянність із нулем) може бути порушена як для 4×4 – , так і для 2×2 – блоків. Очікуваним тут буде порушення положення моди гістограми значень кутів між векторами u_1 і σ блоків відносно оригінального ЦЗ (це порушення однозначно буде трактуватися як показник порушення цілісності ЦЗ), а також більша відмінність в значеннях $KB2$ і $KB4$, що підтверджується результатами обчислювального експерименту, наведеними для $M_1 \cup M_2 \cup M_3$ на рис.4, в табл. 2.

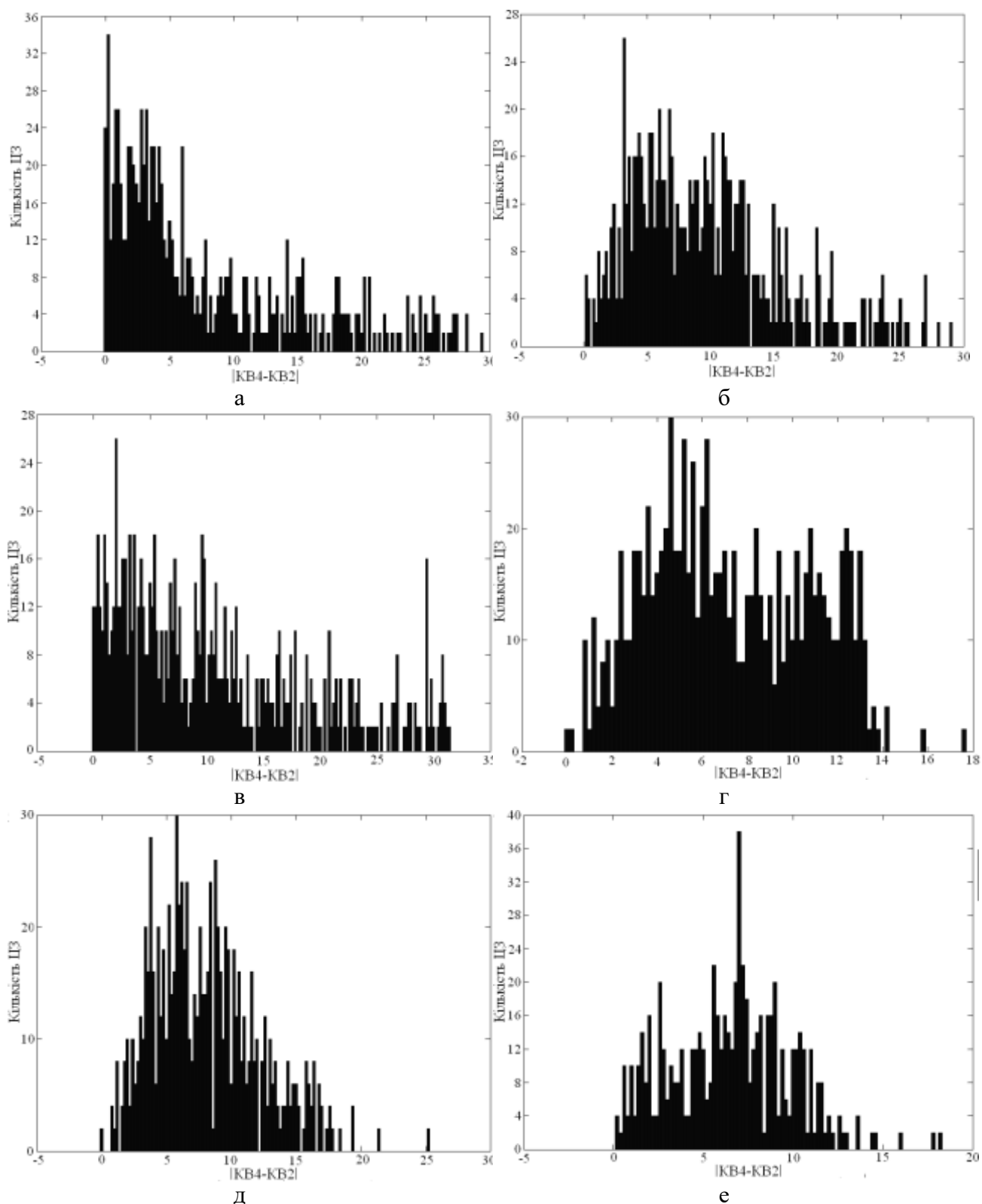


Рисунок 4 – Гістограми значень $|KB4 - KB2|$ в умовах накладання на ЦЗ: а – гауссівського шуму з нульовим математичним очікуванням і $D=0.0001$; б – гауссівського шуму з нульовим математичним очікуванням і $D=0.001$; в – мультиплікативного шуму з $D=0.001$; г – мультиплікативного шуму з $D=0.01$; д – пуассонівського шуму; е – шуму «сіль-перець» з $D=0.01$

Таблиця 2

Середні значення $|KB4 - KB2|$ при накладанні шумів на ЦЗ з $M_1 \cup M_2 \cup M_3$ (%)

Гауссівський шум з нульовим математичним очікуванням		Мультиплікативний шум		Пуассонівський шум	Шум «сіль-перець» з $D=0.01$
$D=0.0001$	$D=0.001$	$D=0.001$	$D=0.01$		
7.9	9.7	10.7	7.2	8.1	6.5

Параметри шумів, що накладалися, вибиралися таким чином, щоб уникнути (значних) візуальних спотворень зображень, які кількісно оцінювалися за допомогою різницевого показника $PSNR$ – «пікового відношення сигнал-шум» [18] (табл.3).

Таблиця 3

Середні значення $PSNR$ при накладанні шумів на ЦЗ з $M_1 \cup M_2 \cup M_3$ (dB)

Гауссівський шум з нульовим математичним очікуванням		Мультиплікативний шум		Пуассонівський шум	Шум «сіль-перець» з $D=0.01$
$D=0.0001$	$D=0.001$	$D=0.001$	$D=0.01$		
40	32	36	29	31	26

Як видно з отриманих результатів, середні по експерименту значення $|KB4 - KB2|$ значно відрізняються для оригінальних ЦЗ і ЦЗ, що зазнали накладання шуму, як і якісний вид гістограм значень $|KB4 - KB2|$: для оригінальних ЦЗ мода гістограм близька до нуля й для множини $M_1 \cup M_2$, і для M_3 , і для $M_1 \cup M_2 \cup M_3$, причому кількість ЦЗ, для яких $|KB4 - KB2|$ далеко від нуля, очевидно значно менше тих, для яких $|KB4 - KB2|$ близько до нуля (рис.3), чого не можна сказати про ЦЗ, що зазнали накладання шуму (рис.4).

Висновки. У роботі проведений подальший розвиток підходу, запропонованого в [11] і розвиненого в [12], для можливості використання його при розробці методу виявлення порушення цілісності ЦЗ шляхом накладання на нього шуму, у ході чого теоретично обґрунтовано й практично підтверджено, що для оригінальних ЦЗ відносні кількості 4×4 – і 2×2 – блоків, отриманих у результаті стандартної розбивки матриці зображення, для яких величина кута між лівим СНВ, що відповідає максимальному СНЧ, і нормованим вектором квадратів СНЧ дорівнює куту між n -оптимальним вектором і першим вектором стандартного базису відповідного простору, незначно відрізняються одна від іншої (у середньому менш, ніж на 3%). Для ЦЗ, підданих накладанню різних шумів, така відмінність є значною (у середньому перевищує 6.5%). Врахування встановлених відмінностей кількісно дасть можливість для розробки відповідного методу виявлення результатів накладання на ЦЗ шуму, над чим зараз працює автор.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Farid, H. A survey of image forgery detection / H.Farid // IEEE Signal Processing Magazine. – 2009. – Vol. 2, No. 26. – Pp. 16–25.
2. Redi, J. A. Digital image forensics: a booklet for beginners / J.A. Redi, W. Taktak, J.L. Dugelay // Multimedia Tools and Applications. – 2011. – Vol. 51, No.1. – Pp. 133–162.
3. Хорошко, В.А. Методы и средства защиты информации [Текст]: научное издание / В.А. Хорошко, А.А. Чекатков; Ред. Ю.С. Ковтанюк. – К. : ЮНИОР, 2003. – 505 с.

4. Rani, S. A Survey of Copy-Move Forgery Detection Techniques for Digital Images / S.Rani, M.Jayamohan, S.Sruthy // *International Journal of Innovations in Engineering and Technology*. – 2015. – Vol.5, Iss.2. – Pp.419–426.
5. He, Z. Digital image splicing detection based on markov features in DCT and DWT domain / Z. He, W. Lu, W. Sun, J. Huang // *Pattern Recognition Letters*. – 2012. – Vol. 45, No. 12. – Pp. 4292–4299.
6. Ali Qureshi, M.A. review on copy move image forgery detection techniques / M. Ali Qureshi, M. Deriche // *IEEE 11th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*. – 2014. – Pp. 1–5.
7. Fang, H. Robust Watermarking Scheme for Multispectral Images Using Discrete Wavelet Transform and Tucker Decomposition / H.Fang, Q.Zhou, K.Li // *Journal of Computers*. – 2013. – Vol. 8, No. 11. – P. 2844-2850.
8. Rawat, H. Robust Digital Image Watermarking Scheme for Copyright Protection / H.Rawat, A.Kumar, S.Kumar // *International Journal of Computer Applications*. – 2013. – Vol.75, No.18. – P.27-32.
9. Jiang, J. An Image Watermarking Algorithm with Adaptively Determining the Number of Information Bits to Be Embedded / J.Jiang, Y.Zhu, Q.Su // *Journal of Information & Computational Science*. – 2013. – Vol. 10, No. 14. – P. 4555–4562.
10. Diao M. Uliyan. Image Region Duplication Forgery Detection Based on Angular Radial Partitioning and Harris Key-Points / Diao M. Uliyan, Hamid A. Jalab, Ainuddin W. Abdul Wahab, Somayeh Sadeghi // *Symmetry*. – 2016. – Vol. 8, Iss. 7. – Pp. 56–65.
11. Kobozeva, A.A. General Principles of Integrity Checking of Digital Images and Application for Steganalysis / A.A. Kobozeva, I.I. Bobok, A.I. Garbuz // *Transport and Telecommunication*. – 2016. – Vol. 17, Issue 2. – Pp. 128-137.
12. Бобок, И.И. Теоретическое развитие общего подхода к проблеме выявления нарушений целостности цифровых контентов, основанного на анализе полного набора формальных параметров / И.И.Бобок // *Інформатика та математичні методи в моделюванні*. – 2017. – Т.7, №3. – С. 170-177.
13. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. П.А. Чочиа. – М. : Техносфера, 2006. – 1070 с.
14. Gloe T., Böhme R. (2010). The ‘Dresden Image Database’ for benchmarking digital image forensics. *Proceedings of the 25th Symposium on Applied Computing (ACM SAC 2010)*. Sierre, 2010, vol. 2, pp. 1585–1591.
15. Hsu Y.-F., Chang S.-F. Detecting image splicing using geometry invariants and camera characteristics consistency. *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME'06)*. Toronto, 2006, pp. 549-552.
16. NRCS Photo Gallery: [Електронний ресурс] // United States Department of Agriculture. Washington, USA. Режим доступа: <http://photogallery.nrcs.usda.gov> (Дата обращения: 26.07.2012).
17. Кобозева, А.А. Анализ информационной безопасности: монография / А.А. Кобозева, В.А. Хорошко. – К.: ГУИКТ, 2009. – 251 с.
18. Конахович, Г.Ф. Компьютерная стеганография [Текст]: теория и практика / Г.Ф. Конахович, А.Ю. Пузыренко. – Киев : МК-Пресс, 2006. – 288 с.

REFERENCES:

1. Farid H. (2009), “A survey of image forgery detection”, *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 2, no. 26, pp. 16–25.
2. Redi J.A., Taktak W., Dugelay J.L. (2011), “Digital image forensics: a booklet for beginners”, *Multimedia Tools and Applications*, vol. 51, no. 1, pp. 133–162.
3. Khoroshko V.A., Chekatkov A.A. (2003), “Methods and Applications of Information Security”, Kyiv, YUNIOR.
4. Rani S., Jayamohan M, Sruthy S. (2015), “A Survey of Copy-Move Forgery Detection Techniques for Digital Images”, *International Journal of Innovations in Engineering and Technology*, vol.5, no. 2, pp. 419–426.
5. He Z. et al. (2012), “Digital image splicing detection based on Markov features in DCT and DWT domain”, *Pattern Recognition Letters*, vol. 45, no. 12, pp. 4292–4299.
6. Ali Qureshi M., Deriche M. (2014), “A review on copy move image forgery detection techniques”, *Proceedings of the 11th IEEE International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*, pp. 1–5.
7. Fang H. et al. (2013), “Robust watermarking scheme for multispectral images using discrete wavelet transform and tucker decomposition”, *Journal of Computers*, vol. 8, no. 11. pp. 2844-2850.
8. Rawat H., Kumar A., Kumar S. (2013), “Robust digital image watermarking scheme for copyright protection”, *International Journal of Computer Applications*, vol.75, no.18. pp. 27-32.

9. Jiang J., Zhu Y., Su Q. (2013), "An image watermarking algorithm with adaptively determining the number of information bits to be embedded", *Journal of Information & Computational Science*, vol. 10, no. 14. pp. 4555–4562.
10. Diaa M. Uliyan et al. (2016), "Image region duplication forgery detection based on angular radial partitioning and Harris key-points", *Symmetry*, vol. 8, no. 7. PP. 56–65.
11. Kobozeva A.A., Bobok I.I., Garbuz A.I. (2016), "General principles of integrity checking of digital images and application for steganalysis", *Transport and Telecommunication*, vol. 17, no. 2. pp. 128-137.
12. Bobok I.I. (2017), "Theoretical development of the general approach to solving the problem of detecting the integrity violations of digital content based on the analysis of a complete set of formal parameters", *Informatyka i matematychni metody v modelyuvanni, [Informatics and mathematical methods in simulation]*, vol. 7, no. 3, pp. 170-177.
13. Gonzalez R., Woods R. (2006), "Digital image processing", Moscow, Tekhnosfera.
14. Gloe T., Böhme R. (2010), "The 'Dresden Image Database' for benchmarking digital image forensics", *Proceedings of the 25th Symposium on Applied Computing (ACM SAC 2010)*, vol. 2, pp. 1585–1591.
15. Hsu Y.-F., Chang S.-F. (2006), "Detecting image splicing using geometry invariants and camera characteristics consistency", *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME'06)*. pp. 549-552.
16. NRCS Photo Gallery: United States Department of Agriculture. Washington, USA. URL: <http://photogallery.nrcs.usda.gov> (Date of reference: 26.07.2012).
17. Kobozeva A.A., Khoroshko V.A. (2009), "Analysis of Information Security", Kyiv, DUT.
18. Khonakhovich G.F., Puzyrenko A.Yu. (2006), "Computer Steganography: Theory and Practice", Kyiv, MK-Press.

к.т.н. Бобок И.И.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ НАРУШЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ НАЛОЖЕНИЯ ШУМА

Задача обеспечения качественной экспертизы целостности информационных контентов, в частности цифровых изображений, рассматриваемых в настоящей работе, является на сегодняшний день актуальной, не имеющей окончательного решения. Одной из самых распространенных операций при несанкционированных изменениях изображений является операция наложения шума, реализованная во всех графических редакторах. Наложение шума используется в ходе атаки против встроенного сообщения при организации скрытого канала связи, наложение шума на изображение-стеганосообщение может использоваться для «маскировки» наличия погруженной в него дополнительной информации, для того, чтобы скрыть результаты клонирования, фотомонтажа и т.д. Недавно на основе матричного анализа и теории возмущений был разработан новый подход к решению задачи выявления нарушения целостности изображения, который хорошо зарекомендовал себя при решении основной задачи стеганоанализа. Целью статьи является дальнейшее развитие упомянутого подхода для обеспечения возможности использования его для выявления нарушения целостности цифрового изображения, произошедшего в результате наложения на него различных шумов. В ходе работы теоретически обосновано и практически подтверждено, что для оригинальных изображений относительные количества блоков малых размеров их матриц, для которых величина угла между левым (правым) сингулярным вектором, отвечающим максимальному сингулярному числу, и нормированным вектором квадратов сингулярных чисел равна углу между p -оптимальным вектором и первым вектором стандартного базиса соответствующего пространства, незначительно отличаются друг от друга, чего нельзя сказать об изображениях, подвергнутых наложению различных шумов. Установление количественных отличий указанных параметров даст возможность для разработки соответствующего метода выявления результатов наложения на цифровое изображение шума.

Ключевые слова: цифровое изображение, нарушение целостности, сингулярный вектор, сингулярные числа, p -оптимальный вектор, наложение шума.

Ph.D. Bobok I.I.

THEORETICAL BASES OF THE METHOD OF DETECTING THE DISTURBANCE OF INTEGRITY OF THE DIGITAL IMAGE AS A RESULT OF NOISE IMPACT

Checking the integrity of information content is today an urgent task. This task has no final decision. This article discusses digital images. The operation of the imposition of noise is one of the most common operations for unauthorized changes of images. This operation is implemented in all graphic editors and software environments involved in image processing. Noise overlay is used during an attack against an embedded message when a hidden communication channel is established, noise overlay on an image-stegano message can be used to mask the presence of additional information immersed in it, to hide the results of cloning, photomontage, etc. Moreover, any perturbation of the image matrix can be considered as a superposition of noise. Recently, a new approach to solving the problem of detecting an image integrity violation has been developed and improved. This approach was developed based on matrix analysis and perturbation theory. He has proven himself in solving the main problem of steganalysis. The purpose of the article is to further develop this approach to identify various noises superimposed on a digital image. The main formal parameter to be analyzed is the number of blocks in the image in which the angle between the singular vector and the vector of squares of singular numbers is equal to the angle between the n -optimal vector and the first vector of the standard basis. The paper shows that for original images the number of such 2×2 - and 4×4 -blocks is slightly different from each other, which is not the case for images subjected to the imposition of various noises. The establishment of quantitative differences between these parameters will enable the development of an appropriate method for detecting the results of overlaying a digital image of noise.

Keywords: digital image, integrity violation, singular vector, singular numbers, n -optimal vector, noise overlay

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ЦІЛЕЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ НАДАННЯ ЗНАНЬ

У статті запропоновано підхід до визначення моделі формування цілей інформаційного забезпечення підтримки процесів надання знань.

Інформаційне забезпечення пропонується розглядати в трьох аспектах - зміст, структура і послідовність застосування (яку можна розглядати як траєкторію) в сукупності утворюють модель інформаційно-довідкового контенту. Послідовність застосування матеріалів включена до складу моделі, оскільки ефективність сприйняття матеріалу залежить, в тому числі, від того, наскільки людина «готова» сприймати запропоновану інформацію, тобто має досить базових знань.

Зважаючи на великий обсяг доступних інформаційних ресурсів, актуальним стає питання розробки інструментарію, що дозволяє підвищити результативність освоєння інформації, зокрема, за рахунок створення умов для найбільш успішного освоєння контенту предметної області за допомогою підвищення якості підготовки інформаційного забезпечення.

Запропоновано шляхи підвищення ефективності придбання знань, зокрема, за допомогою аналізу і синтезу структури інформаційного забезпечення та визначення послідовності інформаційних об'єктів предметної області, запропонована модель визначення такої траєкторії освоєння матеріалу, яка безпосередньо сприяє досягненню мети інформаційного забезпечення на основі вже наявних знань.

Нечітка мережева модель формування цілей інформаційного забезпечення, призначена для управління процесами придбання і/або використання знань, що дозволяє враховувати корисності інформаційних елементів і дидактичні зв'язки між ними. Спосіб формування інформаційного забезпечення, дозволяє структурувати контент, інформаційно-довідкових та інших систем, заснований на взаємопов'язаних етапах відбору, кластеризації та впорядкування контенту.

Отримані результати можуть бути використані для підтримки прийняття рішень при придбанні та застосуванні знань: при розробці програм окремих курсів підвищення кваліфікації; інформаційного забезпечення систем електронного навчання; при формуванні програм дистанційної освіти; при розробці та наступним коригуванням навчальних планів; формуванні навчальних, довідкових матеріалів, курсів лекцій для окремих дисциплін.

Ключові слова: інформаційний елемент, модель, інформаційне забезпечення, предметна область, інформація.

Вступ. Підвищення ефективності «класичного» і, особливо, електронного навчання тісно пов'язане з вдосконаленням технології підготовки методичного забезпечення виробничого процесу (предметного контенту), які в свою чергу, залежать від використовуваних моделей подання знань, алгоритмічного і програмного забезпечення, інструментарію створення методичного забезпечення процесу освоєння предметної області [1].

На сьогоднішній день розроблено безліч моделей управління знаннями. Детальніше розглянемо циклічну модель, яка передбачає наступні етапи життєвого циклу знань: створення, обмін, структурування, використання, аудит (рис. 1).

На першому етапі передбачається створення певного середовища, в якому могли б утворюватися індивідуальні, групові та організаційні знання. На другому етапі здійснюється обмін знаннями; виділяється кілька інструментів ефективного обміну знаннями в організації: формальні і неформальні соціальні зв'язки, робота в команді, організаційне навчання, обмін практикою і формальні структуровані технологічні зв'язки.

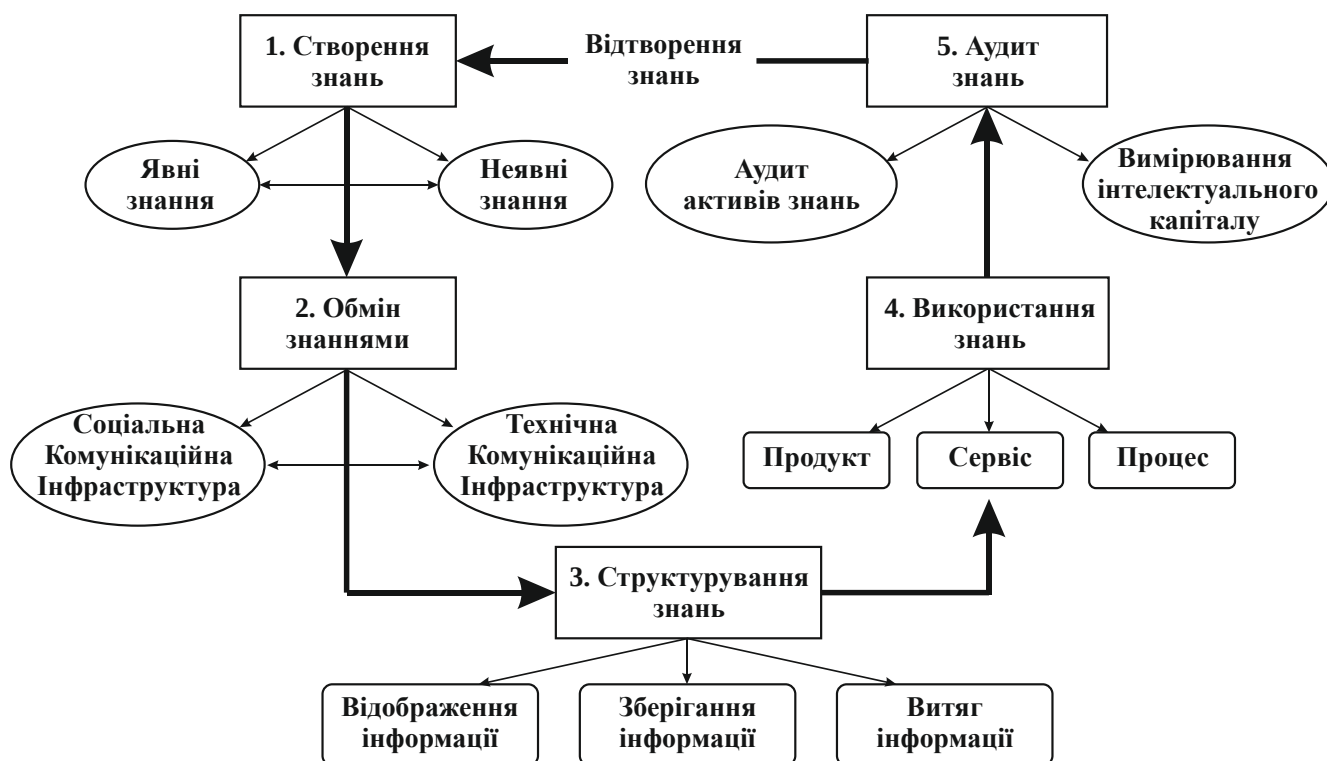


Рисунок 1 - Циклічна модель життєвого циклу знань в організації

Після створення інфраструктури знань, на третьому етапі життєвого циклу необхідно структурування знань, метою якого є зберігання знань для майбутнього використання. На четвертому етапі здійснюється використання знань. Аудит знань передбачає вчинення організацією однієї або декількох з наступних дій: розробка стратегії, заснованої на використанні знань; побудова технології управління знаннями; планування управління знаннями; планування досліджень і розробок та інше.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливу роль в інформаційному забезпеченні процесу набуття знань з предметної області грають моделі подання знань. Зважаючи на великий обсяг доступних інформаційних ресурсів, актуальним стає питання розробки інструментарію, що дозволяє підвищити результативність освоєння інформації, зокрема, за рахунок створення умов для найбільш успішного освоєння контенту предметної області за допомогою підвищення якості підготовки інформаційного забезпечення [2 – 4].

Інформаційне забезпечення пропонується розглядати в трьох аспектах - зміст, структура і послідовність застосування (яку можна розглядати як траєкторію) в сукупності утворюють модель інформаційно-довідкового контенту [7, 9, 11].

Однак, для успішного досягнення цілей інформаційного забезпечення, необхідно щоб були повністю освоєні всі ІЕ верхнього рівня, що в свою чергу, можливо лише при наявності достатніх базових знань у відповідній предметній області. Іншими словами, на успішність досягнення цілей інформаційного забезпечення крім інформаційних елементів верхнього рівня, побічно надає вплив засвоєння інших ІЕ [10,12].

З іншого боку, інформаційний простір може бути представлений ієрархічно: інформаційні елементи, об'єднуючись в кластери близьких за змістом ІЕ, формують інформаційні фрагменти C_L , які, в свою чергу, можуть також об'єднуватися в кластери - інформаційні фрагменти (ІФ) вищого рівня [5,13].

Постановка задачі. Розглянуті матеріали в сукупності представляють інформаційний простір X , який відповідає розглянутій предметній області і покриває інформаційні потреби користувача в даній області. Окремі об'єкти цього простору представляються як інформаційні елементи $x_n, n=1, \overline{N}$ - неподільні на даному рівні перегляду фрагменти контенту, що характеризують такі властивості: заголовок, обсяг матеріалу (в годинах, залікових одиницях

трудомісткості і т.д.). Кожен інформаційний елемент (ІЕ) має дидактичні зв'язки з іншими ІЕ, що вказують на смислову (семантичну) близькість між ними, а так само бажаний порядок їх освоєння. Дидактичні зв'язки представлені $N \times N$ матрицею суміжності W , де N - кількість інформаційних елементів в аналізованому інформаційному просторі X . Матриця дидактичних зв'язків W може бути як бінарною, так і виваженою. В останньому випадку, ваги зв'язків характеризують ступінь впливу освоєння окремих інформаційних елементів на можливість освоєння дидактично пов'язаних ІЕ.

Цілі інформаційного забезпечення описуються вектором J . Для реалізації кожної з цілей $J_m, m = \overline{1, M}$ потрібно освоїти деяку сукупність інформаційних елементів (ІЕ верхнього рівня). Зв'язки між даними ІЕ і елементами вектору цілей інформаційного забезпечення описуються матрицею суміжності U , елементи якої характеризують ступінь впливу освоєння окремих ІЕ безпосередньо на можливість досягнення цілей навчання (формування необхідних навичок, компетенцій і т.д.) [8, 15].

Таким чином необхідно визначити таку структуру S контенту інформаційного забезпечення і порядок її застосування r , яка забезпечить максимально можливу ступінь реалізації цілей інформаційного забезпечення J при заданих початкових умовах.

Основна частина. З розвитком комп'ютерних і web-технологій все більш широке застосування знаходить електронний (віддалений) режим навчання. Однак, в більшості випадків, реалізація такого режиму навчання заснована на забезпеченні того, хто навчається великим об'ємом статичних електронних ресурсів без урахування здібностей учня, і без підтримки активного навчального процесу.

Для управління навчальними ресурсами може застосовуватися семантична модель мережі знань, заснована на онтологіях і тематичних картах [14]. Тематичні карти зазвичай використовуються для представлення та організації знань у такий спосіб, який може бути оптимізований для навігації. Для наочного представлення траєкторій застосування інформаційних елементів (ІЕ) можна застосовувати мережеві графіки. Мережевий графік представляє собою динамічну модель виробничого процесу, що відображає технологічну залежність і послідовність виконання комплексу робіт з урахуванням витрат ресурсів і вартості робіт. Якщо розглядати як приклад траєкторії навчання навчальний план, інформаційними фрагментами будуть дисципліни, для яких вказані трудомісткості (в годинах або залікових одиницях трудомісткості - ЗОТ), дидактичні зв'язки між дисциплінами [13].

Підвищення ефективності роботи в тій чи іншій предметній області, наприклад вивчення навчально-довідкових матеріалів (таких, як ресурси wiki, словники BaseGroup, а також глосаріїв різних програмних пакетів - Statistica, Mathcad, Matlab і ін.) можливо за рахунок визначення найбільш логічного порядку розгляду, при якому отриманих раніше знань буде достатньо для роботи з кожним наступним об'єктом предметної області. Для цього потрібна структура відповідної предметної області. Прикладами моделей таких структур є класифікатори УДК, ДРНТІ і т.п. Однак вони охоплюють широку предметну область, за рахунок чого складні для пошуку окремого розділу. Іншим мінусом є недостатня деталізація таких класифікаторів - вони закінчуються практично на тому рівні, з якого починаються класифікації понять предметних областей прикладних задач. Довідкові інформаційні ресурси мають свою внутрішню структуру, але, як правило, впорядковані лише за алфавітом. Побудувати семантичну модель на рівні прикладної задачі вручну, не маючи достатніх знань у відповідній предметній області, досить важко [11].

Оскільки в кожен момент часу навчаючий може вивчати тільки один обраний інформаційний елемент, важливим є відношення впорядкованості, яке визначається на семантичній моделі предметної області. Під відношенням впорядкованості (дидактичним зв'язком) w_{ij} будемо розуміти логічно обґрунтовану послідовність освоєння інформаційних елементів (інформаційних фрагментів) таку, що якщо x_i містить інформацію, необхідну для освоєння x_j , то $w_{ij} > 0$, в іншому випадку $w_{ij} = 0$.

Опис предметної області за допомогою тільки мережевих або тільки ієрархічних моделей є не достатнім для подання предметної області, пропонується розгляд комбінації цих підходів в рамках однієї узагальненої моделі. Застосуємо ієрархічну мережеву модель предметної області (рис. 2).

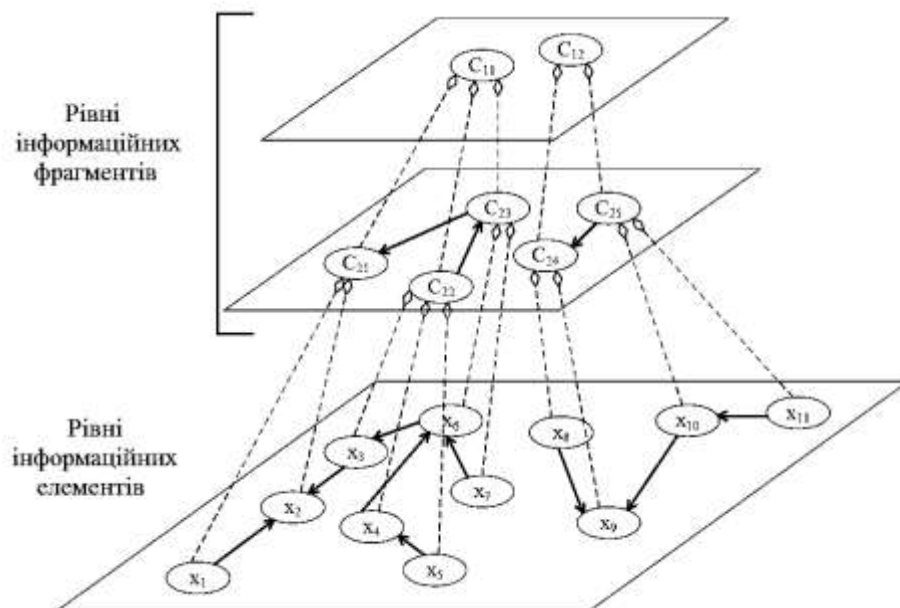


Рисунок 2 - Ієрархічна мережева модель предметної області

Відповідно до розглянутої ієрархічної моделі, інформаційна множина X складається з інформаційних фрагментів. Кожен з ІФ, в свою чергу, може складатися ще з кількох ІФ. На нижньому рівні всі ІФ складаються з одного або декількох інформаційних елементів. При цьому виконуються такі умови: неможливе існування зв'язку «через» рівень, тобто всі зв'язки типу «частина-ціле» з'єднують тільки сусідні ієрархічні рівні; кожен інформаційний фрагмент може складатися з одного або більше інформаційних фрагментів або інформаційних елементів нижчого рівня; інформаційний фрагмент не може одночасно містити і інформаційні фрагменти нижчого рівня та інформаційні елементи; неможливе існування дидактичних зв'язків між елементами, що належать різним ієрархічним рівням; дидактичні зв'язки можуть бути бінарними або зваженими; ієрархічні зв'язки можуть бути бінарними або зваженими, що відповідає випадкам представлення інформаційних фрагментів чітких, або нечітких множин відповідно.

Цілі інформаційного забезпечення (ІЗ) $J_m, m = \overline{1, M}$, полягають в реалізації компетенцій для випадку освітньої діяльності (передача існуючих знань), підтримку рішення проектних задач при розробці нових виробів і послуг (втління знань в продуктах і послугах) і т.п. Відношення між множинами ІЕ і цілей ІЗ можна представити за допомогою дводольного орієнтованого графа. Зв'язки між ІЕ і цілями ІЗ представимо $(N \times M)$ матрицею U , елементи якої характеризують вплив ступеня освоєння окремих ІЕ на можливість досягнення цілей ІЗ. Для досягнення певної мети ІЗ потрібно освоїти пов'язані з нею інформаційні елементи (ІЕ верхнього рівня), що в свою чергу, можливо лише при наявності достатніх базових знань у відповідній предметній області [12]. Іншими словами, на успішність досягнення цілей ІЗ крім ступеня освоєння ІЕ верхнього рівня побічно впливає ступінь освоєння і інших ІЕ. Приклад мережевої моделі дидактичних зв'язків представлений на рис. 3. У цьому прикладі на досягнення цілей ІЗ $J_m, m = \overline{1, M}$, безпосередньо впливає ступінь освоєння ІЕ x_1, x_2, x_3 , які відносяться до ІЕ верхнього рівня. Для успішного освоєння ІЕ потрібно володіти знаннями, які формувались ІЕ x_4, x_5, x_6 , які безпосередньо не пов'язані з цілями ІЗ.

Враховуючи, що освоєння ІЕ, як і сформованість цілей інформаційного забезпечення, може бути не повною, розроблена нечітка мережева модель формування цілей інформаційного

забезпечення (рис. 4). Позначимо a_n - ступінь освоєння n -го інформаційного елемента, b_m - сформованість m -ої мети.

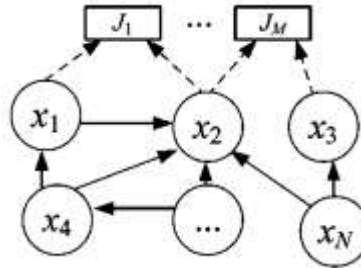


Рисунок 3 - Мережева модель дидактичних зв'язків між ІЕ і цілями ІЗ

Оскільки ступінь впливу окремих ІЕ на досягнення цілей інформаційного забезпечення неоднакова, вводяться ваги u_{nm} , що характеризують ступінь впливу освоєння окремих ІЕ безпосередньо на можливість досягнення цілей інформаційного забезпечення.

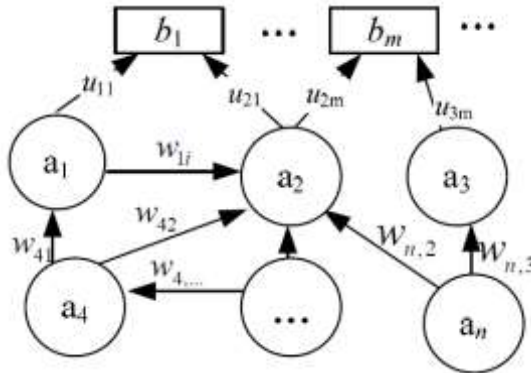


Рисунок 4 - Нечітка мережева модель формування цілей ІЗ

З урахуванням ступеня впливу освоєння окремих інформаційних елементів на можливість освоєння дидактично пов'язаних ІЕ w_{il} отримана нечітка мережева модель формування цілей інформаційного забезпечення.

Формування цільової функції інформаційного забезпечення. Експертами можуть бути визначені ваги частних цілей J_m в складі узагальненої мети J , виражені вектором $a = [a_1, a_2, \dots, a_M]^T$. Значимість окремих інформаційних елементів x_n , $n = \overline{1, N}$ по відношенню до частних цілей J_m задані $(N \times M)$ матрицею U . Між ІЕ встановлені дидактичні зв'язки, задані $(N \times N)$ матрицею суміжності W .

Зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної може бути виконано за допомогою введення суперкритерію, заснованого на формуванні узагальненої скалярної цільової функції

$$\bar{J} = g_c(J_1, J_2, \dots, J_M). \quad (1)$$

Задача управління інформаційним забезпеченням полягає в визначенні складу контенту $S \subseteq X$ і порядку r застосування (освоєння) ІЕ в залежності від заданих цілей ІЗ. Склад контенту, визначимо з допомогою характеристичної (індикаторної) функції $\chi_S(x)$, представляє собою функцію приналежності підмножини S таку, що $\chi_S(x) = 1$, якщо $x \in S$ і $\chi_S(x) = 0$, якщо $x \notin S$. Для спрощення запису у випадку кінцевої множини X введемо індикаторну змінну $s_n = \chi_S(x_n)$, $n = \overline{1, N}$. Порядок застосування (освоєння) ІЕ задаємо з допомогою N_S - вектор-

стовпця r відповідного перестановці порядку N_s , де $N_s = \text{card}(S)$ - кількість елементів у множині S .

Будемо визначати склад контенту і порядок освоєння інформаційних елементів з умови максимізації часткових цільових функцій ІЗ $J_m(s, r) \rightarrow \max, m = \overline{1, M}$. Для вирішення даного завдання дискретної багатокритеріальної оптимізації скористаємося методом згортки часткових цільових функцій, який призводить до максимізації узагальненої цільової функції

$$J(s, r) \rightarrow \max. \quad (2)$$

При фіксованому складі контенту, тобто на заданій множині застосовуваних (засвоюваних) ІЕ $S \subseteq X$, порядок застосування (освоєння) ІЕ може бути знайдений з умови максимізації узагальненої цільової функції (2).

Відомо ряд способів згортки критеріїв, які мають свої особливості [3, 8]. Оскільки мета інформаційного забезпечення досягається в разі досягнення всіх часткових цілей, то об'єднання часткових цілей відповідає операції логічної «AND». Застосовуючи апарат нечіткої логіки, при визначенні нечіткого логічного «AND» за допомогою алгебраїчної t -норми приходимо до мультиплікативної згортки часткових цільових функцій.

$$\bar{J} = \prod_{m=1}^M J_m^{a_m}. \quad (3)$$

Кожна з часткових цільових функцій залежить від ступеня освоєння a_n складових її ІЕ і може бути визначена за допомогою t -норми типу $\min$ або алгебраїчної. Але оскільки значення цільової функції залежить також і від ваг u_{nm} , що характеризують ступінь впливу освоєння окремих ІЕ безпосередньо на можливість досягнення мети інформаційного забезпечення, доцільним представляється використання зваженої t -норми (4) або мультиплікативної згортки, як добуток ступенів освоєння $a_n, n = \overline{1, N}$ відповідних ІЕ x_n з вагами u_{nm} , що представляють значення корисності (5).

$$J_m = \min \{1 - u_{nm}(1 - a_n)\} \quad (4)$$

$$J_m = \prod_{n=1}^N a_n^{u_{nm}} \quad (5)$$

$$J_m = \min \{1 - u_{nm}(1 - a_n)\} \quad (4)$$

$$J_m = \prod_{n=1}^N a_n^{u_{nm}}. \quad (5)$$

Додаткові можливості для визначення часткових цільових функцій представляє використання м'яких трикутних норм, які дозволяють «балансувати» між середнім арифметичним аргументів і класичним оператором t -норми. М'які норми формуються на основі зважених (6) і (7) відповідно

$$J_m = a \min \{1 - u_{nm}(1 - a_n)\} + (1 - a) \frac{\sum_{n=1}^N a_n u_{nm}}{N}, \quad (6)$$

$$J_m = a \prod_{n=1}^N a_n^{u_{nm}} + (1 - a) \frac{\sum_{n=1}^N a_n^{u_{nm}}}{N}. \quad (7)$$

Для подальшого розгляду обраний варіант зваженої норми (5). Підставляючи (5) в (3) приходимо до виразу для узагальненої цільової функції

$$\bar{J} = \prod_{m=1}^M \prod_{n=1}^N a_n^{a_n u_{nm}}, \quad (8)$$

яку з використанням вектор-стовпців $a = [a_1, a_2, \dots, a_M]^T$ і $u_n = [u_{n1}, u_{n2}, \dots, u_{nM}]^T$ представимо у вигляді

$$\bar{J} = \prod_{n=1}^N a_n^{\beta_n}, \quad (9)$$

де $\beta_m = a^T u_m$.

Логарифмування виразу (9) дозволяє перейти до адитивного подання для узагальненої цільової функції

$$\bar{J}_L = \ln \bar{J} = \sum_{n=1}^N \beta_n \ln a_n. \quad (10)$$

Відзначимо, що значення $\bar{J}_L \in (-\infty; 0]$.

Оскільки порядок освоєння ІЕ r впливає на досягаються ступеня освоєння ІЕ, тобто має місце функціональна залежність $a_n = f_L(r)$, то узагальнена цільова функція досягнення цілей інформаційного забезпечення також залежить від порядку освоєння ІЕ $\bar{J}(r)$ і $\bar{J}_L(r)$.

Оптимальний порядок вивчення ІЕ, визначається з рішення задачі дискретної оптимізації (2) і приносить найбільше значення цільової функції $\bar{J}_{\max} = \bar{J}(\hat{r})$ або $\bar{J}_{L\max} = \ln \bar{J}_{\max} = \bar{J}_L(\hat{r})$.

Ступінь освоєння a_i інформаційного елемента в нечіткій мережевій моделі формування цілей інформаційного забезпечення визначається функцією приналежності нечіткої множини $\mu_A(x) :: X \rightarrow [0;1], x \in X$.

Цільова функція оцінки ефективності освоєння інформаційного елемента, тобто досягнення мети навчання $b_m = T(a_1, a_2, \dots, a_N)$, $T(a_1, a_2, \dots, a_N) = \min\{a_1, a_2, \dots, a_N\}$.

Враховуючи ваги u_{nm} , що характеризують ступінь впливу освоєння окремих ІЕ безпосередньо на можливість досягнення цілей інформаційного забезпечення, отримаємо:

$$b_m = T^*(a_1, a_2, \dots, a_N; u_{1m}, u_{2m}, \dots, u_{Nm}) = T^*(a; u_m),$$

де $T^*(a_1, a_2, \dots, a_N; u_{1m}, u_{2m}, \dots, u_{Nm}) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{1 - u_{nm}(1 - a_n)\}$ - зважена t -норма.

Оскільки, порядок освоєння інформаційних елементів впливає на можливу ступінь їх освоєння, для кожного ІЕ послідовно застосовується нечітке правило:

$$a_{r_i} = \min_{j \in Pa_{r_i}} \varphi(a_j, w_{ir_i}), \quad i = \overline{1, Nc},$$

де $\varphi(a_j, w_{ir_i}) = 1 - w_{ji}(1 - a_j)$, Pa_{r_i} - множина предків r_i -ї вершини, r - перестановка, яка визначає порядок освоєння матеріалів

$$b_j = T^*(a_1, a_2, \dots, a_N; u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{Nj}) = T^*(a; u_m), \quad j = \overline{1, Nk}.$$

Приклад (рис. 6) впливу порядку освоєння інформаційних елементів на оцінку сформованості цілей інформаційного забезпечення для моделі, представлені на рис. 5.

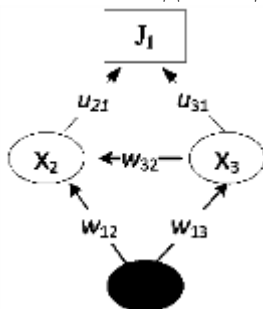
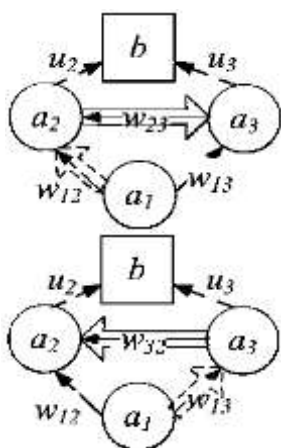


Рисунок 5 - Приклад мережевої моделі формування часткової цільової функції

Вхідні дані

$$a_1 = 0.8 \quad a_2 = 0. \quad a_3 = 0. \quad w = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0.8 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0 \end{pmatrix} \quad u = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.8 \\ 0.6 \end{pmatrix}$$

1) Порядок вивчення



$$a_1 \Rightarrow a_2 \Rightarrow a_3 \quad \text{Тоді}$$

$$a_2 = \min[1 - w_{1,2} \cdot (1 - a_1), 1 - w_{3,2} \cdot (1 - a_3)] \quad a_2 = 0.4$$

$$a_3 = 1 - w_{1,3} \cdot (1 - a_1) \quad a_3 = 0.84$$

$$b = \min[1 - u_{2,1} \cdot (1 - a_2), 1 - u_{3,1} \cdot (1 - a_3)] \quad b = 0.52$$

2) Порядок вивчення

$$a_1 \Rightarrow a_3 \Rightarrow a_2 \quad \text{Тоді}$$

$$a_3 = 1 - w_{1,3} \cdot (1 - a_1) \quad a_3 = 0.84$$

$$a_2 = \min[1 - w_{1,2} \cdot (1 - a_1), 1 - w_{3,2} \cdot (1 - a_3)] \quad a_2 = 0.8$$

$$b = \min[1 - u_{2,1} \cdot (1 - a_2), 1 - u_{3,1} \cdot (1 - a_3)] \quad b = 0.84$$

Рисунок 6 - Вплив порядку освоєння інформаційних елементів на оцінку сформованості цілей інформаційного забезпечення

Для формування вхідних даних при побудові моделей предметної області використовуються експертні оцінки, які складають групу методів, що найбільш часто використовуються в практиці оцінювання складних систем на якісному рівні. Опитування експертів є заслуговування і фіксація в змістовній і кількісній формі суджень експертів по розв'язуваній проблемі.

Нечітка мережева модель формування цілей інформаційного забезпечення, призначена для управління процесами придбання і/або використання знань, що дозволяє враховувати корисності інформаційних елементів і дидактичні зв'язки між ними.

Висновки. У роботі запропоновано шляхи підвищення ефективності придбання знань, зокрема, за допомогою аналізу і синтезу структури інформаційного забезпечення та визначення послідовності інформаційних об'єктів предметної області, запропонована модель визначення такої траєкторії освоєння матеріалу, яка безпосередньо сприяє досягненню мети інформаційного забезпечення на основі вже наявних знань.

Нечітка мережева модель формування цілей інформаційного забезпечення, призначена для управління процесами придбання і/або використання знань, що дозволяє враховувати корисності інформаційних елементів і дидактичні зв'язки між ними.

Отримані результати можуть бути використані для підтримки прийняття рішень при придбанні та застосуванні знань, а саме: при створенні інформаційного забезпечення виробничих процесів, в частині розробки елементів методичного забезпечення інформаційних систем, в корпоративних системах навчання персоналу; при розробці програм окремих курсів підвищення кваліфікації, а так само комплексів програм з подальшим їх коригуванням; інформаційного забезпечення систем електронного навчання; при формуванні програм дистанційної освіти; при розробці та наступним коригуванням навчальних планів; формуванні навчальних, довідкових матеріалів, курсів лекцій для окремих дисциплін.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Алпайдин, Э. Машинное обучение: новый искусственный интеллект / Э. Алпайдин : пер. с англ. – М. : Издательская группа «Точка», Альпина Паблишер, 2017. – 208 с.
2. Баранчев, В.П. Управление знаниями в инновационной сфере: Учеб. / В.П. Баранчев - М.: ООО «Благовест-В», 2007. - 272 с.
3. Баринов В.А. Организационное проектирование / В.А. Баринов. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 384с.
4. Быстрая разработка программ. Принципы, примеры, практика. /Роберт Мартин, Джеймс Ньюкирк, Роберт Косс – Изд-во: Диалектика-Вильямс, 2004. – 752 с.
5. Брасс А.А. Мотивация: ласковый кнут и жесткий пряник / А.А. Брасс. - Минск: Изд-во Гревцова, 2007. - 120 с.
6. Гибкая разработка программ на Java и C++. Принципы, паттерны и методики. /Роберт С. Мартин, Джеймс Ньюкирк, Роберт Косс – Изд-во: Диалектика-Вильямс, 2016. – 704 с.
7. Дакетт, Джон HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов (+ CD-ROM). / Джон Дакетт – Эксмо - Москва, 2013. - 480 с.
8. Лапшин, В.А. Онтологии в компьютерных системах. /В.А. Лапшин – М.: Научный мир, 2010.– 222с.
9. Левитин, А. В. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. / А. В. Левитин – М.:Вильямс, 2006.– 576 с.
10. Муляр І.В. Метод вибору шаблонів проектування для вирішення проблем структурної організації коду програмного забезпечення комп'ютерних систем / І.В. Гурман, В.В. Гнатюк, Б.Г. Жиров // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2015. – Вип. № 50. – С.211- 216
11. Муляр І.В. Метод визначення шаблону проектування вихідного коду програмного забезпечення / Муляр І.В., Гнатюк В.В., Солодєєва Л.В.// Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2015. – Вип. № 49. – С.195-20112.
12. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы /В. Г. Олифер, Н. А.Олифер - СПб.: Питер, 2017. - 992 с.
13. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – 7-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2015. – 343 с.
14. Тархов, Д. А. Нейросетевые модели и алгоритмы: справочник / Д. А. Тархов. – Москва : Радио- техника, 2014. – 349 с. : ил.
15. Ханссон Д. Х. Гибкая разработка веб-приложений в среде Rails. / Д. Х. Ханссон, Д. Томас – Санкт-Петербург - Питер, 2008. – 720с.

REFERENCES:

1. Alpaydin, E. (2017), "Mashinnoe obuchenie: novyyi iskusstvennyiy intellekt"[Machine Learning: New Artificial Intelligence], per. s angl. – М. : Izdatelskaya gruppа «Tochka», Alpina Publisher, 208 p.
2. Baranchev, V.P. (2007), "Upravlenie znaniyami v innovatsionnoy sfere: Ucheb."[Knowledge management in innovation: Textbook], М.: ООО «Blagovest-V», 272p.
3. Barinov, V.A. (2010), "Organizatsionnoe proektirovanie"[Organizational Design], М.: INFRA-M, 384p.
4. Martin, Robert, Nyukirk, Dzheyms and Koss, Robert (2004), "Byistraya razrabotka programm. Printsipyi, primeryi, praktika" [Rapid development of programs. Principles, examples, practice], Izd-vo: Dialektika-Vilyams, 752 p.

5. Brass, A.A. (2007), "Motivatsiya: laskovyy knut i zhestkiy pryanik"[Motivation: a sweet whip and hard gingerbread], Minsk: Izd-vo Grevtsova, 120p.
6. Martin, Robert, Nyukirk, Dzheyms and Koss, Robert (2016), "Gibkaya razrabotka programm na Java i C . Printsipy, patterny i metodiki." [Flexible development of Java and C ++ programs. Principles, Patterns and Techniques], Izd-vo: Dialektika-Vilyams, 704p.
7. Dakett, Dzhon (2013), "HTML i CSS. Razrabotka i dizayn veb-saytov (CD-ROM)" [HTML and CSS. Development and design of websites (+ CD-ROM)], Eksmo - Moskva., 480p.
8. Lapshin, V.A. (2010), "Ontologii v kompyuternykh sistemakh." [Ontologies in computer systems], M.: Nauchnyy mir, 222p.
9. Levitin, A. V. (2006), "Algoritmy. Vvedenie v razrabotku i analiz" [Algorithms. Introduction to the development and analysis], M.: Vilyams, 576p.
10. Muliar I.V., Gurman I.V., Ghnatjuk V.V. and Zhyrov B.G. (2015), "Method of selecting design patterns for solving the problems of the structural organization of the software code of computer systems" [Method of selecting design patterns in the project for the problem of structural problems of the program software of computer systems], Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka, No. 50, pp. 211-216.
11. Muliar I.V., Ghnatjuk V.V. and Solodjejeva L.V (2015), "Metod vyznachennja shablonu proektuvannja vykhidnogho kodu programnogho zabezpechennja." [Method for determining the template for designing the source code of the software], Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka, No. 49, pp. 195-201.
12. Olifer, V. G. and Olifer, N. A. (2017), "Kompyuternye seti. Printsipy, tehnologii, protokoly" [Computer networks. Principles, technologies, protocols], SPb.: Piter, 992p.
13. Sovetov, B. Ya. and Yakovlev, S.A. (2015), "Modelirovanie sistem : uchebnik dlya bakalavrov" [System modeling: a textbook for bachelors], 7-e izd. M. : Izdatelstvo Yurayt, 343p.
14. Tarhov, D. A. (2014), "Neyrosetevyye modeli i algoritmy : spravochnik" [Neural network models and algorithms: a reference book], Moskva : Radio- tehnika, 349p. : il.
15. Hansson, D. X. and Tomas, D. (2008), "Gibkaya razrabotka veb-prilozheniy v srede Rails" [Flexible development of web applications in the Rails environment], Sankt-Peterbur, Piter., 720p.

к.т.н., доц. Джулий В.Н., к.т.н., доц. Гурман И.В.,
Маковой А.А., к.т.н., с.н.с. Мирошниченко О.В.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

В статье предложен подход к определению модели формирования целей информационного обеспечения поддержки процессов предоставления знаний.

Информационное обеспечение предлагается рассматривать в трех аспектах - содержание, структура и последовательность применения (которую можно рассматривать как траекторию) в совокупности образуют модель информационно-справочного контента. Последовательность применения материалов включена в состав модели, поскольку эффективность восприятия материала зависит, в том числе, от того, насколько человек «готов» воспринимать предложенную информацию, то есть имеет достаточно базовых знаний.

Несмотря на большой объем доступных информационных ресурсов, актуальным становится вопрос разработки инструментария, позволяющего повысить результативность освоения информации, в частности, за счет создания условий для наиболее успешного освоения контента предметной области с помощью повышения качества подготовки информационного обеспечения.

Предложены пути повышения эффективности приобретения знаний, в частности, с помощью анализа и синтеза структуры информационного обеспечения и определения последовательности информационных объектов предметной области, предложена модель определения такой траектории освоения материала, непосредственно способствует достижению цели информационного обеспечения на основе уже имеющихся знаний.

Нечеткая сетевая модель формирования целей информационного обеспечения, предназначенная для управления процессами приобретения и/или использования знаний, позволяет учитывать полезности информационных элементов и дидактические связи между ними. Способ формирования информационного обеспечения, позволяет структурировать

контент информационно-справочных и других систем, основанный на взаимосвязанных этапах отбора, кластеризации и упорядочение контента.

Полученные результаты могут быть использованы для поддержки принятия решений при приобретении и применении знаний: при разработке программ отдельных курсов повышения квалификации; информационного обеспечения систем электронного обучения; при формировании программ дистанционного образования; при разработке и последующей корректировкой учебных планов; формировании учебных, справочных материалов, курсов лекций для отдельных дисциплин.

Ключевые слова: информационный элемент, контент, модель, информационное обеспечение, предметная область, информация.

Ph.D. Dzhulij V.M., Ph.D. Gurman I.V., Macovei A.A., Ph.D. Miroshnichenko O.V.
GOALS INFORMATION MODEL OF THE INFORMATION SUPPORT FOR
SUPPORTING KNOWLEDGE TRANSFER PROCESSES

The article proposes an approach to the definition of a goals information model of the information support for supporting knowledge transfer processes.

Information provision is proposed to be considered in three aspects: the content, structure and sequence of applications (which can be considered as a trajectory) together form a model of information and reference content. The sequence of application of materials is included in the model, since the effectiveness of the perception of the material depends, among others, on the extent to which a person is "ready" to perceive the proposed information, that is, has a rather basic knowledge.

Given the large amount of available information resources, the question becomes development of tools, which allows to increase the effectiveness of the development of information, in particular, by creating the conditions for the most successful mastering of the content of the subject by improving the quality of information provision training.

The ways of improving the acquisition of knowledge, in particular, by analyzing and synthesizing the information support structure and determining the sequence of information objects of the subject area, are proposed, and the model of determination of such a trajectory of development of the material is proposed, which directly contributes to the achievement of the purpose of information provision on the basis of existing knowledge.

Fuzzy network model for the formation of information security goals, designed to manage the processes of acquisition and / or use of knowledge, which allows to take into account the usefulness of information elements and didactic connections between them. The method of information support formation, allows you to structure the content of information and reference and other systems, based on the interrelated stages of selection, clustering and streamlining of content.

The obtained results can be used to support decision-making in the acquisition and application of knowledge: in developing programs of individual advanced training courses; informational support of electronic learning systems; when forming distant education programs; in the development and subsequent adjustment of curricula; the formation of educational, reference materials, lecture courses for individual disciplines.

Key words: information element, content, model, information provision, subject area, information.

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЙМОВІРНІСНО-ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

В статті запропоновано підхід до визначення оцінки ймовірнісно-часових характеристик інформаційної взаємодії в мережі інтернет речей.

Проектування систем інтернет речей (IoT) пов'язане з низкою задач, які вимагають моделювання процесів інформаційної взаємодії, що дозволить при прогнозованому трафіку будувати оптимальні режими функціонування подібних систем.

Основна ідея інтернет речей полягає в організації взаємодії різноманітних предметів в навколишньому середовищі, передачі інформації, що генерується цими речами і надання безперебійного з'єднання. З урахуванням новизни предметної області, фундаментальних характеристик і складності організації IoT, основним засобом дослідження на ранніх етапах проектування інтернет речей є моделювання і відповідні алгоритми, що визначають актуальність роботи.

Запропонована ймовірнісна модель встановлення інформаційної взаємодії в мережі інтернет речей за топологією mesh, заснована на мультиагентному підході, побудована з урахуванням фундаментальних характеристик технології інтернет речей. Модель дозволяє оцінити абсолютні та ймовірнісні характеристики інформаційної взаємодії. У моделі враховані умови, відповідні реальному процесу інформаційної взаємодії - наявність непрацездатних каналів і точок доступу, обмежена кількість повторних спроб встановлення з'єднань, наявність альтернативних маршрутів.

Для оцінки часу передачі даних запропоновано застосувати апарат перетворення Лапласа-Стілтєсса. Перший центральний момент ПЛС дозволяє визначити середній час передачі даних за встановленою інформаційною взаємодією. Ймовірнісний сенс ПЛС дозволяє виконати оцінку ймовірності доставки даних. Метод надає розподіл часу перебування даних k -го класу в мережі інтернет речей, при заданому векторі ймовірностей виникнення помилок на елементах маршруту для всіх пар взаємодіючих сенсорних пристроїв. ПЛС дозволяє при обмеженнях t_{don} на час t_{nd} деякого маршруту визначити можливе навантаження на цей маршрут і здійснити вибір відповідного алгоритму самоорганізації мережі.

Ключові слова: інтернет речі, хмарні обчислення, ймовірнісна модель, туманні обчислення, сенсорний пристрій, інформаційна взаємодія.

Вступ. Однією з ключових сучасних проблем забезпечення зростання ефективності всіх галузей є необхідність розвитку і впровадженню в них інформаційних технологій.

Програма «Цифрова економіка», в роботі над якою взяли участь близько 150 експертів з різних сфер науки і економіки, орієнтована на зростання ефективності всіх галузей завдяки швидкому розвитку і впровадженню в них інформаційних технологій. Програма містить дев'ять напрямків: регулювання, інформаційна інфраструктура, дослідження та розробки, система управління, кадри і освіта, інформаційна безпека, державне управління, "розумне місто" і цифрова охорона здоров'я. Кожен напрямок планується реалізувати з застосуванням нових концепцій побудови обчислювальних мереж, однією з яких є технологія інтернет речей. В даний час технологія інтернет речей (IoT, Internet of Things) виглядає багатообіцяючою в різних областях індустрії - виробництві, логістиці, медицині, енергетиці, транспорті, міському господарстві, управлінні надзвичайними ситуаціями. Області застосування технології IoT продовжують стрімко рости [1].

Основна ідея інтернет речей полягає в організації взаємодії різноманітних предметів в навколишньому середовищі, передачі інформації, що генерується цими предметами і надання безперебійного з'єднання. Взаємодія речей здійснюється за допомогою вже наявних і розроблюваних інформаційно-комунікаційних технологій.

Хмарні технології в інтернет речей поділяються на хмарні обчислення (Cloud Computing) і туманні обчислення (Fog Computing) [2].

Хмарні обчислення – це модель забезпечення зручного мережевого доступу на вимогу до деякого загального фонду конфігуруємих обчислювальних ресурсів, наприклад, мереж передачі даних, серверів, пристроїв зберігання даних, додатків і сервісів – як разом, так і окремо, які можуть бути оперативно надані провайдером з мінімальними експлуатаційними витратами. Хмарні обчислення реалізуються мережевою інфраструктурою центрів обробки даних (ЦОД).

Туманні обчислення - це різновид хмарних сервісів, розташованих не в «хмарі», а в навколишньому середовищі, наприклад, на сусідньому сервері. Туманні обчислення реалізуються локальними мережами, з яких інтегруються інтернет речі (рис. 1).

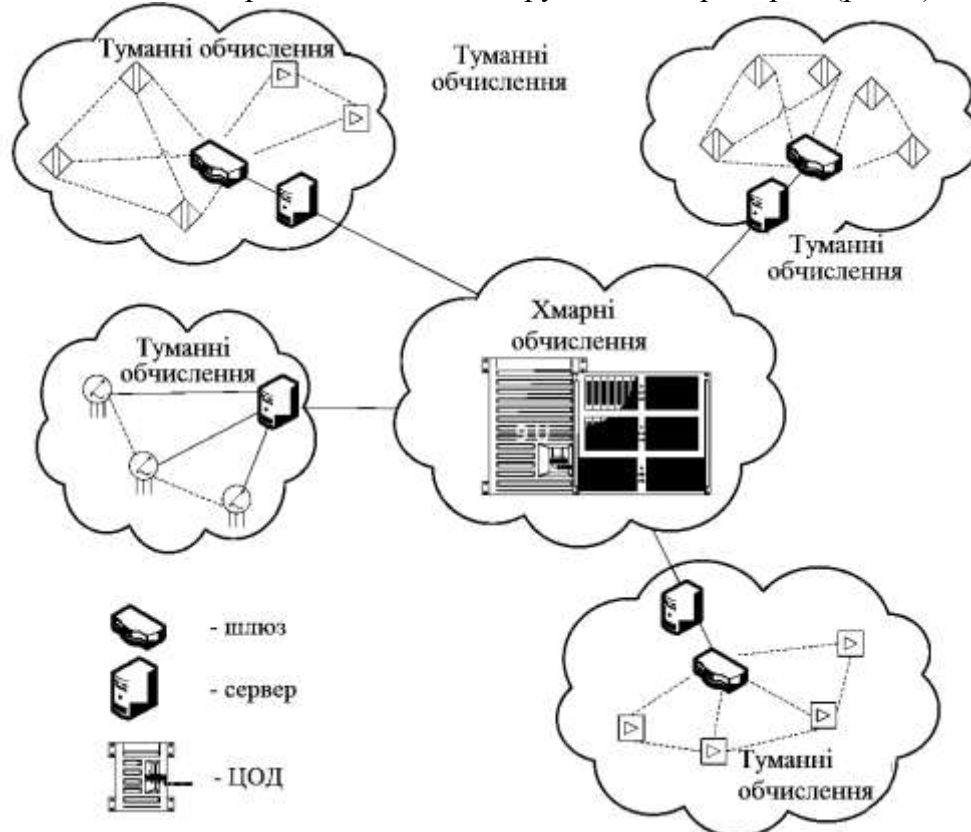


Рисунок 1 - Туманні і хмарні обчислення в концепції інтернет речей

Fog Computing є доповненням до Cloud Computing при реалізації задач, що вимагають значних комп'ютерних ресурсів. Концепція туманних обчислень передбачає децентралізацію обробки даних за рахунок передачі частини роботи з обробки даних з «хмари» безпосередньо обчислювальним ресурсам локальної сенсорної мережі - «туману» [3] Туманні обчислення можна визначити, як деяку віртуальну платформу, що підтримує три основних типи сервісів: обчислення, зберігання та передачу. Задача туманних обчислень полягає в забезпеченні взаємодії множини сенсорних пристроїв (СП) між собою і з хмарою, тобто центром обробки даних (ЦОД).

Число елементів в «тумані» є не постійним і, в загальному випадку, може змінюватися в межах від 0 до N_{max} . «Туманні обчислення» є бездротовими сенсорними мережами, характеризуються самоорганізацією, в яких немає загальної інфраструктури за винятком шлюзів для зв'язку з іншими мережами. Кожен з вузлів сенсорної мережі повинен мати можливість функціонувати як крайовий і як транзитний вузол [4]. Передача даних в сенсорних мережах здійснюється шляхом їх перенаправлення до найближчого вузла крок за кроком. Шлюз в «туманних обчисленнях» грає роль агрегуючого вузла - накопичує дані від різних СП для подальшої передачі на сервер і роль координатора сенсорної мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як технологію інформаційних комунікацій інтернет речей можна записати у вигляді такої символічної формули: IoT = Сенсори (датчики) + Дані + Мережі + Послуги [5, 6].

До існуючих вимог технологій інфокомунікації і взаємодії, таких як забезпечення зв'язку "в будь-якому місці" і "в будь-який час", в просторі інтернет речей з'являється ще одна - "зв'язок з будь-якою річчю". Під даною вимогою розуміють, як взаємодію між речами, так і між річчю і людиною [2, 7].

Концепція інтернет речей включає не тільки збір даних з віддалених і відстежуваних об'єктів, не тільки управління цими об'єктами, але і обмін інформацією об'єктів між собою, перерозподіл задач, планування з урахуванням доступності тих чи інших сервісів в зоні охоплення об'єкта [8, 9]. Інтернет речі повинні мати можливість самоорганізовуватися, об'єднуючись в локальні бездротові мережі, вирішуючи спільні задачі. Інтернет речами можуть вирішуватися складні задачі, які вимагають значних обчислювальних ресурсів. Наприклад, обробка відео в реальному масштабі часу, коли локальна бездротова мережа використовує обчислювальні ресурси хмари [12].

Таким чином, з урахуванням новизни предметної області, фундаментальних характеристик і складності організації IoT, основним засобом дослідження на ранніх етапах проектування інтернет речей є моделювання і відповідні алгоритми, що визначають актуальність роботи [3, 4].

Постановка задачі. Специфіка інформаційної взаємодії речей визначається фундаментальними характеристиками IoT. Відповідно до рекомендацій Міжнародного Союзу Електрозв'язку (МСЕ-Т) до їх числа відносяться:

1. Можливості підключення - метрика самоорганізованих мереж, що впливає на тривалість життєвого циклу бездротової сенсорної мережі поряд з мобільністю, енергоефективністю і покриттям. МСЕ-Т визначає характеристику зв'язності як можливість будь-якої речі бути пов'язаною з глобальною інфокомунікаційною структурою.

2. Забезпечення речей послугами - надання мережевих послуг без обмежень, в тому числі автономно для фізичних і віртуальних речей.

3. Гетерогенність – характеристика інтернет речей, що визначає побудову IoT-пристроїв на різних апаратних, програмних платформах і мережах. Пристрої також повинні мати можливість взаємодіяти з іншими пристроями через різні мережі зв'язку.

4. Динамічні зміни - характеристика, яка визначає динамічні зміни статусу речей, наприклад, від сплячих до активних, від пов'язаних в певний момент часу з мережею - до непов'язаних і т.д. Число речей, місце розташування, швидкість і т.п., також можуть змінюватися динамічно. Саме ця фундаментальна характеристика інтернет речей призводить до необхідності перегляду принципів побудови мережі від існуючих інфраструктурних до самоорганізуючих. Самоорганізація охоплює не тільки випадкове число вузлів і взаємозв'язків між ними, але і самоврядування, самоконфігурацію, самотестування, самозахист, оптимізацію і т.п.

5. Величезне число речей – характеристика, яка базується на прогнозних оцінках, відповідно до яких мова йде про десятки трильйонів речей і про трильйони мереж.

Перераховані особливості не дозволяють застосовувати методи і алгоритми, на базі яких функціонують традиційні комп'ютерні мережі до інтернет речей. Цьому є кілька причин: зв'язність і динамічні зміни робить топологію мережі нерегулярною, використання бездротових технологій, «туманних» і «хмарних» обчислень викликає появу колізій джерел даних при доступі до ресурсів інтернет речей, а гетерогенність і вимога енергоефективності впливають на ймовірісно-часові характеристики інформаційної взаємодії в інтернет речей.

Дані обставини необхідно враховувати при проектуванні інтернет речей і з урахуванням специфіки роботи шукати нові методи і алгоритми, що дозволяють отримувати оптимальні рішення по організації інформаційної взаємодії при заданих умовах функціонування інтернет речей

При вирішенні поставленої задачі засобами моделювання будемо оцінювати функціональну залежність між набором параметрів P , які задають мережу інтернет речей кількісно і ймовірісно-часовими характеристиками H , що описують інформаційну взаємодію якісно, тобто формально $H = f(P)$. Це дозволить при різних умовах вирішувати три види задач моделювання, необхідних при проектуванні:

- пряму - оцінювати характеристики при наявних параметрах мережі інтернет речей;
- зворотню - при заданих допустимих значеннях параметрів проектувати мережу інтернет речей з елементів з відповідними параметрами і налаштуваннями;
- будувати моделі, засновані на методах і алгоритмах, що дозволяють виявити функціональну залежність між множинами P і H .

До множини параметрів P віднесемо поточкові і структурні метрики: кожен СП характеризується інтенсивністю ідентифікації себе в просторі інтернет речей, періодами активності і пасивності; кожен вузол інтернет речей задається параметрами продуктивності; структура зв'язків відповідає топології mesh; елементи зв'язків СП-вузол і вузол-вузол задаються часом передачі виклику в прямому і зворотному напрямках, значеннями ймовірностей зайнятості або відсутності зв'язку.

Мережа побудована як сукупність «туманів», на які поділяється територія покриття, кількість «туманів» теоретично не обмежена. В одному такому «тумані» може розміщуватися кілька шлюзів, які підключаються до магістрального інформаційного каналу за допомогою оптичного або електричного кабелю або по радіоканалу з використанням систем широкосмугового доступу [2].

Шлюзи в «тумані» з'єднуються між собою по радіоканалу. Протоколи, які реалізують функції транспортування в mesh-мережі засновані на створенні таблиці маршрутизації з контролем стану транспортного каналу і підтримкою динамічної маршрутизації, що дозволяє кожному з них відправляти трафік за оптимальним маршрутом між сусідніми вузлами [3, 11]. При втраті будь-якого з вузлів відбувається автоматичне перенаправлення трафіку за іншим маршрутом, що гарантує не тільки доставку трафіку, а доставку за мінімальний час. В умовах різних стрибків трафіку як всередині мережі, так і на її границях проблема може вирішуватися установкою нових шлюзів в межах сенсорної мережі, інтеграція яких в існуючу мережу відбувається автоматично. Збільшення зон покриття зводиться до додавання в мережу нових СП і шлюзів, що відбувається так само автоматично і таким чином виконується масштабування мережі інтернет речей.

Основна частина. В бездротових сенсорних мережах число СП в залежності від розв'язуваної задачі може змінюватися від кількох сотень до тисяч. Не випадково, в специфікаціях Zig Bee число СП, розташованих в одній зоні, може досягати 64000. Мережі великого масштабу і високої щільності з лімітованою пропускною здатністю повинні, до того ж, надавати послуги з певним рівнем якості обслуговування. На відміну від традиційних мереж, бездротові сенсорні мережі організовуються випадковим чином, і взаємозв'язки СП в них також випадкові у часі. Сенсорні вузли можуть виходити з ладу внаслідок недостатнього рівня електроживлення, виникнення критичних умов у зовнішньому середовищі, виходу з ладу апаратної частини і т.д. Якщо вийшло з ладу кілька сенсорних вузлів, це не повинно викликати істотних наслідків як для сенсорної мережі в цілому, так і для її фрагментів. Іншими словами, мережа інтернет речей повинна бути нечутлива до відмови будь-якого СП і продовжувати підтримувати далі необхідний рівень якості обслуговування.

Для обчислювальних мереж якість обслуговування виражається в ймовірісно-часових характеристиках [11]. Відповідно до моделі інформаційної взаємодії, оцінка ймовірісно-часових характеристик інформаційної взаємодії в мережі інтернет речей буде представляти суму:

$$t_{ig} = t_{ez} + t_{nd}, \quad (1)$$

де t_{ie} - час інформаційної взаємодії; t_{e3} - час, необхідний на встановлення з'єднання для інформаційної взаємодії; t_{nd} - час передачі даних по встановленому з'єднанню інформаційної взаємодії.

Для оцінки t_{e3} застосуємо вірогідну модель встановлення з'єднання з додатком на мережі інтернет речей. Оцінку t_{nd} пропонується виконати із застосуванням апарату систем масового обслуговування.

Особливості реалізації імітаційної моделі встановлення з'єднання. Процес встановлення інформаційної взаємодії (ІВ) в мережі інтернет речей може займати деякий час в силу її динамічних властивостей: топологія мережі може багаторазово змінюватися в процесі функціонування внаслідок введення нових вузлів, відмов існуючих, критичних змін зовнішнього середовища. Всі ці можливості повинні бути враховані при розробці моделі встановлення з'єднання для інформаційної взаємодії [12].

Встановити інформаційну взаємодію - це означає побудувати логічний канал, що зв'язує сенсорний пристрій зі шлюзом адресата для подальшої передачі по ньому даних. Таких логічних каналів, що зв'язують джерело і адресат, може бути кілька в силу mesh-топології мережі інтернет речей (рис. 2).

Логічний канал складається з фізичних каналів, що зв'язують сусідні СП. Побудова логічного каналу виконується посилкою керуючого сигналу-виклику на встановлення з'єднання. При проходженні виклику від одного СП до іншого стан фізичного каналу приймає одне з двох станів: «1» - канал зайнятий, і дані по ньому не пройдуть, або «0» - канал вільний для передачі даних.

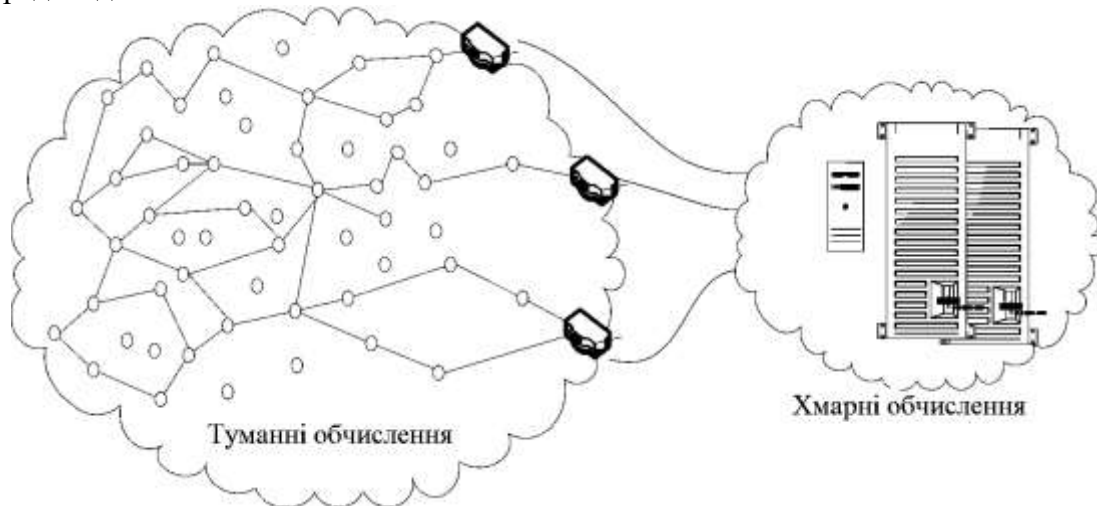


Рисунок 2 - Логічні канали для передачі даних від СП в «хмару»

Повторні спроби встановлення з'єднання надають стохастичність цього процесу, тому що виникають вимушені повернення на попередні СП і число фізичних каналів, пройдених викликом при його доставці адресату, виявляється випадковим числом. Врахування даного аспекту дозволяє звернутися до імітаційного моделювання процесу встановлення логічного каналу для інформаційної взаємодії.

Таким чином, час встановлення інформаційної взаємодії t_{ie} визначимо як випадкову величину, яка може бути знайдена виразом

$$t_{ie} = \sum_{i=1}^{n_k} t_{k_i} + \sum_{i=1}^{n_n} t_{n_i} + n_c t_c, \quad (2)$$

де n_k - число фізичних каналів в логічному каналі, побудованого від СП джерела до СП-адресату; n_n - число фізичних каналів, на які виклик повернувся назад при пошуку альтернативного логічного каналу; n_c - число спроб в зафіксованій реалізації процесу

встановлення ІВ, в загальному випадку $0 \leq n_c < n_{don}$, де n_{don} – допустима кількість спроб встановлення ІВ; t_{k_i} – час проходження i -го фізичного каналу; t_{n_i} – час зворотного проходження i -го фізичного каналу; t_c – час перемикання на інший логічний канал.

Кожен експеримент на імітаційній моделі дає реалізацію трьох випадкових величин: n_k , n_n і n_c , що дозволяє оцінити час встановлення інформаційної взаємодії t_{ie} відповідно до виразу (2).

Отримане значення t_{ie} визначає результат встановлення ІВ: якщо $t_{ie} \leq t_{don}$, то ІВ встановлено; якщо $t_{ie} > t_{don}$, то ІВ встановлено, але з низькою якістю обслуговування, і для даних термінової доставки це має критичне значення, тому що вони могли втратити свою актуальність; якщо $n_c > n_{don}$, то з'єднання не встановлено.

Вхідними даними для моделювання є: множина логічних каналів, які можуть бути побудовані від джерела i до адресата j – позначимо, як L_{ij} ; характеристика фізичних каналів: час передачі сигналу-виклику по фізичному каналу в прямому і зворотному напрямках; значення ймовірностей повної зайнятості фізичних каналів; допустимий час встановлення ІВ; число спроб встановлення ІВ; час, виділений на повторну спробу – перемикання на інший логічний канал.

У моделі накопичуються статистики, що дозволяють оцінити ймовірність встановлення ІВ за час, що не перевищує допустимий, а також середні і середньоквадратичні значення t_{ie} , що характеризують процес встановлення ІВ в мережі інтернет речей.

На всій множині логічних каналів L_{ij} проводиться їх упорядкування по числу зайнятих фізичних каналів c , тобто ($c = c_{\min}, \dots, c_{\max}$). В окремому експерименті розігрується число з номерів зайнятих фізичних каналів в множині L_{ij} і на отриманій реалізації імітується процес проходження виклику джерела i до адресата j . За фактом встановлення ІВ фіксуються значення n_{mp} , n_{om} і n_n . Процедура повторюється N раз. За результатами експериментів обчислюється середня оцінка часу встановлення ІВ.

Реалізація кількості втрачених фізичних каналів c зводиться до «вибору довільно» номерів каналів з d можливих, $c \in d$. Черговий номер втраченого фізичного каналу z визначається за формулою $z = \lceil Ud + 1 \rceil$, де U – випадкове число, $U \in [0,1]$, що отримується шляхом звернення до датчика випадкових чисел. Дужки $\lceil \rceil$ означають округлення в меншу сторону. Фізичному каналу з номером z присвоюється «1» в множині L_{ij} . Процедура визначення z повторюється c раз.

Задача розрахунку характеристик встановлення ІВ може бути зведена до задачі оцінювання математичного очікування $M\xi$ дискретної випадкової величини $\xi = f(\alpha)$, де $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_d)$ має закон розподілу ймовірностей p (тобто $\alpha \sim p$), який відомий. Випадкова величина ξ приймає два значення, тобто $\xi \in \{0,1\}$: $\xi=0$ відповідає встановленню з'єднання; $\xi=1$ – не встановленню з'єднання. Значення $M\xi = P\{\xi=1\}$ має сенс ймовірності не встановлення з'єднання. Випадкова величина ξ не вироджена, тобто $0 < M\xi < 1$.

Інтерпретуємо випадкову величину α як вектор $\alpha = (\alpha_1^v, \dots, \alpha_d^v)$, що відображає стан фізичних каналів, які входять в множину моделювання L_{ij} в сенсі їх статусу: є чи ні. Випадкова величина $\alpha_i^v \in \{0,1\}$, $i = \overline{1,d}$, d – число фізичних каналів в множині L_{ij} . Значення $\alpha_i^v = 1$ має сенс втрати i -го фізичного каналу зі швидкістю v . Випадкові величини α_i^v вважаються незалежними, якщо α має кінцеву множину значень $\alpha \in X$,

$X = \{x_j; j = 1, \dots, n; n = 2^d\}$. Для неї розподіл $\rho(x)$, $x \in X$ задається набором ймовірностей $p(x_j) = P\{\alpha = x_j\} = p_j \geq 0, j = \overline{1, n}$. З урахуванням класифікації L_{ij} по с оцінку $M\xi$ знайдемо у вигляді:

$$M\xi = \sum_{c_{\min}}^{c_{\max}} M\xi(c), \quad (3)$$

де $M\xi$ – оцінка ймовірності не встановлення ІВ при наявності с фізичних каналів, що не проводять виклик.

Для завдання станів $L_{ij}(c)$ на k -му розіграві застосовується випадковий вибір номерів фізичних каналів c , не проводячих виклик на встановлення ІВ. В результаті вектор α отримує конкретну реалізацію x , що містить с одиниць і $(d-c)$ нулів. Відповідно до правила проходження виклику по множині альтернативних логічних каналів L_{ij} і правилом встановлення ІВ обчислюється значення

$$\xi(x|c)_k = f[L_{ij}^k],$$

де $\xi(x|c)_k$ – результат встановлення (не встановлення) ІВ при k -му випробуванні (k -й реалізації L_{ij}), $\xi(x|c)_k \in (0,1)$, і ймовірність отриманої реалізації

$$p(x) = p[L_{ij}^k].$$

Значення $\xi(x|c)_k = 1$ має місце, якщо сигнал виклику не дійшов до адресата (не побудовано жодного логічного каналу з множини L_{ij}), або число спроб перевищило допустиме значення, або виклик дійшов до адресата і встановлено ІВ, але без належної якості обслуговування ($t_{ib} > t_{don}$).

Оцінка ймовірності не встановлення ІВ між СП при с втрачених фізичних каналів на множині всіх L_{ij} визначається у вигляді:

$$M\xi(c) = \frac{C_d^c}{N_{2c}} \sum_{k=1}^{N_{2c}} p(L_{ij}^k | \xi(x|c) = 1),$$

де N_c – число розіграних станів (реалізацій) множини L_{ij} .

Ймовірність $p(L_{ij})$ розраховується за формулою:

$$p(L_{ij}^k) = \prod_{i=1}^h p(\alpha_i = 1) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{d-h} [1 - p(\alpha_i = 1)].$$

Ймовірності $p(\alpha_i = 1)$, $i = \overline{1, d}$ задані під час розв'язання задачі розподілу потоків.

Остаточна оцінка ймовірності не встановлення з'єднання між парою (i, j) набуде вигляду:

$$M\xi(c) = \sum_{c=c_{\min}}^{c_{\max}} \frac{C_d^c}{N_c} \sum_{k=1}^{N_c} p(L_{ij}^k | \xi(x|c) = 1), \quad (4)$$

Таким чином, вираз (4) повністю відображає ймовірнісний підхід до встановлення ІВ в інтернет речей з топологією mesh.

При оцінці ймовірнісно-часових характеристик доставки даних застосовують математичний апарат систем масового обслуговування (СМО).

Особливості застосування теорії СМО до моделювання обчислювальних мереж вимагають необхідності враховувати різні види взаємодії окремих СМО, якими моделюються

вузли мережі [13, 14, 15]. Основний вид взаємодії вузлів - послідовне поетапне. В разі встановленого з'єднання - це ланцюжок СП. На рис. 3 приведено загальноприйняте графічне позначення СМО [15].

СМО задається наступними параметрами: $A(t)$ - функцією розподілу інтервалу часу між надходженнями заявок, $0 \leq t$; $B(t)$ - функцією розподілу часу обслуговування заявок; K - кількістю каналів обслуговування, $K \geq 1$; L - довжиною черги, $0 \leq L \leq \infty$.

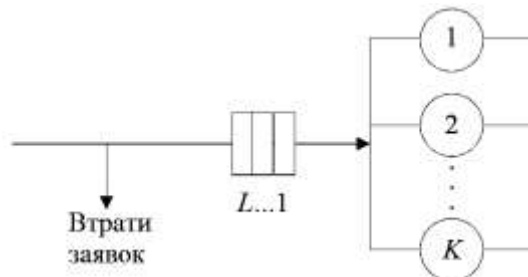


Рисунок 3 - Система масового обслуговування

Характеристики, які оцінюються за допомогою СМО: P_n - ймовірність втрати заявки; $T_{оч}$ - середня тривалість очікування; L - середня кількість заявок в черзі; M - середня кількість заявок в СМО. В теорії СМО для оцінки продуктивності застосовується апарат перетворення Лапласа-Стільтєса (ПЛС). Перетворенням Лапласа-Стільтєса випадкової величини x функції розподілу $B(x)$ називається функція $\beta(s)$, яка визначається наступним чином

$$\beta(s) = \int_0^{\infty} e^{-sx} dB(x),$$

де $s \geq 0$ - параметр ПЛС.

Якщо x - неперервна випадкова величина, то ПЛС

$$\beta(s) = \int_0^{\infty} e^{-sx} B(x) d(x), \quad (5)$$

Для оцінки ймовірнісно-часових характеристик використовуються відомі властивості ПЛС:

1. Перетворення Лапласа-Стільтєса суми випадкових величин дорівнює добутку перетворень Лапласа-Стільтєса кожної з цих величин, тобто якщо дві незалежні випадкові величини мають ПЛС $\beta_1(s)$ і $\beta_2(s)$ їх функцій розподілів, то ПЛС функції розподілу суми цих величин є $\beta_1(s)\beta_2(s)$.

2. Якщо B_k є k -й момент випадкової величини відносно початку координат, то

$$B_k = (-1)^k \frac{d^k \beta(s)}{ds^k} \Big|_{s=0} \quad \text{тобто} \quad \text{моменти} \quad \text{випадкової} \quad \text{величини} \quad \text{визначаються}$$

диференціюванням в нулі (при $s = 0$) відповідне число раз перетворення Лапласа-Стільтєса функції розподілу цієї величини. Перший центральний момент визначає математичне очікування випадкової величини,

$$\bar{t} = \beta = \frac{d\beta(s)}{ds}, \quad (6)$$

а другий центральний момент потрібен для знаходження дисперсії випадкової величини

$$\sigma^2 = B_2 - B_1^2 = \frac{d^2 \beta(s)}{ds^2} \Big|_{s=0} - \left[\frac{d\beta(s)}{ds} \Big|_{s=0} \right]^2. \quad (7)$$

$$3. \lim_{s \rightarrow 0} \beta(s) = \lim_{t \rightarrow \infty} B(t).$$

4. Величина $e^{-sx}B(x_i)$ – є ймовірність складної події, що складається в тому, що випадкова величина не перевищить значення x_i (співмножник $B(x_i)$), а крім того, за час $[0, x_i]$ не відбудеться жодної «катастрофи» (співмножник e^{-sx}). Параметр s розглядається як інтенсивність «катастроф». Інтегрування по всьому діапазону дає $\int_0^{\infty} e^{-sx}dB(x) = \beta(s)$.

Таким чином, імовірнісний сенс перетворення Лапласа - Стілтєса при оцінці t_{no} полягає в тому, що вона визначає ймовірність того, що за час t_{don} будуть передані всі дані.

Розподіл часу передачі даних в інтернет речей описується в термінах перетворення Лапласа-Стілтєса (ПЛС) [4]. В інтернет речей одночасно передаються між різними її елементами K незалежних пуассонівських потоків даних різних класів інтенсивності λ_k , $k=1,...,K$ і обслуговуються за довільним законом, тобто кожний сегмент маршруту є СМО типу $M|G|1$.

Для системи $M|G|1$ відомо рівняння Поллачіка-Хинчина для перетворення Лапласа-Стілтєса (ПЛС) функції розподілу часу очікування $W(s)$

$$W(s) = \frac{s(1-\rho)}{s-\lambda+\lambda\beta(s)},$$

де ρ - коефіцієнт завантаження каналу; λ - інтенсивність надходження пакетів в канал; $\beta(s)$ - ПЛС часу обробки пакета на СП. Для обчислення $W(s)$ необхідно знайти ПЛС функції розподілу часу обробки пакета $\beta(s)$. Для випадкової величини t - часу обробки пакету з експоненціальною функцією розподілу

$$B_k(t) = 1 - e^{-\mu_k t},$$

де $\mu_k = C/l_k$ - пропускна здатність СП, в пакетах/с, C - пропускна здатність СП, в бітах/с, l_k - довжина пакета даних k -го класу в бітах, $k = 1, ..., K$.

Перетворення Лапласа-Стілтєса

$$\beta(s) = \frac{\mu}{(\mu+s)} = \frac{1}{(1+s \cdot t)}.$$

Для випадкової величини t з рівномірною функцією розподілу

$$B_k(t) = \frac{t-\alpha}{b-\alpha}, \text{ при } \alpha \leq t \leq b,$$

Перетворення Лапласа-Стілтєса

$$\beta(s) = \frac{e^{-s\alpha} - e^{-sb}}{s(b-\alpha)}.$$

Відповідно до розглянутих властивостей ПЛС тривалість передачі даних k -го класу від вузла i до вузла j визначається як

$$\beta_k(t) = \prod_{d=1}^N W_d(t) \beta_d(t), \quad (8)$$

де $\beta_d(t)$ - ПЛС функції розподілу часу обробки пакета в d -му каналі маршруту; $W_d(t)$ - ПЛС функції розподілу часу очікування $W(s)$ в d -му каналі маршруту.

Таким чином, даний розподіл буде функцією від векторів інтенсивностей надходження і обслуговування пакетів $\beta_k(t) = f(\lambda_k, \mu_k)$.

Метод дає розподіл часу перебування даних k -го класу в мережі інтернет речей, при заданому векторі ймовірностей виникнення помилок на елементах маршруту для всіх пар взаємодіючих СП. ПЛС дозволяє при обмеженнях t_{don} на час t_{no} деякого маршруту визначити

можливе навантаження на цей маршрут і здійснити вибір відповідного алгоритму самоорганізації мережі.

Висновки. Показано, що проектування систем інтернет речей пов'язане з низкою задач, які вимагають моделювання процесів інформаційної взаємодії, що дозволяє при прогнозованому трафіку будувати оптимальні режими функціонування подібних систем.

Запропонована імовірнісна модель встановлення інформаційної взаємодії в мережі інтернет речей з топологією mesh. Модель дозволяє оцінити абсолютні та ймовірні характеристики інформаційної взаємодії. У моделі враховані умови, відповідні реальному процесу інформаційної взаємодії - наявність непрацездатних каналів і точок доступу, обмежена кількість повторних спроб встановлення з'єднань, наявність альтернативних маршрутів.

Для оцінки часу передачі даних запропоновано застосувати апарат перетворення Лапласа-Стілтєса. Перший центральний момент ПЛС дозволяє визначити середній час передачі даних за встановленою інформаційною взаємодією. Імовірнісний сенс ПЛС дозволяє виконати оцінку ймовірності доставки даних. Метод дає розподіл часу перебування даних k -го класу в мережі інтернет речей, при заданому векторі ймовірностей виникнення помилок на елементах маршруту для всіх пар взаємодіючих СП. ПЛС дозволяє при обмеженнях t_{don} на час t_{no} деякого маршруту визначити можливе навантаження на цей маршрут і здійснити вибір відповідного алгоритму самоорганізації мережі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем : учебник для бакалавров / Б.Я. Советов, С. А. Яковлев. – 7-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2015. – 343 с.
2. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н. А.Олифер - СПб.: Питер, 2017. - 992 с.
3. Росляков, А.В. Сети следующего поколения NGN [Text] : монография / А. В. Росляков - М. : Эко-Трендз, 2008. - 420 с. : ил.
4. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технология. / Ю.И. Рыжиков - СПб: КОРОНА принт, 2015. - 384 с.
5. Алпайдин, Э. Машинное обучение: новый искусственный интеллект / Э. Алпайдин : пер. с англ. – М. : Издательская группа «Точка», Альпина Паблишер, 2017. – 208 с.
6. Риз, Дж. Облачные вычисления. / Дж. Риз: пер. с англ. –СПб.: БХВ-Петербург, 2011. –288 с.:ил.
7. Гольдштейн, Б.С. Сети связи пост-NGN/Б.С.Гольдштейн,А.Е.Кучерявый.–СПб.:БХВ-Петербург,2014.–160с.: ил.
8. Быстрая разработка программ. Принципы, примеры, практика /Роберт Мартин, Джеймс Ньюкирк, Роберт Косс – Изд-во: Диалектика-Вильямс, 2004. – 752 с.
9. Тархов, Д.А. Нейросетевые модели и алгоритмы : справочник / Д.А. Тархов. – Москва : Радио-техника, 2014. – 349 с. : ил.
10. Салмре, Иво Конечный автомат для пользовательского интерфейса. Программирование мобильных устройств на платформе .NET Compact Framework. / Иво Салмре – Изд-во: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 736с.
11. Муляр І.В. Метод предикативної ідентифікації процесів для захисту від прихованих загроз в середовищі хмарних обчислень / С.В. Ленков , В.М. Джулій , О.В. Селюков, І.В. Муляр // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2017. – Вип. № 55. – С. 145-154.
12. Ленков С.В. Динамічні показники оцінки рівня функціональної безпеки інформаційної системи / С.В. Ленков , В.М. Джулій , І.В. Муляр // Сучасна спеціальна техніка. Науково практичний журнал. - ДНДІ МВС України, 2016. - Вип. №2(45). - С.59-67
13. Гибкая разработка программ на Java и C++. Принципы, паттерны и методики. /Роберт С. Мартин, Джеймс Ньюкирк, Роберт Косс – Изд-во: Диалектика-Вильямс, 2016. – 704 с.
14. Кутузов, О.И. Инфокоммуникационные сети. Моделирование и оценка вероятностно-временных характеристик [Текст] : монография / О.И. Кутузов, Т.М. Татарникова - СПб. : ГУАП, 2015. - 381 с.

15. Тюрликов, А.М. Методы случайного множественного доступа [Текст] : монография / А. М. Тюрликов - Санкт-Петербург : ГУАП, 2014. - 299 с. : ил.

REFERENCES:

1. Sovetov, B. Ya. and Yakovlev, S.A. (2015), "Modelirovanie sistem : uchebnik dlya bakalavrov" [System modeling: a textbook for bachelors], 7-e izd. M. : Izdatelstvo Yurayt, 343p.
2. Olifer, V.G. and Olifer, N.A. (2017), "Kompyuternyye seti. Printsipy, tehnologii, protokoly" [Computer networks. Principles, technologies, protocols], SPb.: Piter, 992p.
3. Roslyakov, A. V. (2008), "Seti sleduyushchego pokoleniya NGN" [Next Generation NGN Networks], [Text] : monografiya, M. : Eko-Trendz, 420p. : il.
4. Ryizhikov, Yu.I. (2015), "Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i tehnologiya." [Imitation modeling. Theory and technology], SPb: KORONA print, 384p.
5. Alpaydin, E. (2017), "Mashinnoe obucheniye: novyy iskusstvennyy intellekt" [Machine Learning: New Artificial Intelligence], per. s angl. – M. : Izdatelskaya gruppa «Tochka», Alpina Publisher, 208 p.
6. Riz, Dzh. (2011), "Oblachnyye vychisleniya" [Cloud computing], per. s angl., SPb.: BHV-Peterburg, 288p.: il.
7. Goldshteyn, B.S. and Kucheryavy, A.E. (2014), "Seti svyazi post-NGN" [Post-NGN communication networks], SPb.:BHV-Peterburg, 160p.: il.
8. Martin, Robert, Nyukirk, Dzheyms and Koss, Robert (2004), "Byistraya razrabotka programm. Printsipy, primery, praktika" [Rapid development of programs. Principles, examples, practice], Izd-vo: Dialektika-Vilyams, 752 p.
9. Tarhov, D.A. (2014), "Neyrosetevyye modeli i algoritmy : spravochnik" [Neural network models and algorithms: a reference book], Moskva : Radio- tehnika, 349p. : il.
10. Salmre, Ivo (2006), "Konechnyy avtomat dlya polzovatel'skogo interfeysa. Programirovaniye mobilnykh ustroystv na platforme .NET Compact Framework" [A state machine for the user interface. Programming mobile devices on the .NET Compact Framework], Izd-vo: Izdatelskiy dom "Vilyams", 736p.
11. Muliar I.V. Metod predykativnoy identifikatsii protsesiv dlia zakhystu vid prykhovanykh zahroz v seredovyshchi khmarnykh obchyslen / S.V. Lienkov, V.M. Dzhulii, O.V. Seliukov, I.V. Muliar // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU, 2017. – Vyp. № 55. – С. 145-154.
12. 6. Lenkov S.V. Dynamichni pokaznyky otsinky rivnia funktsionalnoi bezpeky informatsiinoi systemy / S.V. Lienkov, V.M. Dzhulii, I.V. Muliar // Suchasna spetsialna tekhnika. Naukovo praktychnyi zhurnal. - DNDI MVS Ukrainy, 2016. - Vyp. №2(45). - С.59-67.
13. Martin, Robert, Nyukirk, Dzheyms and Koss, Robert (2016), "Gibkaya razrabotka programm na Java i C. Printsipy, patterny i metodiki." [Flexible development of Java and C ++ programs. Principles, Patterns and Techniques], Izd-vo: Dialektika-Vilyams, 704p.
14. Kutuzov, OI. and Tatarnikova, T. M. (2014), "Infokommunikatsionnyye seti. Modelirovaniye i otsenka veroyatnostno-vremennykh harakteristik" [Infocommunication networks. Modeling and evaluation of probability-time characteristics], [Tekst] : monografiya, SPb. : GUAP, 381p..
15. Tyurlikov, A.M. (2014), "Metody sluchaynogo mnozhestvennogo dostupa" [Random Multiple Access Methods], [Tekst] : monografiya, Sankt-Peterburg : GUAP, 299p. : il.

к.т.н., доц. Муляр И.В., д.т.н., с.н.с. Селюков А.В., к.т.н., доц. Джулий В.Н., Кизюн Б.Н.
МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

В статье предложен подход к определению оценки вероятностно-временных характеристик информационного взаимодействия в сети интернет вещей.

Проектирование систем интернет вещей (IoT) связано с рядом задач, которые требуют моделирования процессов информационного взаимодействия, что позволит при прогнозируемом трафике строить оптимальные режимы функционирования подобных систем. Основная идея интернет вещей заключается в организации взаимодействия различных предметов в окружающей среде, передачи информации, генерируемой этими вещами и предоставления бесперебойного соединения. С учетом новизны предметной области, фундаментальных характеристик и сложности организации IoT, основным средством исследования на ранних

этапах проектирования интернет вещей моделирования и соответствующие алгоритмы, определяющие актуальность работы.

Предложенная вероятностная модель установления информационного взаимодействия в сети интернет вещей с топологией *mesh*, основанная на мультиагентном подходе, построенная на базе фундаментальных характеристик технологии интернет вещей. Модель позволяет оценить абсолютные и вероятностные характеристики информационного взаимодействия. В модели учтены условия, соответствующие реальному процессу информационного взаимодействия - наличие неисправных каналов и точек доступа, ограниченное количество повторных попыток установления соединений, наличие альтернативных маршрутов.

Для оценки времени передачи данных предложено применить аппарат преобразования Лапласа-Стилтьеса. Первый центральный момент ПЛС позволяет определить среднее время передачи данных по установленной информационным взаимодействием. Вероятностный смысл ПЛС позволяет выполнить оценку вероятности доставки данных. Метод предоставляет распределение времени пребывания данных k -го класса в сети интернет вещей, при заданном векторе вероятностей возникновения ошибок на элементах маршрута для всех пар взаимодействующих сенсорных устройств. ПЛС позволяет при ограничениях на время некоторого маршрута определить возможную нагрузку на этот маршрут и осуществить выбор соответствующего алгоритма самоорганизации сети.

Ключевые слова: интернет вещей, облачные вычисления, вероятностная модель, туманные вычисления, сенсорное устройство, информационное взаимодействие.

Ph.D. Mulyar I.V., prof. Selyukov A.V., Ph.D. Dzhulij V.M., Kizyun B.N.
OF MATERIAL-TIME CHARACTERISTICS EVALUATION MODEL
OF INFORMATION RELATIONSHIP IN THE NETWORK OF THE INTERNET THINGS

The article proposes an approach to the estimation of probabilistic-time characteristics of the information interaction in the Internet of things.

Designing Internet Systems (IoT) is associated with a number of tasks that require simulation of information interaction processes, which will allow optimal modes of operation of similar systems to be created in predicted traffic.

The main idea of the Internet things is to organize the interaction of various objects in the environment, the transfer of information generated by these things and provide uninterrupted connection. Taking into account the novelty of the subject area, the fundamental characteristics and complexity of the organization IoT, the main means of research in the early stages of designing Internet things is the simulation and the corresponding algorithms that determine the relevance of the work.

The probabilistic model of establishing information interaction in the Internet of things based on the mesh topology based on the multiagent approach is proposed, taking into account the fundamental characteristics of Internet technology. The model allows estimating the absolute and probabilistic characteristics of the information interaction. The model takes into account the conditions that correspond to the actual process of information interaction - the presence of inoperable channels and access points, limited number of repeated attempts to establish connections, the availability of alternative routes.

To evaluate the time of data transmission, it is proposed to use the Laplace-Stilltiess transformer. The first central point of the PLC allows you to determine the average data transmission time for the established information interaction. The probabilistic meaning of the PLC allows estimating the probability of data delivery. The method provides the distribution of the time of stay of the k -th class data in the Internet of things, with a given vector of probability of occurrence of errors on the route elements for all pairs of interacting sensory devices. PLC allows with restrictions t_{dop} per hour t_{pd} some route to determine the possible load on this route and to select the appropriate algorithm of the network self-organization.

Keywords: internet things, cloud computing, probabilistic model, fuzzy calculations, touch device, information interaction.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ ПІДРОЗДІЛУ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК НА МІСЦЕВОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ

У статті запропоновано шляхи підвищення ефективності процесу прийняття рішення командиром тактичного рівня про розташування підрозділу сухопутних військ за рахунок вдосконалення способів проведення геопросторового аналізу місцевості. Здійснено аналіз впливу тактичних властивостей визначеної місцевості на ведення бойових дій. Розглянуто особливості проведення геопросторового аналізу місцевості та реалізацію його результатів у додатковому програмному модулі Spatial Analyst програмного продукту ArcGIS for Desktop.

У результаті дослідження, було розроблено методику проведення геопросторового аналізу місцевості з метою оптимізації прийняття рішення командиром тактичної ланки управління по вибору місць розміщення підрозділів сухопутних військ. Для досягнення поставленої мети було здійснено аналіз: тактичних властивостей місцевості та визначено їх вплив на проведення бойових дій, можливостей геопросторового аналізу та його реалізації в програмному продукті ArcGIS for Desktop з метою розробки методики проведення геопросторового аналізу місцевості за допомогою програмного додатку Spatial Analyst.

Запропонована методика дозволяє: підвищити ефективність аналізу тактичних властивостей місцевості у порівнянні з традиційними способами аналізу паперової топографічної карти, моделювати тактичні характеристики будь-якої місцевості та прогнозувати їх зміни відповідно до наслідків ведення бойових дій, будувати гнучкі моделі аналізу у відповідності із змінами тактичної обстановки на території ведення бойових дій, автоматизувати процес геопросторового аналізу. Перспективним напрямком є створення віджета за допомогою мови програмування Python для використання в автоматизованих системах управління військами та Геоінформаційному порталі Збройних Сил України офіцерами не тільки Топографічної Служби ЗСУ, але й інших родів військ та служб.

Ключові поняття: тактичні властивості місцевості, геоінформаційна система, геопросторовий аналіз, модель геопросторового аналізу.

Ключові поняття: тактичні властивості місцевості, геоінформаційна система, геопросторовий аналіз, модель геопросторового аналізу.

Вступ. П'ятий рік на території України йде повноцінна війна. Попри значний об'єм бойового досвіду, який отримали наші війська, завжди є сфери діяльності в які можна запровадити інновації. Незважаючи на наявність сучасних технологій, які активно впроваджуються в діяльність Збройних Сил України, вибір оптимальних місць розташування підрозділу виконується на основі досвіду та інтуїції командира, адже визначення точних характеристик крутизни схилів, зон видимості з усіх командних висот, щільності дорожньої мережі різних класів та їх зважене накладання за паперовою топографічною картою, яка містить обмежену кількість атрибутивних даних – надзвичайно складне та трудомістке завдання. Виникає задача створення методики та інструментарію для ефективного геопросторового аналізу місцевості за допомогою програмного продукту ArcGIS for Desktop, який стоїть на озброєнні ЗСУ та володіє широким арсеналом інструментів просторового аналізу, що у поєднанні з наявними цифровими та електронними картами на територію України та сусідніх держав дає змогу точного та швидкого аналізу тактичних властивостей місцевості в будь-якому районі, особливо на території проведення операції Об'єднаних Сил (далі - ООС).

Мета статті. Метою статті є наведення шляхів удосконалення традиційних способів проведення геопросторового аналізу місцевості з метою адекватного прийняття рішення командирами підрозділів тактичного рівня по розташуванню підрозділів сухопутних військ.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Фундаментальною працею у питанні впливу місцевості на перебіг та результати ведення бойових дій є [5], частково розкриті питання визначення тактичних властивостей місцевості у працях [1], [3], [11]. Фахівці Національної академії оборони України займались детальним вивченням питанням аналізу тактичних властивостей місцевості [10], але всі наведені вище праці мають суцільно теоретичний характер та засновані на аналізі паперової топографічної карти без урахування сучасних ГІС-технологій. Єдиною працею, що має практичну реалізацію аналізу місцевості за допомогою ГІС є [8], але в теперішній час можливо значно удосконалити методику, наведену в статті.

Виклад основного матеріалу. Результати аналізу тактичних властивостей місцевості довели, що топографічні об'єкти (рельєф та місцеві предмети) формують місцевість та явно і опосередковано впливають на характер перебігу бойових дій. Різні особливості місцевості формують її тактичні властивості, що прямо впливають на успішність виконання завдань підрозділами Збройних Сил України.

Основними тактичними властивостями місцевості є:

- захист військ від ураження вогневыми засобами противника та засобами масового ураження;

- умови прохідності місцевості;
- умови спостереження, орієнтування та ведення вогню;
- умови маскуванню та інженерного обладнання позицій.

Саме ці параметри можна описати за допомогою просторового аналізу та використати для вибору оптимальних місць розташування підрозділів, адже до цього моменту дане рішення приймалося лише на основі вивчення топографічної карти та залежало від досвіду командира. В багатьох випадках, даних, які можна отримати з паперової топографічної карти, недостатньо для проведення точного просторового аналізу місцевості. Постає необхідність визначити можливості програмного модулю Spatial Analyst та вибрати з його арсеналу інструменти, які підвищать ефективність і точність виконання задач аналізу основних тактичних властивостей місцевості та виконати їх зважене накладання.

Основні можливості геопросторового аналізу. Геопросторовий аналіз – це процес пошуку просторових закономірностей в розподілі географічних даних і взаємозв'язків між об'єктами. Просторовий аналіз – це серце геоінформаційної системи (далі - ГІС). Геопросторовий аналіз надає можливості особливого сприйняття інформації про навколишнє середовище. Він є унікальною лінзою, через яку вивчаються події, структури і процеси, що відбуваються на Землі або обабіч поверхні нашої планети. В результаті проведення географічного аналізу даних певної місцевості отримаємо якісно нову інформацію і маємо можливості виявити раніше невідомі закономірності.

Перевага застосування геоінформаційних засобів полягає в тому, що ГІС дозволяє ідентифікувати, підтримувати і управляти просторовими зв'язками між топологічними об'єктами, що представляють об'єкти реального світу, створювати нові об'єкти, зв'язки, зв'язувати нові атрибути. Енді Мітчелл у керівництві по ГІС-аналізу визначає найбільш загальні завдання геопросторового аналізу, які щодня виконуються людьми на їх робочих місцях:

- аналіз місця розташування об'єктів – пошук, де розміщуються об'єкти (Mapping where things are);

- аналіз розподілу числових показників – виявлення, де більше, де менше (Mapping the most and least);

- побудова карт щільності – картографування щільності (Mapping density);

- пошук об'єктів усередині області – пошук того, що усередині (Finding what's inside);

- аналіз оточення – пошук того, що поруч (Finding what's nearby);

- аналіз просторових змін – картографування змін (Mapping change).

Аналітичні методи можуть бути як дуже простими – при звичайному створенні карти, так і складнішими, що включають моделі, які імітують реальний світ шляхом об'єднання багатьох шарів інформації.

Spatial Analyst як інструмент просторового аналізу в ArcGIS. Програмні продукти компанії ESRI (США), найстарішого у світі виробника програмних засобів ГІС (фірма заснована в 1969 р.), у наш час представлені, насамперед, сімейством спеціалізованих програмних пакетів, які об'єднані під назвою ArcGIS. Поточною версією ArcGIS є версія 10.6.1 (17.07.2018). До складу ArcGIS входить багато інтегрованих програмних продуктів, призначених як для розробки і експлуатації геоінформаційних систем різного рівня складності, так і для геоінформаційного забезпечення розв'язання завдань, пов'язаних з використанням просторової інформації.

ArcGIS має складну та розгалужену структуру, тому необхідно виділити місце і роль застосунків, що використовуються в процесі геопросторового аналізу (рис. 1). ArcToolbox містить набір інструментів для конвертації, аналізу і керування даними. ModelBuilder забезпечує реалізацію процедур обробки просторових даних і отримання деякого кінцевого продукту шляхом побудови графічних моделей, які містять інструменти, сценарії і дані. Фактично ModelBuilder надає користувачу візуальну мову моделювання, яка на основі побудови потокової діаграми організовує виконання сценарію обробки і аналізу просторових даних у вигляді комп'ютерної моделі, що може бути збережена і в пам'яті комп'ютера. ArcGIS Spatial Analyst - надає широкий набір функцій просторового аналізу і моделювання на основі растрової моделі, включаючи картографічну алгебру, а також інтегрованого вектор-растрового аналізу - у цілому містить більше 170 інструментів обробки і аналізу геоданих.



Рисунок 1 – Взаємодія компонентів ArcGIS для виконання просторового аналізу

Методика використання геоінформаційного модуля Spatial Analyst для вибору місця розташування підрозділу сухопутних військ. З метою покращення процесу проведення аналізу місцевості було запропоновано методику, яка дозволить швидко й точно визначити оптимальні місця розташування підрозділів ЗСУ відповідно до вимог, встановлених керівними документами.

Запропонована методика дозволяє підвищити ефективність вирішення наступних задач:

- адекватна оцінка тактичних властивостей місцевості перед плануванням бойових дій та визначення впливу особливостей місцевості на результат бою;
- можливість для військовослужбовців усіх рівнів управління застосувати повний функціонал пакету Spatial Analyst;
- гнучкість геопросторової моделі та можливість автоматизації процесу геопросторового аналізу.

Відповідно до загальної схеми проведення геопросторового аналізу місцевості, що адаптована до специфіки завдань Збройних Сил України, методика складається з наступних етапів:

1. Вибір критеріїв для розміщення підрозділу на місцевості;
2. Вибір та оцінка вхідних даних з цифрової топографічної карти ЗСУ;
3. Вибір інструментів Spatial Analyst для проведення аналізу та обробка даних в середовищі Model Builder ;
4. Відображення та передача результатів обробки зацікавленим підрозділам ЗСУ через автоматизовані системи управління військами.

Вибір критеріїв для розміщення підрозділу на місцевості. Відповідно до «Бойового статуту механізованих і танкових військ сухопутних військ Збройних Сил України» розташування підрозділу на місці – організоване розміщення підрозділів у призначеному районі розташування.

Район розташування призначається на місцевості, яка має природні укриття і маскувальні властивості та забезпечує захист підрозділів від ЗМУ та ВТЗ, розосереджене і приховане їх розміщення, швидкий збір і проведення маневру в потрібному напрямку, зручність розміщення та відпочинку особового складу, а також сприятливі санітарно-епідемічні умови. Необхідно уникати розташування підрозділів поблизу населених пунктів, важливих об'єктів, які спростують топогеодезичну прив'язку району розміщення (позицій) до місцевості та по яких можливе нанесення противником вогневих ударів та застосування ЗМУ і ВТЗ. Розташування підрозділів під лініями електропередач, поблизу газо- та нафтопроводів, іншими потенційно небезпечними об'єктами не допускається. Розмір району розташування батальйону на місці може бути до 10 км², роти – 1,5-2 км².

Вибір та оцінка вхідних даних з цифрової топографічної карти Збройних Сил України. Основні тактичні властивості місцевості, які є головними показниками під час вибору оптимальних місць розташування підрозділу, можна виразити через характерні поєднання елементів місцевості.

Захисні властивості місцевості є поєднанням рослинного покриву, рельєфу, природних та штучних укриттів. Прохідність місцевості визначається розвитком дорожньої мережі, типом ґрунту, рослинним покривом та ухилом рельєфу. Умови ведення вогню та спостереження залежать від унікальних для кожної точки місцевості зон видимості.

Вибір інструментів Spatial Analyst для проведення аналізу та обробка даних в середовищі Model Builder. ModelBuilder являє собою мову візуального програмування для створення робочих процесів геообробки. Моделі геообробки допомагають автоматизувати і документувати просторовий аналіз та процеси управління даними. Модель відображена у вигляді діаграми, яка з'єднує послідовності процесів та інструментів геообробки, використовуючи дані одного процесу, як вхідний матеріал для іншого.

Вихідними даними для аналізу є шари з цифрової топографічної карти, що створена відповідно до Військового стандарту 01.110.001 ЗСУ, що містять просторову та атрибутивну інформацію про рельєф, дорожню мережу, населені пункти, рослинність, місця проходження ліній електропередачі (ЛЕП).

За допомогою інструментів Евклідової відстані (вимірює відстань по прямій від кожної комірки растра до найближчого об'єкту інтересу) визначені ділянки, що максимально віддалені від населених пунктів та ЛЕП (за вимогами Бойового Статуту ЗСУ) та максимально близькі до доріг та лісових масивів (зادля виконання умов оптимальної прохідності, можливості маскування в лісі. З даних планово-висотної прив'язки була створена TIN-модель рельєфу, потім на її основі растр із даними про висоту в кожній комірці растра, за допомогою якого можна визначити ділянки з оптимальним ухилом рельєфу (який є однією з умов прохідності місцевості, адже ділянки з ухилом 20-30° є практично недоступними навіть для гусеничної техніки). За допомогою зіставлення інформації про висоту дерев з растром висот були вираховані зони видимості та невидимості з командних висот, що визначають умови ведення вогню та спостереження, впливають на захисні властивості місцевості.

Перекласифікувавши всі отримані дані, їх можливо зважено накласти. Зважене накладання виконувалось в два етапи – спочатку для даних відстаней від населених пунктів, ЛЕП, лісових масивів та доріг, а потім на другому етапі дана група співставлялась із ділянками, які не проглядаються з командних висот.

Відображення та передача результатів обробки зацікавленим підрозділам Збройних Сил України через автоматизовані системи управління військами. В результаті виконання просторового аналізу було отримано растр із комірками, які відповідають території на місцевості, яка лежить в зоні невидимості з командних висот, максимально віддалені від ЛЕП та населених пунктів, максимально близько лежить до лісових масивів та дорожньої мережі з ухилом рельєфу, який відповідає умовам прохідності колісної та гусеничної техніки.

Задля кращого відображення було виконано відбір ділянок із зваженими значеннями 9 та 10 балів (з 10 максимальних), групування ділянок за фільтром «сусідства» та «більшості» (кластери комірок растрів, які мають 8 сусідніх комірок, 5 з яких обов'язково повинні мати однакові значення), конвертації растрового файлу до полігону та відбір ділянок з площею, що відповідає вимогам Бойового Статуту Збройних Сил України (батальйон до 10 км², рота – 1,5–2 км²). Отримані результати можна поширювати різними способами:

- друковані картографічні твори;
- електронні топографічні карти;
- інтерактивні web-карти;
- через Геоінформаційний портал Збройних Сил України, створений у мережі «Дніпро».

Висновки і перспективи подальших досліджень. В результаті дослідження, було розроблено методику проведення геопросторового аналізу місцевості з метою оптимізації прийняття рішення командиром тактичної ланки управління по вибору місць розміщення підрозділів сухопутних військ. Для досягнення поставленої мети було здійснено аналіз: тактичних властивостей місцевості та визначено їх вплив на проведення бойових дій, можливостей геопросторового аналізу та його реалізації в програмному продукті ArcGIS for Desktop з метою розробки методики проведення геопросторового аналізу місцевості за допомогою програмного додатку Spatial Analyst.

Запропонована методика дозволяє: підвищити ефективність аналізу тактичних властивостей місцевості у порівнянні з традиційними способами аналізу паперової топографічної карти, моделювати тактичні характеристики будь-якої місцевості та прогнозувати їх зміни відповідно до наслідків ведення бойових дій, будувати гнучкі моделі аналізу у відповідності із змінами тактичної обстановки на території ведення бойових дій, автоматизувати процес геопросторового аналізу. Перспективним напрямком є створення віджета за допомогою мови програмування Python для використання в автоматизованих системах управління військами та Геоінформаційному порталі Збройних Сил України офіцерами не тільки Топографічної Служби ЗСУ, але й інших родів військ та служб.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних військ. Збройних сил України. – 2016.
2. Військовий стандарт ВСТ 01.110.001 – 2011 (01) База даних картографічної інформації для створення та використання в геоінформаційних системах ArcGIS, затверджений наказом начальника Центрального управління метрології і стандартизації Збройних Сил України – головного метролога Збройних Сил України від 14.10.2011 №11.
3. Військова топографія. Видання 5-е, перероблене та доповнене. Шмаль С.Г., Кравчук О.В., Гудзь А.М., Прищепа С.В., Прохоров О.А., Савков П.А., Полець О.П., 2018. – 643 с.: іл.
4. Геоінформаційні системи в науках про Землю: монографія /В.І. Зацерковний, І.В. Тішаєв, І.В. Віршило, В.К. Демидов. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2016. – 510 с.
5. Іваньков, ПА. Местность и ее влияние на боевые действия войск [Текст] / П.А.Иваньков, Г.В. Захаров. - М.: Воениздат, 1969. - 207 с.
6. Ішук О.О. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навчальний посібник / О.О. Ішук, М.М. Коржнев, О.Е. Кошляков; за ред. акад. Д.М. Гродзинського. – К.: Видавничо-поліграфічний

центр "Київський університет", 2003. – 200 с.

7. Митчелл Энди. Руководство по ГИС Аналізу. Часть 1: Пространственные модели и взаимосвязи / Энди Митчелл; пер. с англ. – Киев, ЗАО ЕСОММ Со; Стилос, 2000. – 198 с.

8. Міхно О.Г. Геоінформаційний аналіз тактичних властивостей місцевості – Вісник геодезії та картографії, №5(80), 2012

9. Настанова з топогеодезичного та навігаційного забезпечення Збройних Сил України. Наказ НГШ від 4.01.2017 № 3.

10. Повшєдний, В.А. Методика вивчення й оцінки місцевості по топографічних картах: навчальний посібник [Текст] / В.А. Повшєдний, Ю.Є. Варлан. – К.: НАОУ, 2000. – 13 с.

11. Помбрік, И.Д. Карта офицера [Текст] / И.Д. Помбрік, Н.А. Шевченко. – М.: Воениздат, 1985. – 175 с.

12. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посібник /; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 313 с.

13. Principles of Geographic Information Systems. Rolf A. de By (ed.). Second edition. – Enschede, The Netherlands, 2001, 490 p.

14. <http://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html> Spatial Analyst

15. <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/an-overview-of-the-spatial-analyst-toolbox.htm>

16. <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/complete-listing-of-spatial-analyst-tools.htm>

REFERENCES:

1. Bojovyy statut mehanizovanyh i tankovyh vijs'k Suhoputnyh vijs'k. Zbrojnyh syl Ukrai'ny (2016).

2. Vijs'kovyy standart VST 01.110.001 – 2011 (01) Baza danyh kartografichnoi' informacii' dlja stvorennya ta vykorystannja v geoinformacijnyh systemah ArcGIS, zatverdzhennyj nakazom nachal'nyka Central'nogo upravlinnja metrologii' i standartyzacii' Zbrojnyh Syl Ukrai'ny – golovnoho metrologa Zbrojnyh Syl Ukrai'ny vid 14.10.2011 №11.

3. Shmal' S.G., Kravchuk O.V., Gud'z' A.M., Pryshhepa S.V., Prohorov O.A., Savkov P.A. and Polec' O.P. (2018). Vijs'kova topografija. Vydannja 5-e, pereroblene ta dopovnene., 643 p.: il.

4. Zacerkovnyj V.I., Tishajev I.V., Virshylo I.V. and Demydov V.K. (2016). Geoinformacijni systemy v naukah pro Zemlju: monografija, Nizhyn : NDU im. M. Gogolja, 510 p.

5. Ivan'kov, P.A., G.V. Zaharov. (1969). Mestnost' i ee vlijanie na boevye dejstvija vojsk. Moskva, Voenizdat, 207 p.

6. Ishhuk O.O., Korzhnev M.M. and Koshljakov O.E.; za red. akad. Grodzyn'skogo D.M. (2003). Prostorovyj analiz i modeljuvannja v GIS: Navchal'nyj posibnyk. Kyi'v.: Vydavnycho-poligrafichnyj centr "Kyiv's'kyj universytet", 200 p.

7. Mitchell Jendi. (2000). Rukovodstvo po GIS Analizu. No. 1: Prostranstvennye modeli i vzaimosvjazil. Kyi'v. ZAO ESOMM So; Stilos., 198 p.

8. Mihno O.G. (2012). Geoinformacijnyj analiz taktychnyh vlastyvostej miscevosti. *Visnyk geodezii' ta kartografii'*, no. 5(80).

9. Nastanova z topogeodezychnogo ta navigacijnogo zabezpečennja Zbrojnyh Syl Ukrai'ny. Nakaz NGSh vid 4.01.2017 № 3.

10. Povshednyj, V.A., Varlan Ju.Je. (2000). Metodyka vyvchennja j ocinky miscevosti po topografichnyh kartah: navchal'nyj posibnyk. Kyi'v: NАОU, 13 p.

11. Pombyrk, Y.D., Shevchenko N.A. (1985). Karta ofycera. Moskva: Voenyzdat, 175 p.

12. Shypulin V.D. (2010). Osnovni pryncypy geoinformacijnyh system: navch. Hark. nac. akad. mis'k. gosp-va. Harkiv: HNAMEG, 313 p.

13. Principles of Geographic Information Systems. Rolf A. de By (ed.). Second edition. – Enschede, The Netherlands, 2001, 490 p.

14. <http://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html> Spatial Analyst

15. <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/an-overview-of-the-spatial-analyst-toolbox.htm>

16. <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/complete-listing-of-spatial-analyst-tools.htm>

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК НА МЕСТНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

В статье предложены пути повышения эффективности процесса принятия решения командиром тактического уровня о расположении подразделений сухопутных войск за счет совершенствования способов проведения геопространственного анализа местности. Осуществлен анализ влияния тактических свойств определенной местности на ведение боевых действий. Рассмотрены особенности проведения геопространственного анализа местности и реализацию его результатов в дополнительном программном модуле Spatial Analyst программного продукта ArcGIS for Desktop. В результате исследования, была разработана методика проведения геопространственного анализа местности с целью оптимизации принятия решения командиром тактического звена управления по выбору мест размещения подразделений сухопутных войск. Для достижения поставленной цели был осуществлен анализ: тактических свойств местности и определено их влияние на проведение боевых действий, возможностей геопространственного анализа и его реализации в программном продукте ArcGIS for Desktop с целью разработки методики проведения геопространственного анализа местности с помощью программного приложения Spatial Analyst. Предложенная методика позволяет повысить эффективность анализа тактических свойств местности по сравнению с традиционными способами анализа бумажной топографической карты, моделировать тактические характеристики любой местности и прогнозировать их изменения в соответствии с последствиями ведения боевых действий, строить гибкие модели анализа в соответствии с изменениями тактической обстановки на территории ведения боевых действий, автоматизировать процесс геопространственного анализа. Перспективным направлением является создание виджета с помощью языка программирования Python для использования в автоматизированных системах управления войсками и геоинформационных портале Вооруженных Сил Украины офицерами не только топографической службы ВСУ, но и других родов войск и служб.

Ключевые понятия: тактические свойства местности, геоинформационная система, геопространственный анализ, модель геопространственного анализа.

Ph.D. Savkov P.A., Levinskova N.V., Dobrutskiy A.I.

OPTIMIZATION OF LOCATION OF THE ARMY UNITS ON THE TERRAIN WITH THE HELP OF GEOSPATIAL ANALYSIS

The process of optimization of location of the Army units by commanding officers of the tactical level with help of geospatial analysis has been considered in the article. The analysis of the tactical quality of terrain and the impact of terrain on the warfighting has been conducted. The main possibilities of the geospatial analysis and its implementation in the additional module Spatial Analyst of the programming product ArcGIS for Desktop have been considered in the article. The method of using Spatial Analyst while choosing the location of the Army unit, based on the analysis of the tactical quality of the terrain with help of the spatial analysis in ModelBuilder. This method is based on the deep analysis and weighted overlay of different layers of the standard electronic topographical maps used by the Armed Forces of Ukraine. Layers of the State Geodesic Network, road system, locations of populated areas, transmission lines and forests were chosen for creating transitive informational material (ex. classified distance maps, TIN data model, height raster). The transitive materials were weighted overlaid for creating shapefile with optimal areas for locating Army units of the Ukrainian Armed Forces. Optimal areas have to correspond to a set of conditions from combat statute of the UAF: terrain passability, optimal grounding space, appropriate conditions of observation, navigation, firing, screen and farness from populated areas, transmission lines. As a result, the final shapefile can be shared over the automated process-control system, paper maps, GIS Portal of UAF and other ways depend on combat situation.

The advanced field is creating Python based widget with semi-automatic process of spatial analysis that can be used not only by GIS specialists in the UAF, but also by other branches and services of the UAF.

Key terms: tactical qualities of terrain, geoinformation system, geospatial analysis, geospatial analysis model.

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

УДК 373.21:316.647.5

д.пед.н., доц. **Артемів В.Ю.** (НА СБУ)
к.т.н., с.н.с. **Литвиненко Н.І.** (ВІКНУ)

ЄВРОПЕЙСЬКІ ПІДХОДИ ДО ПРИСУДЖЕННЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ ДОКТОРА ФІЛОСОФІЇ В УКРАЇНІ

Розкрито передумови необхідні для розбудови системи підготовки докторів філософії в Україні, яка б відповідала сучасним європейським принципам. Визначено сучасний стан системи підготовки докторів філософії, який характеризується відсутністю системного підходу в філософії освіти та розуміння світоглядних педагогічних ідей сучасної Європи.

Найважливішим напрямом сучасної наукової думки є інтеграція вищої освіти та науки з метою пріоритетного розвитку новітніх наукових досліджень, орієнтованих на становлення розвинутого громадянського суспільства. Зміни в освітній діяльності України за останні роки, зростання професійної, міжгалузевої та інших видів трудової мобільності змушують по-іншому поглянути на проблему підготовки кандидатів наук - докторів філософії.

Пропонується продовжити дослідження системи підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації в Україні з метою інтеграції нашої держави до європейського освітнього співтовариства; за прикладом Прибалтійських держав автоматично надати ступінь доктора філософії всім кандидатам наук, які цього забажають; надати закладам, які працюють у сфері підвищення кваліфікації, право присвоювати випускникам диплом доктора в конкретній професійній сфері.

Ключові слова: система підготовки докторів філософії в Україні, академічна мобільність, габілітація, дослідницька програма, молодший бакалавр, бакалавр, магістр, доктор філософії, доктор наук.

Постановка задачі. В Європі вже остаточно сформувалася і отримала визнання нова парадигма вищої освіти, яка заснована на компетентнісному підході та ідеях мобільності. В Україні процеси підготовки науковців у різних галузях освіти підходять до свого завершення, але, коли йдеться про підготовку докторів філософії, виникає низка труднощів і проблем, які гальмують формування сучасного й конкурентоспроможного науково-освітнього середовища в Україні.

Найважливішим напрямом сучасної наукової думки є інтеграція вищої освіти та науки з метою пріоритетного розвитку новітніх наукових досліджень, орієнтованих на становлення розвинутого громадянського суспільства. Зміни в освітній діяльності України за останні роки, зростання професійної, міжгалузевої та інших видів трудової мобільності змушують по-іншому поглянути на проблему підготовки кандидатів наук - докторів філософії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Певні проблеми і труднощі, які виникають в Україні в процесі підготовки науковців відповідно до нової парадигми вищої освіти знайшли відображення в роботах українських дослідників В. Бахрушина [1], Т. Борова [2], Ю. Гришук [3], Н. Гуляєва [4], Г. Корчова [5], В. Радкевич [6], І. Регейло [7], С. Сисоєва [8], О. Спіріна [9], В. Wachter [10]. Однак, в Україні процес підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації потребує глибокого та комплексного аналізу.

Мета статті полягає у визначенні шляхів, необхідних для побудови системи підготовки докторів філософії, яка б відповідала сучасним європейським принципам.

Виклад основного матеріалу дослідження. Болонська система, яка отримала визнання в європейському освітньому співтоваристві, передбачає присудження трьох наукових рівнів: бакалавр, магістр і доктор філософії. В той же час у національних системах різних країн Болонська декларація дозволяє вводити додаткові освітні рівні з урахуванням національних традицій, стану економіки та вимог ринку праці.

Процес переходу на європейську систему вищої освіти в Україні продовжується досить довгий час та наразі наблизився до свого завершення, але, що стосується порядку присудження наукових ступенів, то відповідний нормативний документ Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167 «Порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» [11] з'явився зовсім нещодавно. Зазначений документ регулює питання проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії спеціалізованими вченими радами закладів вищої освіти (наукових установ), встановлення вимог до рівня наукової кваліфікації осіб, які здобувають ступінь доктора філософії, утворення спеціалізованих вчених рад закладів вищої освіти (наукових установ) та скасування їх рішень.

Факт появи цього документу цілком позитивний, тобто він свідчить про наявність інтересу з боку держави та його інституцій до проблем розвитку науки та провідних представників наукового співтовариства в Україні. В той же час він викликає цілу низку питань.

По-перше, Постанова КМУ № 167 [11] проголошує експеримент, терміни проведення та порядок оцінки результатів якого обговорювати ще очевидно зарано. Це може створити певні труднощі на шляху вдосконалення системи підготовки наукових кадрів вищої категорії в Україні. Справа в тому, що зазначений експеримент має широкомасштабний та соціальний характер. Результати експериментів у сфері освіти та науки, як свідчить історичний досвід, зазвичай проявляються через десятиріччя.

В Україні прийнята п'ятирівнева система наукових ступенів, яка передбачає впровадження наступних кваліфікацій, зокрема, молодший бакалавр, бакалавр, магістр, доктор філософії та доктор наук.

Введення рівня наукової кваліфікації «молодший бакалавр» пов'язане із намаганням створити в Україні високотехнологічне суспільство. Адже в наш час для того, щоб стати класним автомеханіком необхідно мати знання на рівні провідного інженера, а для того, щоб бути навіть перукарем у сучасному салоні краси, необхідно мати інтелект та володіти знаннями не меншими, ніж у хіміка середини минулого століття.

Кваліфікація «молодший бакалавр» запозичена із системи вищої освіти США, де в якості самостійного рівня вищої освіти існує ступень Associate Degree – професійна кваліфікація, приблизно порівняна з кваліфікацією випускника технікуму. При цьому ступень молодшого бакалавра, на нашу думку, все ж відповідає неповній вищій освіті. У США кваліфікація Associate Degree дозволяє молодій людині раніше та з меншими фінансовими затратами вийти на ринок праці, раніше отримати професійний досвід та, можливо, навіть перегнати того, хто весь цей час готувався стати бакалавром. Роботодавець при цьому отримує більш дешеву, але якісно підготовлену робочу силу. Безумовно, це передбачає наявність країні динамічного ринку праці, що активно розвивається.

Введення п'ятого ступеня – доктор наук – в нашій державі пояснюється тим, що їй у спадок залишилася дворівнева система наукових ступенів – кандидат та доктор наук. На відміну від радянської система в провідних країнах світу загальноприйнята лише одна ступінь – доктор філософії. В той же час, об'єднання в нашій державі всіх науковців під єдиним науковим ступенем було б несправедливим, оскільки доктори наук плідно працюють на теренах національної науки. В країнах Прибалтики, які першими із колишніх республік СРСР інтегрувалися до європейського співтовариства, спостерігалася аналогічна ситуація. Після їхнього виходу зі складу Союзу там була введена європейська градація наукових ступенів. У зв'язку з цим кандидати наук автоматично стали докторами філософії. Відповідно для того, щоб відокремити попередніх докторів від кандидатів наук, докторів наук відразу ж автоматично габілітували.

Процес габілітації полягає в тому, що присудження ступеня доктора наук проводиться невеликим колективом визнаних вчених, бажано із залученням зарубіжних. Кожен університет прагне мати в своєму викладацькому складі габілітованих докторів наук: від цього залежить рейтинг закладу вищої освіти (ЗВО). Доктори філософії прагнуть отримати габілітацію - це дозволяє їм зайняти престижну, добре оплачувану посаду. Звичайно, доктор,

габілітований у регіональному університеті, ніколи не буде прирівнюватися до доктора, габілітованого у визнаному національному університеті. Втім такий стан буде спонукати регіональні університети підвищувати свій рейтинг до рівня столичного, проте це буде сприяти розвитку науки в Україні загалом. Держава, дотримуючись рекомендацій Болонського процесу, не повинна втручатися в процедуру габілітації, як це відбувається в вузах Німеччини та інших європейських держав. Втім держава, як мінімум зобов'язана створити і вести загальнодоступний реєстр габілітованих докторів наук, а також, де і яким складом вчених було габілітовано того, чи іншого науковця. Це запобігатиме фальсифікації та підвищить відповідальність тих вчених, які проводили процедуру габілітації, і ЗВО, де ця процедура відбувалася.

В університетах США існує традиція поряд з академічними присуджувати професійні докторські ступені. Академічні докторські ступені присуджуються здобувачам за результатами проведених ними наукових пошуків, оформлених у вигляді дисертації. Професійні докторські ступені присуджуються тим, хто займається не стільки фундаментальними дослідженнями, скільки безпосередньо своєю професійною діяльністю, наприклад, правом, медициною тощо. Рівень доктор за професією в США не вище і не нижче рівня доктора філософії, проте, якщо доктора філософії готують для дослідницької діяльності, то ступінь доктора за професією – це визнання професійної досконалості спеціаліста. Україні доцільно скористатися цим досвідом.

В Україні підвищення кваліфікації не передбачає присудження кваліфікаційного ступеня. З огляду на викладене було б доцільним створити в Україні ще один рівень професійної компетентності. Зазначене дозволило б притягнути до системи підвищення кваліфікації якнайбільше професіоналів. При цьому більш значним став би статус професіонала, який підвищує свою кваліфікацію. Водночас це посилює статус ЗВО, що здійснюють підвищення кваліфікації.

На європейському науковому просторі передбачається, що доктор філософії повинен мати відповідні теоретичні знання, уміння, навички, які є достатніми для продукування нових ідей, розв'язання комплексних проблем у галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, оволодіння методологією наукової та педагогічної діяльності, а також проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення. Також безумовно повинна підвищуватися і роль ЗВО (наукових установ), де виконується дисертаційне дослідження.

Інтерес у освітянської спільноти викликають стандарти освіти саме з точки зору забезпечення їх академічної мобільності. В наукових публікаціях [3, 10] розрізняють академічну та професійну мобільність. Академічна мобільність у цих публікаціях поділяється на внутрішню і зовнішню, яка може також виступати як міжнародна.

Академічна мобільність – це можливість навчатися, викладати, стажуватися чи проводити наукову діяльність в іншому навчальному закладі на території України чи поза її межами [5]. Академічна мобільність стимулює ЗВО підвищувати рівень викладання, наближуючи його до європейських стандартів. При цьому, слід мати на увазі, що міжнародна мобільність може сприяти відтоку перспективних кваліфікованих кадрів закордон. Відповідно, професійна мобільність полягає в тому, що, маючи одну професію, можна було перейти на іншу за умови використання існуючих компетенцій.

У Законі України «Про вищу освіту» [12] відзначені стандарти двох типів: стандарт освітньої діяльності та стандарт вищої освіти. Стандарт освітньої діяльності – це сукупність мінімальних вимог до кадрового, навчально-методичного, матеріально-технічного та інформаційного забезпечення освітнього процесу закладу вищої освіти і наукової установи. Вони розробляються для кожного рівня вищої освіти в межах кожної спеціальності з урахуванням необхідності створення умов для тих, хто навчається, а також є обов'язковими до виконання всіма закладами вищої освіти незалежно від форми власності та підпорядкування, а також науковими установами, що забезпечують підготовку докторів філософії та докторів наук. Стандарт вищої освіти – це сукупність вимог до змісту та

результатів освітньої діяльності закладів вищої освіти і наукових установ за кожним рівнем вищої освіти в межах кожної спеціальності. Вони розробляються для кожного рівня вищої освіти в межах кожної спеціальності відповідно до Національної рамки кваліфікацій і діяльності закладів вищої освіти (наукових установ). Аналіз літератури свідчить, що основна увага освітян приділяється стандарту вищої освіти, а про стандарт освітньої діяльності ніби забувають. Тим часом, саме перші забезпечують рівень підготовки здобувачів вищої освіти. Найсуворіша деталізація в цих стандартах повинна стати предметом найретельнішої уваги з боку освітньої спільноти та державних інституцій.

Програми підготовки докторів філософії відповідно до вимог Болонського процесу має освітню та дослідницьку складові.

Освітня складова має науково-педагогічну спрямованість та передбачає фундаментальну освітню і методологічну підготовку, поглиблене вивчення дисциплін за відповідними напрямками та формування відповідних світоглядних засад. Освітні програми докторантури повинні відповідати акредитованим докторським програмам провідних закордонних закладів освіти та науки за аналогічними спеціальностями підготовки. Теоретичне навчання має складатися з циклу базових, профілюючих і елективних (вибіркових) дисциплін.

Основний інтерес у контексті даного дослідження являє собою дослідницькі програми. Нажаль, дослідницькі програми підготовки докторів філософії (PhD) у більшості ЗВО України формуються лише у загальних рисах і зазвичай включають наступні складові: проведення наукових та експериментальних досліджень, виступи на конференціях і семінарах, публікація статей, підготовка тексту дисертацій. При цьому висуваються наступні вимоги:

- 1) бути актуальною, містити наукову новизну та практичну значущість;
- 2) базуватися на сучасних методах обробки й інтерпретації даних, виконуватися з використанням сучасних методів наукових досліджень;
- 3) містити експериментально-дослідницькі (методичні, практичні) розділи із положеннями, що виносяться на захист.

Зазначене свідчить про формальний підхід до формування дослідницької складової програм підготовки докторів філософії в Україні. Навпаки, у США і європейських країнах університети пропонують власні програми конкретних наукових досліджень. У провідних університетах їх кількість досягає 200. Справа в тому, що такі університети активно ведуть наукові дослідження. Вони мають для цього необхідні кадрові та матеріальні ресурси. Наприклад, професор, який проводить дослідження поведінки тонких феромагнітних плівок у діапазоні радіочастот, може доручити своєму аспіранту проведення експериментів в умовах, коли плівки мають підвищений вміст марганцю. Для цього університет повинен мати необхідне обладнання та матеріали. Якщо професор веде дослідження в сфері юридичного забезпечення безпеки, він може, наприклад, запропонувати аспіранту виконати аналіз сутності професійного ризику, що виникає в процесі виконання службових завдань в зоні проведення бойових дій. При цьому професор отримує зацікавленого помічника, а наука збагачується новими знаннями. Для цього професор повинен не тільки читати лекції, але і вести дослідницьку роботу в університеті. Але здобувач наукового ступеня може прийти до аспірантури зі своєю власною програмою. Якщо ця програма відповідає ліцензії, отриманій університетом, якщо він володіє необхідними матеріальними ресурсами, є професори, які зацікавлені в керуванні або хоча б консультуванні цієї роботи, то здобувач може бути прийнятий в аспірантуру. Йому буде запропонована освітня програма, метою якої є формування у нього наукового світогляду і громадянської відповідальності.

Наступний постулат документа, який звертає на себе увагу, це відмова від постійних спеціалізованих вчених рад щодо присудження наукових ступенів та перехід на разові ради. Це положення в даному документі слід визнати ключовим. Воно дозволяє призупинити діяльність конвєєру щодо присудження наукових ступенів та перетворити захист дисертації на унікальну подію. Дійсно, дія такого конвєєра була виправданою, коли науку приходилося створювати на пустому місці в умовах ізоляції від світового наукового середовища. В умовах

євроінтеграції та глобалізації в науковому середовищі від постійно діючих рад щодо присудження наукових ступенів можна вважати цілком виправданим.

Цілком інакше виглядає рішення скоротити кількість членів вчених рад щодо присудження наукових ступенів до п'яти. По суті, це рішення калькою з аналогічних європейських положень. Там захист дисертації у певному ступені прирівнюється до екзамену по завершенню певної, нехай найвищої, стадії навчання, а екзаменаторів може бути і один, і два, і чотири. Нам поки складно сприйняти захист дисертації як екзамен на завершення певної стадії навчання. Ми все ще віримо, що кожен захист дисертації просуває вітчизняну науку нехай на маленький крок вперед. Однак, скорочення чисельності ради щодо присудження наукових ступенів у наших умовах терміново буде використано для спрощення процесу збору разових рад. Тож, начебто, спинивши конвейер щодо захисту дисертацій, відразу ж відкривається можливість, аби знову запустити його.

Процес формування разових рад для присудження ступеня доктора філософії ускладнює вимога включати до їхнього складу лише тих вчених, які мають не менше однієї публікації у виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та/або Web of Science. Очевидно, бажання мати у таких радах визнаних світових вчених своєчасне та необхідне. Втім, по-перше, наявність однієї публікації у Scopus цілком не свідчить про те, що її автор є вченим зі світовим ім'ям. По-друге, кількість таких авторів в Україні поки не є великою. Прискорене збільшення їх чисельності цілком можливе (в Україні та ближньому зарубіжжі дуже швидко зростає кількість контор, які пропонують такі публікації за неمالі гроші), але навряд це забезпечить необхідну якість. Запрошення ж визнаних зарубіжних вчених навряд чи по кишені учасникам вітчизняного освітнього процесу. І по-третє, і це головне, дана ситуація автоматично виключає із складу рад величезну кількість літніх вчених, на яких поки ще тримається в Україні вся наука. Адже цілком зрозуміло, що публікація в Scopus для такої категорії вчених перетворюється в цілком не виправдану та фінансово невідому перепону.

І найголовніше, згідно тексту документу весь процес присудження докторів філософії ставить під контроль МОН. Тобто націлившись на інтеграцію у світову науку, існує ризик втратити основний європейський та світовий принцип – незалежність науки, самостійність наукових закладів, можливість самостійно обирати рецензентів, опонентів, терміни та умови створення разових або ж інших рад щодо захисту дисертацій. Відомо, що в Європі та США ціна наукових дипломів, виданих різними університетами, є різною. Доктор філософії Принстонського університету – нерівень доктору філософії, який отримав диплом у Північно-Західному університеті штату Орегон. Така нерівність є двигуном прогресу: університети змагаються між собою, їх конкуренція є рушієм прогресу. Державні адміністративні заклади не втручаються у їх наукову та освітню діяльність, що є принципом демократії та основою прогресу.

На нашу думку, саме такий підхід до формування наукової компоненти програми підготовки докторів філософії повинен переважати в системі вищої освіти в Україні. Тут слід йти шляхом формування індивідуальних, навіть, унікальних програм. Слід уникати зайвої формалізації, адміністрування, віддаючи перевагу відкритості прозорості та відповідальності університетів, які здійснюють підготовку наукових кадрів вищої кваліфікації в аспірантурі.

Висновки. Сучасний стан системи підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації характеризується відсутністю системного підходу в філософії освіти та розуміння світоглядних педагогічних ідей сучасної Європи.

В результаті проведеного дослідження пропонується:

- продовжити дослідження системи підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації в Україні з метою інтеграції нашої держави до європейського освітнього співтовариства;
- за прикладом Прибалтійських держав автоматично надати ступінь доктора філософії всім кандидатам наук, які цього бажають;
- надати закладам, які працюють у сфері підвищення кваліфікації, право присвоювати випускникам диплом доктора в конкретній професійній сфері.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бахрушин В. Зауваження та пропозиції щодо проекту положення про порядок підготовки фахівців ступеня доктора філософії та доктора наук в аспірантурі (ад'юнктурі) та докторантурі вищих навчальних закладів [Електронний ресурс]. Режим доступу до журн.: <http://education-ua.org/ua/draft-regulations/358-zauvazhennya-ta-propozitsiji-shchodo-proektu-polozhennya-pro-poryadok-pidgotovki-fakhivtsiv-stupenya-doktora-filosofiji-ta-doktora-nauk-v-aspiranturi-ad-yunkturi-ta-doktoranturi-vishchikh-navchalnikh-zakladiv-naukovikh-ustanov>.
2. Борова Т.А. Основні принципи застосування докторських програм на основі європейського досвіду. *Підготовка докторів філософії (PhD) в умовах реформування вищої освіти*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 5-6 жовтня 2017 р.). Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2017. С. 216.
3. Гуляєва Н.М. Мобільність викладачів і студентів: проблеми та орієнтири. *Розбудова менеджмент-освіти в Україні*: матеріали VI щорічної міжнародної конференції (м. Дніпропетровськ, 17-19 лютого 2005 р.). Київ: навч.-метод. центр «Консорціум із удосконалення менеджмент-освіти в Україні», 2005. С. 76-81.
4. Корчова Г.Л. Академічна мобільність здобувачів в умовах сучасного освітнього процесу. *Актуальні проблеми вищої педагогічної освіти*. Педагогічні науки. Київ, 2017. №144. С.57-61.
5. Радкевич В. Принципи модернізації професійно-технічної освіти. *Модернізація професійної освіти і навчання: проблеми, пошуки і перспективи*. Київ. 2011. Вип. 1. С. 7-22.
6. Регейло І.Ю. Підготовка фахівців за докторськими програмами у США. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. Київ. Вип. 1. 2011. С. 116-121.
7. Сисоєва С. Підготовка докторів філософії у галузі освіти: досвід провідних університетів світу. *Рідна школа*. 2016. № 5-6. С. 13-17.
8. Спірін О.М., Носенко Ю.Г., Яцишин А.В. Сучасні вимоги і зміст підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації з інформаційно-комунікаційних технологій в освіті. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2016. Т. 56, Вип. 6. С. 219-239.
9. Як в Україні створити сучасну систему підготовки докторів філософії [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://radaprogram.org/.../yak-v-ukrayini-stvoryty-suchasnu-syste>.
10. Wachter, B. Student Mobility in Europe: Recent Trends and Implications of Data Collection. *European Higher Education at the Crossroads* [Електронний ресурс]. Режим доступу до журн.: <http://www.springerlink.com/content/978-94-007-3937-6#section=1=3&locus=83>.
11. Порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії: постанова Каб. Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/167-2019-p>.
12. Про вищу освіту: Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення 01.01.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.

REFERENCES:

1. Bakhrushyn V. (2014), "Zauvazhennia ta propozytsii shchodo proektu polozhennia pro poriadok pidhotovky fakhivtsiv stupenia doktora filosofii ta doktora nauk v aspiranturi (adiunkturi) ta doktoranturi vyshchikh navchalnykh zakladiv" [The comments and suggestions to the project on the procedure regulation of the Ph.D study in the higher education institutions], www.education-ua.org/ua/draft-regulations/358-zauvazhennya-ta-propozitsiji-shchodo-proektu-polozhennya-pro-poryadok-pidgotovki-fakhivtsiv-stupenya-doktora-filosofiji-ta-doktora-nauk-v-aspiranturi-ad-yunkturi-ta-doktoranturi-vishchikh-navchalnikh-zakladiv-naukovikh-ustanov (accessed 23 January 2019).
2. Borova, T.A. (2017), "Osnovni pryntsypy zastosuvannia doktorskykh prohram na osnovi yevropeiskoho dosvidu" [Basic principles of the doctoral programs application on the basis of European experience], *Pidhotovka doktoriv filosofii (PhD) v umovakh reformuvannia vyshchoi osvity: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, Zaporizhzhia, p. 216.
3. Huliaieva N.M. (2005), "Mobilnist vykladachiv i studentiv: problemy ta oriientyry" [Mobility of teachers and students: problems and benchmarks], *Rozbudova menedzhment-osvity v Ukraini: materialy VI shchorichnoi mizhnarodnoi konferentsii*, Kyiv, pp. 76-81.
4. Korchova H.L. (2017), "Akademichna mobilnist здobuvachiv v umovakh suchasnoho osvitnoho protsesu" [Academic mobility of applicants in the conditions of modern educational process], *Aktualni problemy vyshchoi pedahohichnoi osvity, Pedahohichni nauky*, Kyiv, № 144, pp. 57-61.
5. Radkevych V. (2011), "Pryntsypy modernizatsii profesiino-tekhnichnoi osvity" [Principles of vocational education modernization], *Modernizatsiia profesiinoi osvity i navchannia: problemy, poshuky i perspektyvy*, Kyiv, Vol. 1, pp. 7-22.

6. Reheilo I.U. (2011), "Pidhotovka fakhivtsiv za doktorskymy prohramamy u SShA" [Training for PhD programs in the United States of America], *Neperervna profesiina osvita: teoriia i praktyka*, Kyiv, Vol. 1, pp. 116–121.
7. Sysoieva S. (2016), "Pidhotovka doktoriv filosofii u haluzi osvity: dosvid providnykh universytetiv svitu" [Preparation of PhD in the Education Field: the leading universities experience of the world], *Ridna shkola*, № 5–6, pp. 13–17.
8. Spirin O.M., Nosenko Yu.H., Yatsyshyn A.V. (2016), "Suchasni vymohy i zmist pidhotovky naukovykh kadriv vyshchoi kvalifikatsii z informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii v osviti" [Modern requirements and content of the scientific personnel studing of the highest qualification from information and communication technologies in education], *Information technology and learning tools*, Vol. 56, No 6, pp. 219–239.
9. "Tak v Ukraini stvoryty suchasnu systemu pidhotovky doktoriv filosofii" [How to create a modern system of PhD studing in Ukraine], [www._http://radaprogram.org/.../yak-v-ukrayini-stvoryty-suchasnu-syste](http://radaprogram.org/.../yak-v-ukrayini-stvoryty-suchasnu-syste) (accessed 20 January 2019).
10. Wachter, B. Student Mobility in Europe: Recent Trends and Implications of DataCollection. *European Higher Education at the Crossroads*, www.springerlink.com/content/978-94-007-3937-6#section=1=3&locus=83 (accessed 22 January 2019).
11. "Poriadok provedennia eksperymentu z prysudzhennia stupenia doktora filosofii: postanova Kab. Ministriv Ukrainy vid 06.03.2019 r. № 167" [The procedure of conducting an experiment on the awarding of the degree PhD: Decree Kab. Ministers of Ukraine], www.zakon.rada.gov.ua/go/167-2019-p (accessed 12 March 2019).
12. "Pro vyshchu osvitu: Zakon Ukrainy vid 01.07.2014 p № 1556-VII" [About Higher Education: The Law of Ukraine, 01 July 2014, № 1556-VII], [www. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18), www.springerlink.com/content/978-94-007-3937-6#section=1=3&locus=83 (accessed 22 January 2019).

д.пед.н., доц. Артемов В.Ю., к.т.н., с.н.с. Литвиненко Н.И.
**ЕВРОПЕЙСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРИСУЖДЕНИЯ
 НАУЧНОГО СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ В УКРАИНЕ**

Раскрыто предпосылки необходимы для развития системы подготовки докторов философии в Украине, которая бы отвечала современным европейским принципам. Определено современное состояние системы подготовки докторов философии, характеризующийся отсутствием системного подхода в философии образования и понимания мировоззренческих педагогических идей современной Европы.

Важнейшим направлением современной научной мысли является интеграция высшего образования и науки в целях приоритетного развития новейших научных исследований, ориентированных на становление развитого гражданского общества. Изменения в образовательной деятельности Украины за последние годы, рост профессиональной, межотраслевой и других видов трудовой мобильности заставляют по-другому взглянуть на проблему подготовки кандидатов наук докторов философии.

Предлагается продолжить исследование системы подготовки научных кадров высшей квалификации в Украине с целью интеграции нашего государства в европейское образовательное сообщество; по примеру Прибалтийских государств автоматически предоставить степень доктора философии всем кандидатам наук, этого пожелают; предоставить учреждениям, работающих в сфере повышения квалификации, право присваивать выпускникам диплом доктора в конкретной профессиональной сфере.

Ключевые слова: система подготовки докторов философии в Украине, академическая мобильность, габилитацию, исследовательская программа, младший бакалавр, бакалавр, магистр, доктор философии, доктор наук.

Ph.D. Artemov V.U., Ph.D. Lytvynenko N.I.

**EUROPEAN APPROACHES TO IMPLEMENTATION
SCIENTIFIC STUDY OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY IN UKRAINE**

The prerequisites for the development of Ph.D. studying system in Ukraine that are in line with modern European principles are revealed. The present condition of Ph.D. studying system is determined, which is characterized by the lack of a systematic approach in the philosophy of education and understanding of ideological pedagogical ideas of modern Europe.

In Europe, the new paradigm of higher education, which is based on a competent approach and ideas of mobility, has finally been formed and recognized. In Ukraine, the process of studying scientists in various fields of education is approaching its completion, but when it comes to preparing doctors of philosophy, there is a series of difficulties and problems that impede the formation of a modern and competitive scientific and educational environment in Ukraine.

The most important direction of contemporary scientific thought is the integration of higher education and science with a view to the priority development of the latest scientific research aimed at the development of a developed civil society. Changes in the educational activity of Ukraine in recent years, the growth of professional, inter-branch and other forms of labor mobility make a different look at the problem of preparing Ph.D.

In Ukraine, the five-level system of scientific degrees is adopted, which involves the introduction of the following qualifications, in particular, the junior bachelor, bachelor, master, Ph.D. and doctor of sciences.

It is proposed to continue the study of the system of training of high-skilled scientific personnel in Ukraine in order to integrate our state into the European educational community; according to the example of the Baltic States, to automatically grant the Ph.D. degree to all candidates of science who so wish; to provide institutions that work in the field of advanced training, the right to assign graduates to a doctor's degree in a particular professional field.

Keywords: system of preparation of doctors of philosophy in Ukraine, academic mobility, habilitation, research program, junior bachelor, bachelor, master, Ph.D., doctor of sciences.

ДО ПИТАННЯ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Стаття присвячена розгляду теоретичних основ прогнозування у військовій справі та його важливості для прийняття оптимального командирського рішення при військовому управлінні. У цій статті наведено один із варіантів застосування теорії несилової взаємодії в цілях військового прогнозування, як засобу оцінки прийняття ефективних командирських рішень. Зазначено, що військове прогнозування, як складова системи підтримки прийняття рішень, є тим носієм інформаційного впливу на командира (начальника), який формує найбільш оптимальне його рішення. Базуючись на проведених попередніх дослідженнях в області інформаційного впливу та впливу повідомлень на реакцію цільової аудиторії, автори наблизились до вирішення задачі прогнозування прийняття оптимального командирського рішення виходячи з того інформаційного впливу, що здійснюється на відповідного командира (начальника). Використання запропонованого підходу, на думку авторів, повинно забезпечити підвищення якості військового прогнозування у напрямку прийняття рішення та наближає нашу країну до створення відповідних ефективних інформаційних технологій військового прогнозування, що стане одним із вирішальних важелів щодо створення ефективних систем управління військами (силами) в основу роботи яких покладено технології штучного інтелекту.

Ключові слова: інформаційні технології; теорія несилової взаємодії; ймовірність; система підтримки прийняття рішень; військове прогнозування.

Вступ та постановка проблеми. Успіх управління військами в проведенні будь-якої військової операції неможливий без проникнення в сутність складної, швидко змінної бойової обстановки, без розкриття замислів противника, протиставлення йому своїх творчих, неочікуваних для ворога способів і прийомів ведення бойових дій. Зрозуміло, що тільки уміле управління ввіреними підрозділами, що ґрунтується на вірно прийнятих командирських рішеннях, є запорукою оптимального виконання бойового завдання, а відповідність замислів, планів і рішень командира прогнозованому ним задуму і плану дій противника тільки сприятимуть успіху будь-якої військової операції (бою).

Прийняття оперативних рішень відбувається в умовах жорсткого дефіциту часу та високого рівня відповідальності за можливі помилки, особливо на фоні основного удару інформаційної політики країни-агресора, який спрямований на маніпуляцію свідомістю українців та дестабілізацію країни зсередини [1-2]. Вирішення проблеми своєчасності, якості та повноти урахування значної кількості факторів, в таких умовах, можливо реалізувати тільки за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій в штабах усіх рівнів [3-4].

Переозброєння військ новими системами, комплексами та зразками озброєння і військової техніки, постійна та безупинна зміна методів і форм ведення війн, динамічність розвитку подій на полі бою, його швидкоплинність, зростання витрат на озброєння та військову техніку сприяють розвитку наукового прогнозування у військовій справі, яким присвячена велика кількість робіт науковців у світі та Україні [5-14].

У результаті аналізу джерел [1-18], та враховуючи специфіки ведення війни в Україні, автори акцентують увагу на розгляді такого важливого питання, як розвиток технологій штучного інтелекту для прогнозування у військовій справі та намагаються обґрунтувати важливість систем підтримки прийняття рішень у прийнятті оптимального командирського рішення при військовому управлінні.

Базуючись на проведених попередніх дослідженнях в області інформаційного впливу та впливу повідомлень на реакцію цільової аудиторії, автори, спираючись на математичний апарат теорії несилової взаємодії, пропонують для вирішення задачі прогнозування прийняття

оптимального командирського рішення виходити з того інформаційного впливу, що здійснюється на відповідного командира (начальника) [17].

Виклад основного матеріалу. «Попереджений - значить озброєний» (praemonitus - praemunitus) - тезу, сформульовану ще древніми римлянами, до цих пір є важливим постулатом у військовій справі. З давніх-давен військовими робилися спроби, кажучи сучасною мовою, підвищити ситуаційну обізнаність, щоб на основі більш повної інформації приймати більш ефективні рішення, ніж противник, упереджувати його в діях. Але, як показує практика управління, одного володіння поточною інформацією недостатньо: необхідно формувати на основі наявної, як правило, неповної інформації максимально повну картину обстановки, визначати можливі шляхи її розвитку, оцінювати наслідки тих чи інших дій і прийнятих рішень, тобто прогнозувати.

За загальноприйнятим визначенням, військове управління це система засобів і спроможностей військових начальників (командирів) здійснювати управління військами (силами), яке в сучасну добу нерозривно пов'язане із інформаційними технологіями.

Спрощено військове управління можна розділити на дві основні складові, це вплив і контроль [17]. Зрозуміло, що військові накази (вплив) здійснюються на основі прийнятого командирського рішення, яким в свою чергу, вважається обґрунтований набір дій з боку особи, що приймає рішення (ОПР), спрямованих на об'єкт чи систему управління, який надає можливість привести даний об'єкт чи систему до бажаного стану або досягнути поставленої мети [13]. Рішення є одним із видів розумової діяльності і проявом волі людини. Характерними ознаками рішення є [14]:

- можливість вибору з набору альтернативних варіантів: за відсутності альтернатив, відсутній і вибір, отже, відсутнє й рішення;
- наявність мети: безцільний вибір не розглядається як рішення;
- необхідність вольового акту ОПР при виборі рішення, тому що вона формує рішення при боротьбі мотивів і думок.

Під *прийняттям рішення* розуміється процес вибору найбільш преференційного рішення з множини допустимих рішень або упорядкування множини рішень [13]. Прийняття рішень можливе на підставі знань про об'єкт управління, процеси, що в ньому відбуваються і можуть відбутися з перебігом часу, а також за наявності множини показників, що характеризують ефективність та якість прийнятого рішення. Тобто необхідні адекватна модель об'єкту і модель прийняття та оцінювання прийнятого рішення.

Саме передбачення або намагання заглянути в майбутнє стимулювало людство до пошуку шляхів щоб реалізувати цю ідею в життя. Ігри на бубнові, кидання кісток, курині потрохи, та інші не більш приємні методики не одне століття надавали надію керівництву країн та окремим людям на здійснення «передбачених» кроків з метою досягнення певних побажань. Лише з розвитком науки, як інструменту опису та пізнання природних явищ і законів Всесвіту, з'явилися можливості людства щодо передбачення можливих наслідків дій, що передували останнім, за рахунок прогнозування. Саме прогнозування, в основу якого було покладено теорію ймовірностей та математичну статистику, започаткувало нові напрямки в пошуку доступу до майбутнього та лягло в відомі напрямки такі, як бізнес-планування, прогноз погоди, економічне прогнозування, передбачення землетрусів, політичне прогнозування та інші. Навіть тільки наведені напрямки використання прогнозування уже звернули нашу увагу на його доцільність, необхідність та беззаперечне використання в повсякденному житті людства і зокрема у військовій сфері.

Як зазначають відкриті та загальнодоступні джерела слово «прогноз» має грецьке походження і перекладається на українську, саме, як передбачення. Від нього взяла свою назву наука про закони і методи прогнозування – прогностика. У сучасному термінологічному словнику прогностики є деякі відмінності між поняттями «передбачення» і «прогнозування». З погляду логіки передбачення – це поняття, яке відбиває знання про майбутнє. Термін «прогнозування» – поняття, що відображає кількісні характеристики знання про майбутній стан певних систем.

Однією з найважливіших функцій прогностики є своєчасне інформування широких верств громадськості про проблеми, які можуть виникнути в окремій країні або перед усім людством, про шляхи досягнення певних цілей соціально-економічного, екологічного і політичного розвитку. На думку І.В. Бестужева-Лади, прогнози можуть і повинні передувати планам, програмам, управлінським рішенням, мають оцінювати хід, а головне, наслідки виконання чи невиконання планів і управлінських рішень [15].

Одним із напрямків прогнозування, що на даному етапі становлення нашої країни має одне із ключових місць є військове прогнозування. Військове прогнозування – прерогативний напрямок воєнного мистецтва та військової стратегії, який передбачає максимально об'ємне передбачення усіх вірогідно-можливих позитивних та негативних ситуацій будь-якого воєнного короткострокового (або довгострокового) запланованого заходу. Є визначальною передумовою успіху кожної військової операції та важливим розділом військової науки, який безумовно забезпечує суттєву ефективність військової справи.

Військове прогнозування вимагає передбачення усіх максимально можливих найвдаліших та найгірших параметрів кожної військової операції, чи довготривалої кампанії. Обов'язковим компонентом прогнозування є розробка заходів протидії усім вірогідним негативним розв'язкам військової операції. Військове прогнозування має також вирішальне значення для успішної реалізації кожної військово-розвідувальної операції.

З розвитком інформаційних технологій питання щодо автоматизації процесів збору, обробки, зберігання, аналізу статистичних даних та утворення вичерпного, з певною вірогідністю, передбачення по розвитку подій та наслідків, стало однією з багатьох наукових задач в розвитку технологій для військової компоненти будь-якої розвинутої держави світу.

На сьогоднішній час тільки у відкритих джерелах знаходиться інформації більше чим на пів сотні всіляких систем інформаційного забезпечення військ, систем підтримки прийняття рішень, контролю та управління, моніторингу інформаційного простору, тощо. Але не зважаючи на їх відмінності, об'єднують їх спільні цілі, такі як:

- пошук, відслідковування та моніторинг активності джерел інформації;
- відсіювання нерелевантної інформації, яка до суті покладених завдань не відноситься;
- забезпечення знаннями про можливі (майбутні) наслідки прийнятих рішень чи дій;
- забезпечення вибору найбільш оптимального рішення для реалізації необхідних задач;
- створення передумов, щодо отримання переваг над противником.

Кожне функціональне рішення, що покращує роботу наявних систем має основну і єдину ідею – забезпечення користувача системи беззаперечними перевагами перед користувачами менш досконалих систем, тим самим стимулюючи розвиток їх удосконалення.

Зрозуміло, що основними користувачами таких систем є країни та корпорації, що можуть собі дозволити їх розробку та користування з метою забезпечення національної або особистої безпеки.

Тобто, найбільш ефективним засобом забезпечення національної або особистої безпеки, відстоювання національних або особистих інтересів є передбачення та уникнення, будь-якими засобами, реальних або потенційних подій і явищ, які можуть бути реальними або потенційними загрозами.

Сучасний інформаційний простір являє собою унікальну можливість отримання будь-якої інформації з любого питання, але при наявності відповідного інструментарію, застосування якого дозволяє аналізувати взаємозв'язок можливих подій або подій, які вже відбуваються, з інформаційною активністю визначеного кола джерел інформації.

Саме розвиток технологій штучного інтелекту (програмних засобів, які можуть у певних межах імітувати на комп'ютері деякі риси мислення людини) зумовив появу нового класу програмних засобів, здатних до самонавчання та накопичення нової, корисної інформації. Саме до цього класу належать системи, засновані на використанні знань – knowledge-based system (інтелектуальні системи, системи знань). Раніше застосовувався термін

“експертна система”, тому що такі системи базувалися на знаннях, отриманих від експертів, і могли вирішувати проблеми способом, що деякою мірою подібний до міркувань експерта.

Одним із таких різновидів інтелектуальних систем є рефлекторні інтелектуальні системи [16], які є не чим іншим, як програмними або технічними системами, що формують реакції на несилові впливи, в основі функціонування яких знаходиться рефлекторний алгоритм, який працює за принципом формування реакції-відповіді (рефлексу) на набір вхідних даних (зовнішній вплив). В основі рефлексів полягає наступний тезис: якщо це вже було, і деяка реакція була позитивно підкріплена, то необхідно зробити теж саме. Даний рефлекторний підхід забезпечує вибір найбільш ймовірної реакції на нескінченність вхідних впливів, при відомих ймовірностях вибору реакції на кожний вхідний вплив, а також на деякі комбінації вхідних впливів. Тим самим повторюючи роботу нервової системи людини щодо рефлексів. Для навчання таких систем запрошуються експерти.

Саме застосування систем, що моделюють на комп'ютері процес мислення людини - штучний інтелект, в найкращій мірі повинно забезпечити вирішення завдання щодо прогнозування у військовій сфері. Для створення такої системи необхідно насамперед вивчити процес мислення людини, що розв'язує задачі чи приймає рішення в якій-небудь галузі людської діяльності, розбити цей процес на етапи і розробити програми, що відтворюють ці етапи на комп'ютері. А також закласти в ці програми здатність до самонавчання і накопичення нової, корисної надалі інформації. Зміна будь-якої частини інформації не повинна змінювати структуру всієї програми. Адже і людина накопичує знання, не змінюючи спосіб мислення і не забуваючи вже відомі факти (більшу їх частину).

Відомо, що пізнання оточуючого нас світу можливо здійснити двома шляхами: по-перше, безпосереднім вивченням об'єкту (явища), що нас цікавить, і по-друге, вивченням його аналога, який прийнято називати моделлю даного об'єкту (явища).

Перший шлях (фізичне моделювання) дозволяє отримати більш повне уявлення про досліджуваний об'єкт (явище) і притаманні йому закономірності. Однак цей шлях не завжди можливий у військовій справі, бо він, як правило, пов'язаний з великими витратами часу і матеріальних засобів.

Другий шлях може бути застосований для вивчення будь-яких об'єктів (явищ) за будь-яких умов, хоча і з відомими обмеженнями.

Якщо евристичне прогнозування має на собі відбиток суб'єктивізму, то математичне прогнозування відрізняється об'єктивністю отриманої інформації і можливістю використання обчислювальної техніки. При цьому важливо підкреслити, що під час математичного прогнозування робиться основне припущення про те, що процес (об'єкт, явище) прогнозування буде розвиватись за тими ж законами, за якими він розвивався в минулому і розвивається в теперішній час.

Математичні методи можна поділити на дві великих групи: методи моделювання і методи екстраполяції (статистичні методи).

Евристичний і математичний методи прогнозування мають низку переваг і недоліків. Тому цілком природним є прагнення створити комбінований метод прогнозування (евристико-математичний прогноз), в якому були б поєднані позитивні переваги цих методів і разом з цим локалізовані їх недоліки.

У загальному випадку комбінований метод прогнозування може полягати у використанні даних, отриманих від експертів, як вихідної інформації для подальшого математичного моделювання. Комбінований евристико-математичний прогноз може формуватися в результаті сумісного оброблення результатів евристичного і математичного прогнозування.

Отже якість прийнятого рішення залежить від якості прогнозування (моделювання), творчого використання результатів моделювання для формування варіантів рішення, врахування бойового досвіду, положень нормативно-правової бази (бойових статутів, наказів і таке інше) і готовності підлеглих до виконання отриманих бойових завдань.

На відміну від військового планування, яке чітко визначає сувору окресленість та часову регламентацію усіх запланованих бойових (оборонних) заходів, військово

прогнозування вимагає передбачення усіх максимально можливих найвдаліших та найгірших параметрів кожної військової операції, чи довготривалої кампанії. При вдалих аспектах прогнозування, військовий керівник (чи колектив прогностичного центру) передбачає ті заходи, які забезпечать максимально можливу успішність запланованої акції. Обов'язковим компонентом прогнозування є розробка заходів протидії усім вірогідним негативним параметрам течії кожної військової операції. Військове прогнозування має вирішальне значення для успішної реалізації кожної військово-розвідувальної акції.

Висновки. Керівництво збройними силами усіх сучасних країн світу надає величезне значення військовому прогнозуванню. Для цього створюються ефективні наукові центри, з залученням найдосвідченіших військових експертів-аналітиків-прогнозистів. Відповідні підрозділи з питань військового прогнозування діють при всіх воєнізованих та військово-розвідувальних відомствах України.

Отже, військове прогнозування, як складова системи підтримки прийняття рішень, є тим носієм інформаційного впливу на командира (начальника), який формує найбільш оптимальне його рішення. Базуючись на проведених попередніх дослідженнях в області інформаційного впливу та впливу повідомлень на реакцію цільової аудиторії, автори наближаються до вирішення задачі прогнозування прийняття оптимального командирського рішення виходячи з того інформаційного впливу, що здійснюється на відповідного командира (начальника) [17]. Використання запропонованого підходу, на думку авторів, повинно забезпечити підвищення якості військового прогнозування у напрямку прийняття рішення та наближає нашу країну до створення відповідних ефективних інформаційних технологій військового прогнозування, що стане одним із вирішальних важелів щодо створення ефективних систем управління військами (силами) в основу роботи яких покладено технології штучного інтелекту.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Реалії інформаційної війни в Україні. URL: <http://www.milnavigator.com/uk/realii-informatsijnoi-vijni-v-ukraini>. (дата звернення: 05.09.2017). – Назва з екрана.
2. Ляльководи свідомості. URL: <http://gazeta.dt.ua/technologies/lyalkovodi-svidomosti-.html>. (дата звернення: 07.02.2018). – Назва з екрана.
3. Некоторые аспекты анализа военно-политической обстановки: монография / под ред. А. И. Подберезкина, К. П. Боришполец. Моск. гос. ин-т междунар. отношений (ун-т) МИД России, центр военно-полит. исследований. — М.: МГИМО – Университет, 2014. — 874 с.
4. Оперативное прогнозирование развития обстановки как основа успешного управления применением войск (сил) URL: <http://vm.milportal.ru/operativnoe-prognozirovanie-razvitiya-obstanovki-kak-osnova-uspeshnogo-upravleniya-primeneniem-vojsk-sil> (дата звернення: 15.03.2019). – Назва з екрана.
5. Антонов В.М., Пермяков О.Ю. Комп'ютерні мережі військового призначення. К: «МК-Прес», 2005. – 320 с.
6. Чернорутский И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416с.
7. Братушка С.М., Новак С.М., Хайлук С.О. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник. Суми: ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2010. – 265 с.
8. Колмогоров А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Наука, 1986. - 585 с.
9. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2002. – 392 с.
10. Демиденко М.А. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посіб. Нац. гірн. ун-т. Д.: 2016. 104 с. – URL: <http://nmu.org.ua> (дата звернення: 17.10.2015). – Назва з екрана.
11. Лещенко С.П., Колеснік О.М., Бурковський С.І., Бейліс Л.В. Напрямки створення системи імітаційного моделювання бойового застосування радіотехнічних частин і підрозділів. - Х.: ХНУПС, 2010. № 4(24). С. 125-130.
12. Биченков В.В. Місце методів прогнозування у військовій справі. Прогнозування при організації управління військами / В.В. Биченков // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. - 2011. - № 3. - С. 58-60. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2011_3_14
13. Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение / Пер. с англ. / Нейман Дж., Моргенштерн О. - М.: Наука, 1970. - 707 с.

- 14.Бідюк П.І., Коршевніук Л.О. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. – Київ: ННК „ІПСА” НТУУ „КПІ”, 2010. – 340 с.
- 15.Бестужев-Лада И.В. Поисковое социальное прогнозирование: перспективные проблемы общества : опыт систематизации / И. В. Бестужев-Лада ; Акад. наук СССР, ин-т социолог. исслед. ; отв. ред. С.Ф. Фролов. - М. : Наука, 1984. - 271 с.
- 16.Тесля Ю.М., Каюк П.В., Чернова М.Л. Операции над содержательной информацией в рефлекторных интеллектуальных системах. Управління розвитком складних систем, 2010. №2. С. 31-36.
- 17.Кубявка М.Б. Моделі та методи управління інформаційним супроводженням в умовах гібридної війни: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06, Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. 2017. – 24 с.
- 18.Полікашин В.С., Полікашин Ю.В., Поляков С.Ю. Основи управління і прийняття рішень у військовій справі: Навч. посібник – Х.: Нац. юрид. акад. України, 2003. – 120 с.

REFERENCES:

1. Realii informatsiinoi viiny v Ukraini. URL: <http://www.milnavigator.com/uk/realii-informacijnoi-vijni-v-ukraini>. (data zvernennia: 05.09.2017). – Nazva z ekrana.
2. Lialkovody svidomosti. URL: <http://gazeta.dt.ua/technologies/lyalkovodi-svidomosti-.html>. (data zvernennia: 07.02.2018). – Nazva z ekrana.
3. Nekotorye aspekty analiza voenno-polytycheskoi obstanovky: monohrafiya / pod red. A.Y. Podberezkyina, K. P. Boryshpolets. Mosk. hos. yn-t mezhdunar. otnoshenyi (un-t) MYD Rossyy, tsentr voenno-polyt. yssledovanyi. - M. : MHYMO –Unyversytet, 2014. - 874 s.
4. Operativnoe prohozyrovanye razvytiya obstanovky kak osnova uspeshnogo upravleniya prymeneniem voisk (syl) URL: <http://vm.milportal.ru/operativnoe-prognozirovanie-razvitiya-obstanovki-kak-osnova-uspeshnogo-upravleniya-primeneniem-voisk-sil> (data zvernennia: 15.03.2019). – Nazva z ekrana.
5. Antonov V.M., Permiakov O.Yu. (2005). Kompiuterni merezhi viyskovoho pryznachennia. Kyiv, «MK-Pres», 320 p. (in Ukrainian).
6. Chernorutskiy Y.H. (2005). Metodu prynyatiia reshenii. SPb.: BKhV-Peterburh, 416p. (in Russia).
7. Bratushka S.M., Novak S.M., Khayluk S.O. (2010). Systemy pidtrymky pryynyattia rishen': navch. posibnyk. Sumy: DVNZ “UABS NBU”. 265 p. (in Ukrainian).
8. Kolmogorov A. (1986) Teoriya veroiatnostei y matematycheskaia statystyka. M.: Nauka, 585 p. (in SSSR).
9. Larichev O. (2002). Teoriia i metody priniatiya reshenii. [2-e yzd., pererab. y dop], Kyiv, Logos, 392 p. (in Ukrainian).
10. Demidenko M.A. (2016). Systemy pidtrymky pryynyattia rishen': navch. posib. Nats. hirn. un-t. D.: 104 p. URL: <http://nmu.org.ua> (data zvernennia: 17.10.2015). – Nazva z ekrana
11. Osnovy modeliuvannia boiovykh dii viisk: Pidruchnyk. - K.: NAOU, 2005.-481 s. (in Ukrainian).
12. Bychenkov V.V. Mistse metodiv prohozyuvannia u viiskovii spravi. Prohozyuvannia pry orhanizatsii upravlinnia viiskamy / V.V. Bychenkov // Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony. - 2011. - № 3. - S. 58-60. - Rezhyim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2011_3_14 (in Ukrainian).
13. Neiman Dzh. Teoriya yhr y zkonomycheskoe povedeniye / Per. s anhl. / Neiman Dzh., Morhenshtern O. - M.: Nauka, 1970. - 707 s. (in SSSR).
14. Bidiuk P.I., Korshevniuk L.O. Proektuvannia kompiuternykh informatsiinykh system pidtrymky pryiniattia rishen: Navchalnyi posibnyk. — Kyiv: NНK „ІPСА” NTUU „KPI”, 2010. — 340 s. (in Ukrainian).
15. Bestuzhev-Lada Y.V. Poyskovoe sotsyalnoe prohozyrovanye: perspektivnye problemy obshchestva : opyt systematyzatsyy / Y. V. Bestuzhev-Lada ; Akad. nauk SSSR, yn-t sotsyoloh. yssled. ; отв. red. S.F. Frolov. - M. : Nauka, 1984. - 271 s. (in SSSR).
16. Teslia Yu. M., Kaiuk P.V., Chernova M.L. Operatsyy nad soderzhatelnoi ynformatsyei v reflektornykh yntellektualnykh systemakh. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 2010. №2. С. 31-36. (in Ukrainian).
17. Kubiavka M.B. (2017). Modeli ta metody upravlinnia informatsiinyim suprovodzhenniam v umovakh hibrydnoi viiny: avtoref. dis... kand. tekhn. nauk: 05.13.06, Kuiv. nats. un-t im. T.Shevchenka. 24 p. (in Ukrainian).
18. Polikashyn V.S., Polikashyn Yu.V., Poliakov S.Iu. Osnovy upravlinnia i pryiniattia rishen u viiskovii spravi: Navch. posibnyk. – Kh.: Nats. yuryd. akad. Ukrainy, 2003. – 120 s. (in Ukrainian).

к.т.н. Кубявка Н.Б., к.т.н. Кубявка Л.Б., к.т.н. Лоза В.Н.
**К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Статья посвящена рассмотрению теоретических основ прогнозирования в военном деле и его важности для принятия оптимального командирского решения при военном управлении. В ней приведен один из вариантов применения теории несилового взаимодействия в целях военного прогнозирования, как средства оценки принятия эффективных командирских решений. Отмечено, что военное прогнозирование, как составляющая системы поддержки принятия решений, является тем носителем информационного воздействия на командира (начальника), который формирует наиболее оптимальное его решение. Основываясь на ранее проведенных исследованиях в области информационного воздействия и влияния сообщений на реакцию целевой аудитории, авторы подошли к решению задачи прогнозирования принятия оптимального командирского решения исходя из того информационного воздействия, осуществляется на соответствующего командира (начальника). Использование предложенного подхода, по мнению авторов, должно обеспечить повышение качества военного прогнозирования в направлении принятия решения и приближает нашу страну к созданию соответствующих эффективных информационных технологий военного прогнозирования, станет одним из решающих рычагов по созданию эффективных систем управления войсками (силами) в основу работы которых положены технологии искусственного интеллекта.

Ключевые слова: информационные технологии; теория несилового взаимодействия; вероятность; система поддержки принятия решений; военное прогнозирование.

Ph.D. Kubiavka MB, Ph.D. Kubiavka L.B., Ph.D. Loza V.M.
**TO THE DEVELOPMENT OF ADMINISTRATION SUPPORT SYSTEMS
SOLUTION BASED ON TECHNOLOGIES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

This article is devoted to the theoretical basis of forecasting in military affairs and its importance for the adoption of an optimal commander's decision in military management. As you know, the success of the management of troops in any military operation is impossible without penetration into the essence of a complex, rapidly changing combat environment, without disclosing the enemy's goals, contrasting his creative, unexpected methods and techniques for the enemy in the conduct of hostilities. It is clear that only the skillful management of embedded units, based on true commander decisions, is the key to the optimal fulfillment of the combat mission, and the correspondence of the plans, intentions and decisions of the commander to the projected plan of the enemy and the enemy will only contribute to the success of any military operation (battle). It is noted that military forecasting, as a component of decision support system, is the bearer of information influence on the commander (chief), which forms the most optimal solution for him. Based on previous studies in the field of information influence and the impact of messages on the reaction of the target audience, the authors approached the solution of the problem of prediction of the adoption of an optimal commander's decision based on the information influence exercised on the corresponding commander (chief). According to the authors, using the proposed approach should increase the quality of military forecasting in the direction of decision-making and bring our country closer to the establishment of appropriate effective information technologies for military forecasting, which will be one of the crucial levers for creating effective command and control systems (forces) based on their work the technology of artificial intelligence is laid.

Key words: information technologies; theory of non-power interaction; probability; decision support system; military forecasting.

МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ОПАНУВАННЯ СТАНДАРТАМИ ТА ШТАБНИМИ ПРОЦЕДУРАМИ НАТО ЯК ЧИННИК ДОСЯГНЕННЯ ТВОРЧОГО РІВНЯ КОМПЕТЕНЦІЙ ПРИ ЇХ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ

Впровадження стандартів та штабних процедур (СШП) НАТО у ЗС України – це важлива складова тих зусиль, які докладає держава для просування шляхом європейської та євроатлантичної інтеграції. Для забезпечення подальшого функціонування основних структурних елементів ЗС України в рамках стандартів НАТО, важливе нівелювання лінгвокультурних та соціокультурних відмінностей країн, які входять до Альянсу.

Для засвоєння СШП НАТО на рівні впровадження і формування творчого рівня компетенцій, необхідне розширення меж вивчення матеріалу від дослівного перекладу існуючих документів до розуміння філософії, на якій вони будуються, в межах соціостандартів (у т. ч. військових стандартів), тобто на рівні іншого способу військового життя.

Метою статті є виявлення (під час вивчення СШП НАТО) тих аспектів, що потрібні для розширення меж освіти за цим напрямом і пошук методичних прийомів навчання для досягнення творчого рівня компетенцій військовослужбовцями у ході імплементації СШП.

Основними напрямками удосконалення методичної системи опанування СШП НАТО, потрібними для їх успішної імплементації, доцільно вважати такі формуючі елементи ментальної репрезентації як навчання аналітичному читанню, розвинення загальнонавчальних навиків курсантів, вивчення основ теорії перекладу та набування фонових знань. Такий підхід сприятиме розширенню меж освіти що, в свою чергу, буде запорукою досягнення творчого рівня компетенцій під час імплементації цих стандартів і штабних процедур НАТО до процесу функціонування збройних сил.

У подальших дослідженнях автори планують визначити взаємозв'язки елементів методичної системи опанування СШП НАТО та якісні характеристики впливу цих зв'язків на рівень інтеперабельності системи у цілому.

Ключові слова: стандарти та штабні процедури НАТО, ментальна репрезентація, творчий рівень компетенцій, імплементація стандартів НАТО, інтеперабельність методичної системи.

Постановка проблеми та завдання дослідження. Зміни у воєнно-стратегічній обстановці, які відбулися в Європі протягом останнього десятиріччя, виникнення нового спектру загроз у сфері безпеки для України обумовили необхідність визначення проблем в теорії і практиці підготовки, організації і веденню боїв (бойових дій, військових операцій) військами, що залишилися у спадок від воєнного мистецтва часів СРСР [1]. Тому є **актуальним** вирішення цих проблем завдяки вивченню і впровадженню у Збройні Сили (ЗС) України основних положень СШП НАТО.

Перехід на стандарти НАТО для ЗС України означає перехід на якісно новий рівень, що передбачає не тільки технічний, а рівень осмислення сучасних поглядів на збройні сили та їх дії, підготовку і ведення збройної боротьби в умовах "гібридної війни". При цьому здійснюється позбавлення морально застарілого бачення принципів і методів ведення війни на сучасному етапі розвитку теорії і практики воєнного мистецтва.

Стандартами НАТО називають систему угод, правил і військових стандартів, що прийняті між державами-членами Альянсу. Ці угоди і нормативи охоплюють мало не всі "дрібниці армійського життя" – від штабних процедур щодо вироблення і прийняття управлінських рішень, наприклад, до типу (марки) палива для літаків, танків, БТР і розміру горловин на баках цих машин та кількості металевих заклепок на обшивці тенту вантажного автомобіля [2].

Тож зусилля ЗС України з опанування СШП НАТО – це важлива складова тих заходів, які докладає Україна для просування шляхом європейської та євроатлантичної інтеграції. Для якісної імплементації СШП НАТО, яка буде пов'язана з підвищенням якості управління ЗС України, впорядкуванням діяльності залучених до цього структур, досягнення оптимального балансу між плануванням та використанням ресурсів і спроможностей в оперативній, адміністративній та матеріальній сферах, за необхідне слід розуміти, що це нова філософія військового будівництва (реформування) [3].

На практиці даний тезис означає, що для досягнення максимальної сумісності і безвідмовного функціонування всього структурного механізму ЗС України при співробітництві з військовими структурами країн НАТО, важливе місце посідає нівелювання ментальних відмінностей країн і створення ефективного механізму інформаційного забезпечення імплементації СШП.

Завданнями досліджень з цього приводу є: аналіз досягнутої інтероперабельності методичної системи опанування СШП НАТО, встановлення можливості їх впровадження на рівні свідомої компетентності, визначення необхідного обсягу знань, вмінь та навичок, а також методичних засобів для досягнення представниками ЗС України свідомого творчого рівня компетенції для імплементації цих стандартів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняній літературі мають місце дослідження проблем впровадження стандартів НАТО. У ряді джерел приводиться їх класифікація і вказуються орієнтовні строки імплементації [4, 5]. У 2017 р. впроваджено 24 нормативних документи НАТО через розроблення 25 національних військових нормативно-правових і нормативних актів, розроблені такі оперативні стандарти як глосарій аббревіатур, словник систем зв'язку і інформаційних систем; стандарти з організації протидії саморобним вибуховим пристроям і т. ін. [6]. Це надало можливість розпочати вивчення основ військового управління та СШП НАТО у вищих військових навчальних закладах [7].

Аналіз літератури дозволяє зробити висновок про недостатність довідникової і навчально-методичної бази щодо засвоєння СШП НАТО, а існуючі матеріали забезпечують їх засвоєння на рівні впізнання (усвідомлення) і відтворення [8-16].

Для засвоєння СШП НАТО на рівні застосування, а тим більше для формування творчого рівня компетенції, необхідне розширення меж вивчення матеріалу від перекладу і дослівного впровадження існуючих документів до розуміння філософії, на якій вони будуються, соціостандартів (військових стандартів), тобто іншого способу військового життя.

Метою статті є виявлення тих аспектів у вивченні СШП НАТО, які необхідні для розширення меж освіти за цим напрямом, пошук методичних прийомів навчання для досягнення творчого рівня компетенції військовослужбовцями при імплементації СШП.

Виклад основного матеріалу. Відносини України з Північно-Атлантичним альянсом мають пострадянську спадковість у анамнезі. У СРСР велася активна пропагандистська інформаційна кампанія, спрямована на створення негативного іміджу Північноатлантичного альянсу. Потребує певного часу “переналаштування” свідомості пересічної людини на те, що відкритість Альянсу для нових членів головним чином має на меті зміцнення стабільності в усій Європі, а не експансію військового впливу та потужності НАТО, чи зміну сутності її оборонної стратегії.

Протягом десятиріч панування радянського режиму в кількох поколіннях громадян сформувалися не тільки стійкі суспільні ідеологічні стереотипи, а і утворилася велика прогалина у суспільстві щодо елементарних знань про задачі НАТО. Так, геополітичні зміни кінця минулого сторіччя спричинили далекосяжні зміни клімату світової безпеки. Після закінчення холодної війни, роль НАТО суттєво розширилася. Сьогодні організація розбудовує підвалини, які були створені для сприяння стабільності, що базується на спільних демократичних цінностях та повазі до прав людини і верховенстві права на усьому континенті, працює з такими загрозами як піратство, кібератаки та тероризм. З цього приводу впливає потреба в акумуляції методичних зусиль не просто для вивчення концепції, завдання та штабних процедур НАТО, а й для трансформації (зміни) ментальності тих, хто навчається [17].

Формування ментальності є складний та довгостроковий процес, який залежить від традицій культури, соціальних структур та всього середовища життєдіяльності людини. Хронологічний зв'язок цього процесу із навчанням у виші дає змогу здійснювати цілеспрямований вплив на розвиток та формування особистості майбутнього офіцера. В першу чергу цьому може сприяти грамотно вибудований освітній процес, який забезпечить повноцінні умови для творчого, наукового, фізичного та ін. розвитку особистості. Матеріал таких дисциплін як історія, психологія, політологія та іноземна мова має високу ступінь імпліцитності, тому саме гуманітарний потенціал можна розглядати як потужний чинник ментальної репрезентації у курсантів.

Як відомо, менталітет проявляє себе саме через фонові знання як фрагменти когнитивного компонента свідомості. Фонові знання можуть забезпечити якісну імплементацію СШП альянсу, тому задача полягає у виділенні із насиченого за обсягом інформаційного пласту “історії питання” формуючих елементів ментальної репрезентації у курсантів [19].

Надання курсантам необхідних фонових знань у межах фахової підготовки перш за все є завданням для суміжних дисциплін та дисциплін гуманітарного блоку. Запорукою успіху на цьому шляху, як вважають автори, стане усвідомлення взаємозв'язків між видами підготовки курсантів, необхідним рівнем розвитку їх загально-навчальних навичок та врахуванням особливостей психолого-педагогічного супроводження певного виду навчальної діяльності. З цього приводу пояснювально-ілюстративний та репродуктивний методи навчання за доцільне замінювати на проблемно-орієнтований, застосовувати інноваційні технології навчання, які б створювали освітнє інформаційне середовище, в якому формувалася метальна репрезентація курсантів щодо творчого рівня компетенції при імплементації СШП НАТО.

Фонові знання реалізуються за допомогою певних мовних засобів, тобто до лінгвістичного аспекту підготовки курсантів слід включити вивчення спеціальної лексики та відповідних національних реалій. Зрозуміло, що невід'ємною частиною вивчення СШП НАТО є знання мови оригіналу. Як відомо, робочими мовами в НАТО є англійська і французька. Для бойової підготовки і повсякденної служби військ у ЗС України використовуються 765 таких стандартів або, іншими словами, нормативних документів НАТО. У більшості із цих документів, яких нараховується біля 655, використовується мова оригіналу – англійська [2]. Їх впровадження невід'ємне від посилення мовної підготовки у Збройних Силах України. Саме лінгвістичне забезпечення методичної системи опанування СШП НАТО пропонується розглядати як потужний чинник у формуванні ментальної репрезентації курсантів, розвитку базових навичок прагматичної та комунікативної компетенції, ефективного інформаційного сприйняття СШП НАТО.

Розглянемо детальніше основні напрямки підготовки курсантів, необхідних для їх успішної участі у процесі імплементації стандартів НАТО у збройні сили.

Навчання аналітичному читанню, тобто не тільки розумінню змісту прочитаного тексту, але вмінню аналізувати інформацію в тексті, що сприятиме підвищенню інтеперабельності методичної системи з опанування СШП НАТО. Для досягнення цієї мети необхідна цілеспрямована робота з відпрацювання прийомів аналітичної роботи з текстом, що в свою чергу вимагає розвиток інтелектуальних та інформаційних загальнонавчальних навичок у курсантів. Розвиток саме цих навичок курсантів необхідний для глибинного розуміння змісту та подолання лінгвістичних труднощів, зумовлених стилістикою стандартів НАТО як нормативних документів.

Вивчення основ теорії перекладу, тобто опанування процесом перекладу не як простою заміною одиниць однієї мови одиницями іншої мови, а як специфічною компонентою роботи з іншомовним текстом. З цього спливає, що при перекладі першоджерел імпліцитно повинні бути присутні питання політології, соціології, філософії, психології та інших наук [18].

Набуття фонових знань, які роблять зрозумілою мовленнєву поведінку представників іншої культури. Зазвичай при роботі з іноземними текстами відбувається репрезентація змісту ментального світу автора за “алгоритмом” культури, до якої він належить. Аутентичний

переклад можливий тільки за умови знання чужої культури, наявності фонових знань – особливостей національного характеру, сукупність специфічних для даної культури цінностей, установок, поведінкових норм. У цьому випадку активно слід використовувати гуманітарний потенціал суміжних дисциплін – історії, літератури, культурології, тощо.

Для потреб імплементації стандартів НАТО, сьогодні недостатньо скласти програми вивчення іноземної мови виключно на лінгвістичному аспекті. З цього погляду до переліку навчальних питань доцільно включати такі, що сприятимуть розвитку комунікативній компетенції та подоланню комунікативних бар'єрів.

Інтероперабельність методичної системи опанування стандартами НАТО повинна забезпечувати налагодження взаємодії із підрозділами Альянсу з питань використання ресурсів та спроможностей в оперативній, адміністративній та матеріальній сферах. Прищеплення базових навичок спілкування слід розширити до рівня прагматичної та комунікативної компетенцій – навчати усному та письмовому спілкуванню за тематикою, що віддзеркалює політичні явища, соціальні відносини існування у військовому суспільстві країн Альянсу, тобто формує ментальну репрезентацію.

Виходячи з цього, вивчення стандартів НАТО слід сприймати на базі вищої військової освіти саме як засіб для адаптації шляхів та способів їхнього застосування до норм та правил, які існують в країнах НАТО для досягнення повної взаємосумісності українських частин та підрозділів з силами Альянсу.

Однією з важливих проблем процесу імплементації стандартів та штабних процедур НАТО, необхідною для єдиного підходу до прийняття рішень, на думку авторів є розвиток культури мови, тобто вміння правильно говорити та писати, вживати слова та вирази відповідно до ситуації та мети професійного спілкування. На думку авторів, при роботі зі стандартами та штабними процедурами НАТО увагу слід приділяти таким основним компонентам культури мови:

- правильність дотримання мовних норм, зокрема стилістики;
- комунікативна доцільності, зокрема відповідність мовних норм умовам та меті практичного застосування;
- точність висловлювань, включаючи точність відображення дійсності та точність вираження думки словами.
- ясність та доступність перекладу аутентичних текстів для відповідної цільової аудиторії.
- психологічне супроводження процесу формування культури іншомовного професійного спілкування майбутніх офіцерів.

Наявність особливостей поведінкових реакцій у ситуаціях іншомовної професійної комунікативної взаємодії та використання цих знань передбачає засвоєння майбутніми офіцерами зразків спілкування та певної психологічної підготовки. У різних народів існують історично вироблені традиційні форми спілкування, які найчастіше закріплені в певних звичаях і обрядах. Незнання цих звичаїв та психологічна неготовність до них може ускладнити спілкування або зробити його неефективним. Культура іншомовного професійного спілкування повинна ґрунтуватися на знаннях тих правил, норм поведінки, які прийнятні в іншомовному суспільстві загалом, і на знаннях мовленнєво-поведінкового етикету, який є прийнятним у процесі іншомовного професійного спілкування, зокрема. У процесі вивчення СШП НАТО повинна враховуватися система зовнішніх психологічних чинників як у відборі змісту навчального матеріалу так і в процесі організації навчання іншомовного професійного спілкування, формування його культури [19, 20].

Висновки.

1. Сплановане впровадження стандартів та штабних процедур НАТО у ЗС України – це важлива складова тих зусиль, які докладає держава для просування шляхом європейської та євроатлантичної інтеграції. Перехід на стандарти НАТО для ЗС України означає перехід на якісно новий рівень, не тільки технічний, а і рівень осмислення сучасних поглядів на збройні сили та їх дії, підготовку і ведення збройної боротьби в умовах “гібридної війни”.

2. Для забезпечення подальшого функціонування основних структурних елементів ЗС України в рамках стандартів НАТО, важливе нівелювання лінгвокультурних та соціокультурних відмінностей країн, які входять до Альянсу.

3. У вітчизняній літературі є дослідження проблем впровадження стандартів НАТО. У ряді джерел приводиться їх класифікація та вказуються орієнтовні строки імплементації. Це надало можливість розпочати вивчення основ військового управління та СШП НАТО у вищих військових навчальних закладах. Але сьогодні впливає потреба в акумуляції методичних зусиль не просто для вивчення концепції, завдання та штабних процедур НАТО, а й для трансформації (зміни) ментальності тих, хто навчається.

4. Виділення у методичній системі опанування СШП НАТО формуючих елементів метальної репрезентації, сприятиме розширенню меж освіти що, в свою чергу, буде запорукою досягнення творчого рівня компетенції при імплементації цих стандартів та штабних процедур до процесу функціонування збройних сил.

5. В подальших дослідженнях автори планують визначити взаємозв'язки елементів методичній системі опанування СШП НАТО та якісні характеристики впливу цих зв'язків на рівень інтероперабельності системи в цілому.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 4 березня 2016 року № 92/2016 “Про Концепцію розвитку сектору безпеки і оборони України” [Електронний ресурс]: Указ Президента України від 14 березня 2016 р. № 92/2016. Законодавство України //Платформа LIGA:ZAKON. URL: search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/U092_16.html.

2. NATO Standardization Document Database [Електронний ресурс]: Режим доступу – www.nato.int/docu/standard.htm NATO STANAG Library (in English).

3. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року “Про Стратегічний оборонний бюлетень України” [Електронний ресурс]: Указ Президента України від 6 червня 2016 р. № 240/2016. Законодавство України//Платформа LIGA:ZAKON. URL: search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/U240_16.html.

4. Хижняк В.В. Проблеми впровадження в Україні військової системи стандартизації НАТО / В.В. Хижняк // Системи озброєння і військова техніка. – 2005. – № 2(2). – С. 3-6.

5. Ткаченко А.Л., Михайлов О.В.; Педь М.О.; Троцько Л.Г.; Цимбал І.В. Оцінка термінів впровадження телекомунікаційних стандартів НАТО в Збройних Силах України // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського.- Київ. – 2017. – № 2 – 13-16.

6. Біла книга - 2017. Збройні сили України Руснак Іван (гол.ред.) та інш. – Київ: МОУ, 2018. – 152 с.

7. Основи теорії військового управління та штабні процедури НАТО: навч. посіб. / В.П. Варакута, Д.В. Дяченко, О.М. Бриксін, І.І. Коломієць, О.О. Дичко, Т.В. Хліманцов. – Х.: ВІТВ НТУ “ХПР”, – 2018. – 398 с.

8. Військовий посібник. Запровадження стандартів НАТО в системі підготовки Збройних Сил України. Програма “Страйкер”. – ГШ Збройних Сил України, 2017.

9. Військовий посібник 1.0 НАТО. Військове керівництво. – ГШ Збройних Сил України, 2017. – 2-1с. – 2-3с.

10. Військовий посібник 2.0 НАТО. Розвідка. – ГШ Збройних Сил України, 2017. – 1-2с.

11. Військовий посібник 3.21.20 НАТО. Піхотний батальйон. – ГШ Збройних Сил України, 2017. – 2-1с. – 2-3с.; 2-12с. – 2-14с.

12. Військовий посібник 5.0.1. НАТО. Командування. – ГШ Збройних Сил України, 2017. – 1-1с.; 2-1с.

13. Військовий посібник 5.0 А. НАТО. Операційний процес. – ГШ Збройних Сил України, 2017. – 1-5с.

14. Військовий посібник 5.0 Б. НАТО. Операційний процес. Додатки. – ГШ Збройних Сил України, 2017. – А-1, В-1, С-1

15. Військовий посібник 3.0. НАТО. Операції. – ГШ Збройних Сил України, 2017. – 4-3с.

16. Військовий посібник 3.0. НАТО. Операції. Продовження. – ГШ Збройних Сил України, 2017. – 7-19с.

17. Довідник НАТО – 1110 Brussels, Belgium: NATO Public Diplomacy Division, 2006. – 386с.
18. Рецкер, Я.И. Теория перевода и переводческая практика: очерки лингвистической теории перевода / Я.И. Рецкер. – М.: Международные отношения, 1974. – 216 с.
19. Кухарева, Е.В. Клише как отражение национального менталитета (на примере арабских паремий): автореферат дис. ... кандидата филологических наук: 10.02.19 / Е.В. Кухарева; [Воен. ун-т]. – М. 2005. – 16с.
20. Кіш Н.В. Педагогічні умови формування культури іншомовного професійного спілкування майбутніх інженерів. – Дисертація канд. пед. наук: 13.00.04, Терноп. нац. пед. ун-т ім. Володимира Гнатюка. – Тернопіль, 2015. – 200 с.

REFERENCES

1. Legislation of Ukraine (2016) № 92/2016, Pro rishennya Rady natsional'noyi bezpeky i oborony Ukrainy vid 4 bereznia 2016 roku № 92/2016 "Pro Kontseptsiiu rozvytku sektoru bezpeky i oborony Ukrainy" [On-line]: Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 14 bereznia 2016 roku № 92/2016 ["On the decision of the Council of National Security and Defense of Ukraine dated March 4, 2016, № 92/2016 "On the Concept of Development of the Security and Defense Sector of Ukraine". Decree of the President of Ukraine dated 03/14/2016], Company LIGA:ZAKON, Kyiv, Ukraine. Available at: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/U092_16.html.
2. NATO Standardization Document Database (2001). [On-line]: Available at: www.nato.int/docu/standard.htm NATO STANAG Library (in English).
3. Legislation of Ukraine (2016) № 240/2016, Pro rishennya Rady natsional'noyi bezpeky i oborony Ukrainy vid 20 travnya 2016 roku "Pro Stratehichnyy oboronnyy byuletyn' Ukrainy" [On-line]: Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 6 chervnya 2016 r. № 240/2016 [On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated 20 May 2016 "On the Strategic Defense Bulletin of Ukraine"], Company LIGA:ZAKON, Kyiv, Ukraine. Available at: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/U240_16.html.
4. Khizhnyak, V.V. (2005) "Problems of implementing NATO's military standardization system in Ukraine", *Systemy ozbroynennia i viys'kova tekhnika*, vol. 2, pp. 3–6.
5. Tkachenko, A. L., Mikhailov, O. V.; Ped, M. O.; Trotsko, L.G. and Tsymbal, I.V. (2017) "Estimation of terms of implementation of NATO telecommunication standards in the Armed Forces of Ukraine", *Zbirnyk naukovykh prats' Tsentru voyenno-stratehichnykh doslidzhen' Natsional'noho universytetu oborony Ukrainy imeni Ivana Chernyakhovskoho*, vol. 2, pp. 13–16.
6. Rusnak, Ivan (ed.) (2017) *Bila knyha - 2017. Zbroyni syly Ukrainy* [White Paper - 2017. Armed Forces of Ukraine] Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
7. Varakuta, V.P., Dyachenko, D.V., Bricksin, A.M., Kolomiets, I.I., Dichko, A.O. and Khlimentsov T. V. (2018), *Osnovy teorii viys'kovoho upravlinnya ta shtabni protsedury NATO: navch. posib.* [Fundamentals of Military Management Theory and NATO Staff Procedures: Teach. Manual], VITV NTU "KHPI", Kharkiv, Ukraine.
8. *Military allowance. The implementation of NATO standards in the training systems of the Armed Forces of Ukraine. Stryker Program (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
9. *Military allowance. 1.0 NATO. Military leadership (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. 2-1, 2-3.
10. *Military allowance. 2.0 NATO. Intelligence (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. 1-2.
11. *Military allowance. 3.21.20 NATO. Infantry Battalion (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. 2-1, 2-3; 2-12. 2-14.
12. *Military allowance. 5.0.1. NATO. Command (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. 1-1; 2-1.
13. *Military allowance. 5.0 A. NATO. Operating process (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. 1-5.
14. *Military allowance. 5.0 B. NATO. Operating process (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. A-1, B-1, C-1.
15. *Military allowance 3.0. NATO Operations (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. 4-3.
16. *Military allowance 3.0. NATO Operations. Continued (2017)*, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. 7-19.
17. NATO. Reference book (2006), Public Diplomacy Division NATO 1110 Brussels, Belgium. Division Diplomatie publique OTAN 1110 Bruxelles, Belgique.

18. Retsker, Ya. I. (1974), *Teoriya perevoda i perevodcheskaya praktika: ocherki lingvisticheskoy teorii perevoda*. [Translation Theory and Translation Practice: Essays on Linguistic Translation Theory], Moscow, Mezhdunarodnyye otnosheniya, the USSR.

19. Kukhareva, E.V. (2005), "Cliche as a reflection of the national mentality (on the example of the Arabic paremias)", Abstract of Ph.D. dissertation, Philology, Military university, Moscow, Russia.

20. Kish, N.V. (2015), "Pedagogical conditions of forming a culture of foreign-language professional communication of future engineers", Ph.D. Thesis, Pedagogics, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine.

к.т.н. Макогон О.А., к.військ.н., доц. Варакута В.П.,
к.і.н. Криленко І.М., к.філос.н. Соколіна О.В.

МЕТОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОСВОЕНИЯ СТАНДАРТОВ И ШТАБНЫХ ПРОЦЕДУР НАТО КАК ФАКТОР ДОСТИЖЕНИЯ ТВОРЧЕСКОГО УРОВНЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПРИ ИХ ИМПЛЕМЕНТАЦИИ

Внедрение стандартов и штабных процедур (СШП) НАТО в ВС Украины – это важная составляющая тех усилий, которые прилагает государство для продвижения по пути европейской и евроатлантической интеграции. Для обеспечения дальнейшего функционирования основных структурных элементов ВС Украины в рамках стандартов НАТО, важное нивелирования лингвокультурных и социокультурных различий стран, входящих в Альянс.

Для освоения СШП НАТО на уровне применения, а тем более для формирования творческого уровня компетенции, необходимо расширение границ изучения материала от перевода и дословного внедрения существующих документов к пониманию философии, на которой они строятся, социостандартов, военных стандартов, то есть иного способа военной жизни.

Целью статьи является выявление тех аспектов в изучении СШП НАТО, которые необходимы для расширения границ образования по этому направлению, поиск методических приемов обучения для достижения творческого уровня компетенции военнослужащих при имплементации СШП.

Основными направлениями совершенствования методической системы освоения СШП НАТО, необходимых для их успешной имплементации, целесообразно считать такие формирующие элементы ментальной репрезентации как обучение аналитическом чтению, развитие общеучебных навыков курсантов, изучение основ теории перевода и приобретение фоновых знаний. Такой подход будет способствовать расширению границ образования что, в свою очередь, будет залогом достижения творческого уровня компетенции при имплементации этих стандартов и штабных процедур в процесс функционирования вооруженных сил.

В дальнейших исследованиях авторы планируют определить взаимосвязи элементов методической системы освоения СШП НАТО и качественные характеристики влияния этих связей на уровень интероперабельности системы в целом.

Ключевые слова: стандарты и штабные процедуры НАТО, ментальная репрезентация, творческий уровень компетенции, имплементация стандартам НАТО, интероперабельность методической системы.

Ph.D. Makogon O.A., Ph.D. Varakuta V.P., Ph.D. Krylenko I.M., Ph.D. Sokolina O.V.

METHODOLOGICAL SYSTEM OF DISTURBANCES BY NATO STANDARDS AND STANDARD PROCEDURES AS A FACTOR TO ACHIEVE COMPETENCY LEVELS AT THEIR IMPLEMENTATION

Implementation of NATO Standards and Staff Procedures (SSP) in the Armed Forces of Ukraine is an important part of the efforts made by the state to advance through European and Euro-Atlantic integration. In order to ensure the further functioning of the main structural elements of the Armed Forces of Ukraine in the framework of NATO standards, it is important to level the linguistic and cultural differences between the countries of the Alliance.

For the assimilation of NATO's SSP at the level of application, and even more so for the creation of a creative level of competence, it is necessary to expand the scope of studying the material from the translation and verbatim implementation of existing documents to an understanding of the philosophy on which they are based, societal standards, military standards, that is, another way of military life.

The goal of the article is to identify the aspects of NATO's SSP study needed to expand the education curriculum in this area, to seek methodological teaching methods to achieve the creative level of competence of servicemen in the implementation of the SSP.

The main guideline for improving the methodological system of NATO's SSP mastering, necessary for their successful implementation, is advisable to consider such forming elements of mental representation as training in analytical reading, development of general educational skills of cadets, learning the basics of translation theory and acquiring background knowledge. Such approach will help expand the boundaries of education, which, in turn, will be the key to achieving a creative level of competence in implementing these standards and staff procedures in the functioning of the armed forces.

In further studies, the authors plan to determine the interrelationships of the elements of the NATO's SSP methodological system and the qualitative characteristics of these links influence on the level of the system interoperability as a whole.

Key words: NATO standards and staff procedures, mental representation, creative level of competence, implementation of NATO standards, interoperability of methodological system.

СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ У ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ РЕСПУБЛІКИ ЛАТВІЯ

Стаття присвячена аналізу досвіду підготовки військових фахівців, зокрема військовослужбовців рядового, сержантського (старшинського) складу для збройних сил республіки Латвія. На основі визначення змін у ключових завданнях, структурі та чисельності особового складу збройних сил Латвії, що відбулися після вступу країни до НАТО представлена структура військової освіти країни. Приведені основні нормативно-правові акти, на підставі яких організовано навчання військових фахівців. Проведено аналіз структури системи військової освіти збройних сил республіки Латвія. Наведено вимоги до рівня підготовки військових фахівців. Визначена модель підготовки рядового та сержантського (старшинського) складу, роль та місто навчального командування, як органу управління системою військової освіти. Приведено перелік курсів підготовки та підвищення кваліфікації для певних категорій військовослужбовців. При цьому, практика підготовки курсантів військових навчальних закладів за посадовим призначенням у навчальних центрах (школах) родів військ, як і наступна там же перепідготовка офіцерів, дозволяє широко використовувати в процесі навчання сучасніші зразки озброєння та військової техніки.

Творче використання міжнародного досвіду підготовки військових фахівців за кордоном набуває особливого значення з точки зору впровадження стандартів НАТО у Збройних Силах України. Аналіз зарубіжного досвіду організації та реформування збройних сил в інших країнах, з урахуванням того, що відповідні системи військової освіти є їх невід'ємною частиною, розкриває специфічний національний аспект такої діяльності в кожній країні. Таким чином, у цей час існують деякі загальні методологічні підходи, які можуть використовуватися у національній військовій педагогічній практиці для практичного розгляду та застосування.

Процес підготовки військових фахівців для цілей збройних сил Латвії спрямований на забезпечення національної безпеки з урахуванням можливості виникнення і розвитку регіональних конфліктів, дестабілізації політичної ситуації, здійснення терористичних актів тощо. Існуюча система військової освіти в Латвії успішно пройшла період трансформації збройних сил у відповідності до стандартів НАТО, спираючись на досвід підготовки військових фахівців у розвинутих країнах-членах Альянсу та враховуючи особливості національної системи освіти. Вона повністю забезпечує підготовку військових фахівців, у першу чергу, військовослужбовців рядового, сержантського (старшинського) складу.

Постановка проблеми. Творче використання міжнародного досвіду підготовки військових фахівців (ВФ) за кордоном набуває особливої актуальності в умовах впровадження стандартів НАТО у збройних силах (ЗС) України. Проводячи дослідження закордонного досвіду будівництва та реформування ЗС інших країн, у тому числі їхньої складової - системи військової освіти, бачимо, що в кожній країні він має специфічне національне підґрунтя. Водночас у військовій педагогічній практиці різних країн світу існують загальні методичні підходи, які доцільно враховувати і використовувати. На наш погляд, цікаво дослідити побудову систем військової освіти (СВО) ЗС країн, що раніш входили до складу колишнього Радянського Союзу, а зараз входять до складу НАТО, зокрема у збройних силах Балтійських республік. У статті наведено аналіз досвіду підготовки ВФ у ЗС республіки Латвія, що виконаний під час проведення дослідження у рамках науково-дослідної роботи «Науково-організаційні засади проектування основних вимог до змісту підготовки офіцерських кадрів з вищою освітою для Збройних Сил України з використанням передових методик підготовки збройних сил держав – членів НАТО» (шифр - Підготовка-П).

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженню питань, що пов'язані з аналізом систем підготовки ВФ інших країн, присвячено низку наукових праць вітчизняних науковців. Зокрема, загальні проблеми підготовки військових спеціалістів досліджуються у наукових працях Барабанщикова О.В., Маслова В.С., Машталіра А.М., Нецадіма М.І., Стефаненка П.В., Приходька Ю.І., Хорева І.О., Ягупова В.В., проблеми професійної

підготовки військовослужбовців – Агапова Т.П., Бойка О.В., Варія М.Й., Іщенко Д.В., Каменева А.І., Красильника Ю.С., Кривоноса О.Б., Машталіра А.М., Олексієнко Б.М., Сороки Г.І., Тихончука А.О., Челпанова О.С., професійної діяльності офіцера – Алтухова П.К., Давидова В.П., Маслова Б.Б., М'ясникова В.О., Пантюка О.В., Рейші О.Е., Смолікова І.Й., Столяренка О.М., Студентові В.Ф., Телелима В.М., Філоненка Г.П., педагогічних аспектів діяльності військових кадрів – Аксьонова О.М., Зельницького А.М., Моїсєєва В.Г. тощо. Разом з тим, слід зазначити, що незважаючи на різноманітність публікацій щодо аналізу загальних проблем підготовки військових фахівців у військових навчальних закладах провідних країн-членів НАТО (США, Великобританії, Франції, Німеччини тощо), підготовці військових фахівців у системі військової освіти республіки Латвія приділяється недостатньо уваги.

Метою статті є проведення аналізу сучасного стану підготовки військових фахівців для ЗС республіки Латвія для врахування її досвіду під час проведення подальшої реформи національної СВО.

Виклад основного матеріалу. Система підготовки ВФ залежить від основних завдань, структури та чисельності особового складу ЗС країни, а також від прийнятої у збройних силах моделей кар'єри військовослужбовців різних категорій. Протягом своєї історії у СВО РЛ відбувалися постійні зміни, які були зроблені за моделями різних країн, що враховували існуючі ресурси, політику влади, політику міжнародного співробітництва тощо. На цей час підготовка військових фахівців заснована на тренувальній моделі ЗС США.

Відповідно до законів Латвійської республіки «Про військову службу» [1] та «Про національні збройні сили» [2] військова служба, яка включає до себе активну військову службу або службу в резерві національних збройних сил, здійснюється військовослужбовцями. До проходження військової служби може бути залучений будь який громадянин Латвії, починаючи з 18-річного віку, який відповідає певним встановленим законодавством вимогам. Професійний військовослужбовець призначається на відповідну посаду після укладення контракту на добровільне проходження військової служби і успішного завершення курсу військової підготовки, що може проходити, в тому числі, в підрозділі до якого планується його призначення.

Щороку кожен військовослужбовець проходить атестування (оцінку і сертифікацію). Під час атестації безпосередній начальник оцінює його ставлення до виконання посадових обов'язків, рівень фізичного стану і моральні якості. Після цього командир надає відповідні пропозиції щодо майбутньої кар'єри військовослужбовця, які засновані на результатах професійної оцінки та сертифікації. Протягом проходження військової служби кожен військовослужбовець має всі можливості для кар'єрного зростання, навчання і здобуття більш високого рівня освіти. Під час служби йому може бути надана можливість отримати наступне військове звання або вищу посаду у разі сумлінного виконання своїх посадових обов'язків, підвищення освітнього рівня та прояви розумної ініціативи.

Згідно з Положенням про класифікацію занять, основні завдання, які відповідають професії, і основні кваліфікаційні вимоги, затвердженого постановою кабінету міністрів Латвії [3] класифікація військових посад включає чотири рівні класифікації. При цьому, професії відповідають рівням військової служби, розподіленим на функціональні області, а кожна функціональна область - на спеціальності. Посада військовослужбовця є однією з основних одиниць військової класифікації. Рівні військової класифікації, що прийняті у ЗС Латвії:

професія визначає перелік знань і практичних навичок, які військовослужбовець набуває під час проходження певного циклу військової освіти. При цьому професійна освіта розподіляє військовослужбовців за рівнями проходження військової служби;

функціональна область визначає напрямок професійної діяльності, в якому поєднуються спеціальності з близькими посадовими обов'язками та завданнями в межах однієї професії;

спеціальність визначає групи схожих професійних навичок і компетенцій у межах однієї функціональної області. Спеціальність за посадою вимагає певної орієнтації змісту освіти, рівня кваліфікації та досвіду;

посада визначає перелік професійних обов'язків та повноважень, які потрібні за фахом, а також рівень навичок, досвіду і кваліфікації.

Військовослужбовці за професіями поділяються на солдатів (матросів), сержантів (старшин) та офіцерів. Ці професії поділяються на функціональні області (види та роди військ, спеціальних військ тощо). Офіцери, сержанти (старшини) і солдати (матроси) виконують свої обов'язки в більш ніж 30 функціональних областях і майже за 170 спеціальностями. Класифікація посад військовослужбовців затверджується міністром оборони. У класифікаторі для кожної посади визначаються необхідні вимоги до рівня освіти, досвіду і професійної кваліфікації кандидата для її заміщення.

Перелік посад, що заміщуються вищими офіцерами, затверджується кабінетом міністрів [4]. Перелік посад, які комплектуються іншими військовослужбовцями (офіцерами, сержантами (старшинами) та солдатами (матросами), затверджується командувачем національними збройними силами відповідно до процедур, встановлених міністром оборони.

Загальна система організації підготовки офіцерських кадрів для ЗС республіки Латвія розглянута у роботі [5]. Далі основна увага нами буде приділятися організації підготовки рядового, сержантського (старшинського) складу.

Модель кар'єри солдата (матроса). Кількість військових звань – 2. На посаду солдата (матроса) можуть бути призначені громадянини Латвії у віці 18 років і старше, якщо вони відповідають вимогам міністерства оборони щодо стану здоров'я, рівня освіти, професійної та фізичної підготовки, знання державної мови і морально-психологічних якостей. Вони повинні мати рівень освіти - не нижче загального середнього. Термін проходження військової служби повинен становити не менше 5-ти років, що вказується у відповідному контракті. При цьому, може бути передбачено встановлення випробувального терміну строком до шести місяців. При прийнятті на військову службу особі присвоюється перше військове звання «солдат». У разі, якщо військовослужбовець раніш не проходив військову службу, він повинен пройти курс військової підготовки для заміщення певної посади відповідно до процедур, встановлених міністром оборони.

Солдати (матроси) мають посадові обов'язки відповідно до їх кваліфікації виконують конкретні завдання та функції. У мирний час солдату (матросу) може бути присвоєно наступне військове звання солдата 1-го класу (старшого матроса) не раніше, ніж після трьох місяців військової служби в якості нагороди.

Максимальний вік для проходження військової служби солдата (матроса) - 45 років (активна служба), 55 років (служба у резерві).

Модель кар'єри сержанта (старшини). Кількість військових звань – 6 (OR 4 - капрал, OR 5 - сержант, OR 6 - сержант 1-го класу (боцман), OR 7 - штаб-сержант (штаб-боцман), OR 8 - майстер-сержант (головний боцман), OR 9 - сержант-майор (вищий боцман))

Сержанти (старшини) є важливою складовою професійного особового складу Латвійських ЗС. Вони повинні мати відповідну тактичну, технічну, культурну та морально-етичну підготовку, володіти державною та початковою англійською мовами, бути психічно і фізично загартованими, здатними вміло діяти і керувати децентралізовано підлеглим особовим складом. Для просування до сходинок військової кар'єри військовослужбовці повинні пройти навчання на певних курсах.

Кар'єрні курси. Це курси, на яких сержанти (старшини) отримують знання та практичні навички, що необхідні для отримання більш високого військового ступеня. До цих курсів належать:

- курс підготовки капрала (P1). Після закінчення навчання на цих курсах військовослужбовці можуть бути призначені на первинні сержантські (старшинські) посади – сержанта відділення (групи).
- курс підготовки сержанта (P2). Після закінчення навчання на цих курсах сержанти (старшини) можуть бути призначені на посади з штатно-посадовою категорією сержанта (сержант взводу) та їм рівні.

- курс підготовки сержанта 1-го класу (P3). Після закінчення навчання на цих курсах сержанти (старшини) можуть бути призначені на посади з штатно-посадовою категорією сержанта 1-го класу (сержант роти) та їм рівні.

- курс підготовки штаб-сержанта (P4). Після закінчення навчання на цих курсах сержанти (старшини) можуть бути призначені на посади з штатно-посадовою категорією штаб-сержанта (сержанта батальйону) та їм рівні.

Спеціалізовані курси. Це курси, на яких придбається військова спеціальність з Переліку спеціальностей, що затверджений міністром оборони.

Курси підвищення кваліфікації. Це курси забезпечують здобуття нових (оновлюють) знання та практичні навички, що необхідні для отримання відповідних ліцензій, дозволів та кваліфікаційних свідоцтв або продовження терміну їх дії.

Проведення зазначених вище курсів організуються у сержантській школі або збройних силах зарубіжних країн (партнерів та союзників).

На посади майстер-сержантів та сержант-майорів призначаються військовослужбовці з відповідним досвідом проходження військової служби, які мають вищу освіту та пройшли додаткову військову підготовку на курсах підвищення кваліфікації та спеціалізованих курсах в Національній академії оборони Латвії або рівнозначних курсах у військових навчальних закладах за кордоном.

Терміни перебування у військових званнях: капрал – 4 роки; сержант, сержант 1-го класу – 5 років; штаб-сержант, майстер сержант – 3 роки.

Максимальний вік для проходження військової служби сержанта (старшини) - 50 років (активна служба), 55 років (служба у резерві).

На рисунку 1 схематично наведено модель кар'єри сержанта (старшини) ЗС Латвії.

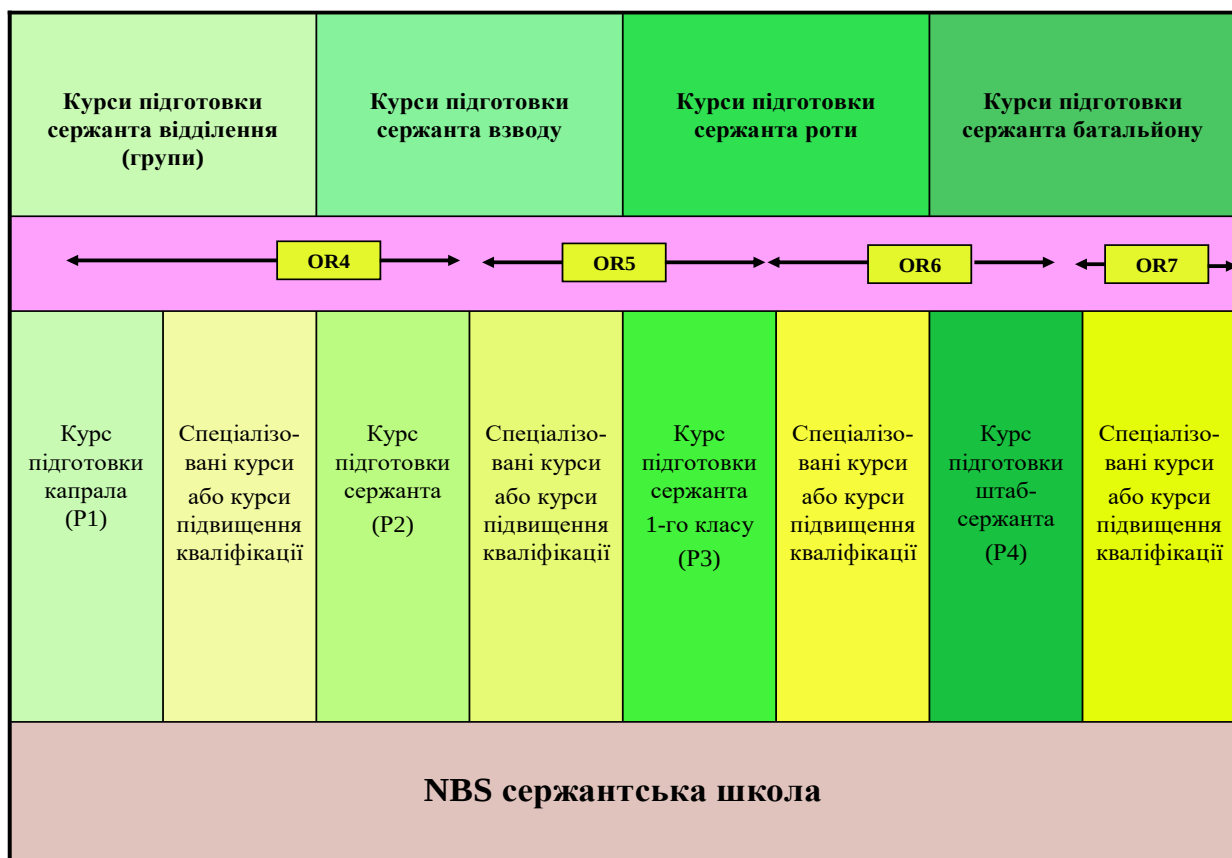


Рисунок 1 – Модель кар'єри сержанта (старшини) збройних сил Латвії

Управління системою військової освіти у ЗС Латвії здійснює *навчальне командування*. Командуванню підпорядковані навчальні центри (школи) і Національна академія оборони

Латвії (НАОЛ). Девіз навчального командування «Вчися перемагати» є наріжним камінцем кожного військовослужбовця ЗС Латвії [6].

Мета навчального командування – забезпечити індивідуальну підготовку військовослужбовців відповідно до єдиних стандартів. За час свого існування командуванням розроблена система навчання, що сумісна з системою підготовки НАТО, а також критерії для підготовки у відповідності з певними стандартами.

Основними завданнями навчального командування є: організація підготовки військовослужбовців та державних службовців ЗС Латвії у національній академії оборони, а також їх навчання на курсах підвищення кваліфікації та кар'єри, що організовані в Латвії; організація проведення міжнародного курсу в НАОЛ; розробка та організація виконання військових доктрин і правил; здійснення вербування до ЗС та підтримка бази даних комплектування резервних штатів; контроль організації підготовки у військових навчальних закладах; психологічна підтримка персоналу ЗС; організація спортивних заходів у ЗС; надання необхідного фінансового і логістичних забезпечення організації підготовки військовослужбовців у військових навчальних закладах.

Підготовка військових фахівців у ЗС Латвії являє собою низку взаємопов'язаних і послідовних заходів, інтегрованих в єдину систему індивідуального навчання військовослужбовців і колективну підготовку підрозділів ЗС. Головне завдання навчального командування – організація індивідуальної підготовки військових фахівців, а колективна підготовка - це місія кожного підрозділу ЗС.

Підготовка військових фахівців планується, організовується і проводиться в: НАОЛ; сержантській школі; піхотній школі; навчальному центрі військово-морських сил; школі зв'язку; школі мовної підготовки та саперної школі, а також в інших навчальних закладах Латвії та за кордоном.

Департамент персоналу об'єднаного штабу (J-1) на підставі відповідних запитів з військ та планів розробляє замовлення на підготовку та навчання військових фахівців (перелік необхідних спеціальностей підготовки та курсів і відповідну кількість курсантів і слухачів) та подає його до навчального командування, яке планує організацію підготовки та навчання військових фахівців у латвійських і закордонних навчальних закладах.

Так у 2017 році в Національній академії оборони та навчальних школах було проведено понад 220 різних навчальних курсів, в яких взяли участь близько 3000 військовослужбовців латвійських та закордонних ЗС (НАОЛ – організовано 5 курсів, пройшли навчання 99 військовослужбовців; піхотна школа – 15 курсів, підготовлено 202 військовослужбовця; військово-морський навчальний центр – 11 курсів, 56 військовослужбовців пройшли підготовку; школа зв'язку – 20 курсів, навчалися 170 військовослужбовців і співробітників державних установ; сержантська школа – 11 курсів, підготовлено 314 військовослужбовців; школа мовної підготовки – 14 курсів, пройшли навчання 338 військовослужбовців і співробітників державних установ; саперна школа – 10 курсів, підготовлено – 62 військово-службовця).

Підготовка осіб на посади рядового, сержантського (старшинського) складу у збройних силах Латвії здійснюється у зазначених вище військових школах.

Сержантська школа (далі - школа) є військовим навчальним закладом, створеним кабінетом міністрів для реалізації програм професійної безперервної освіти і професійного розвитку військовослужбовців ЗС Латвії [7]. Назву школи вибрано так, щоб відображати основну задачу - підготовка сержанта.

З моменту свого створення в школі здійснюється підготовка і підвищення кваліфікації сержантського складу ЗС Латвії, а також підготовка молодшого командного складу для участі в міжнародних операціях. До складу сержантів відбираються висококваліфіковані солдати з високим почуттям обов'язку і лояльності. Викладачі школи проводять індивідуальну підготовку курсантів до виконання бойових завдань, управління відповідними військовими підрозділами, які відповідають певним стандартам, а також виконують адміністративні функції. Протягом навчання курсантам надається добре організоване навчальне середовище,

а також вони набувають необхідні знання та практичні навички для самостійної підготовки підлеглого особового складу на певному рівні.

До переліку курсів, що проводяться у школі, входять курси підготовки: сержанта батальйону; сержанта роти; сержанта взводу, сержанта відділення (групи); водіїв; солдат тощо.

Курс підготовки сержанта батальйону триває 5 тижнів. Мета курсу – надати курсантам знання і практичні навички, необхідні для зайняття більш високих сержантських позицій в різних підрозділах ЗС.

На навчання залучаються сержанти, які пройшли попередню підготовку на курсах сержантів рот або рівнозначні курси за кордоном та які протягом минулого року успішно здали нормативи стандартів з фізичної підготовки.

Викладачами курсів є - офіцери (OF2-OF3) з військовою освітою на рівні базової підготовки або сержанти (OR7 і вище) з військовою освітою на рівні сержанта батальйону та вище, які мають необхідний досвід в плануванні, організації та управлінні навчальним процесом.

Кількість учасників курсу: мінімум – 12 осіб, максимум – 20 осіб.

Зміст курсу: структура і завдання ЗС Латвії; структура і завдання міністерства оборони; системи забезпечення ЗС; фінансове забезпечення військовослужбовців; соціальні гарантії військовослужбовців; державні установи Латвійської Республіки; структура і завдання НАТО; структура і завдання Європейського Союзу; основи міжнародної політики; церемонії і ритуали у ЗС; управління проектами; практична психологія; діловий етикет і культура столу; захист навколишнього середовища; електронні документи та інформація; фізкультура і спорт, курсова робота (дослідні презентації).

Навчання організовано у вигляді лекцій, навчальних поїздок, групових вправ та самостійного навчання. Під час проходження навчального курсу курсант індивідуально і в складі робочої групи, повинен виконувати практичні завдання з різних навчальних предметів, в тому числі виконати курсову роботу. Курсантам, які успішно пройшли навчальний курс та здали випускні іспити, присуджується відповідна кваліфікація та видається свідоцтво.

Метою *спеціалізованого курсу підготовки сержанта відділення* є: надання курсантам знання і навички, що необхідні для управління невеликим підрозділом (до 8 осіб) в повсякденному житті для будь-якого підрозділу ЗС. На навчання приймаються військовослужбовці, які мають середнього освіти, після успішного завершення навчання на курсі «Підготовка сержанта піхотного взводу» або йому еквівалентного, що був проведений у латвійської або закордонної військової школі, а також після успішного складання вступних іспитів, у тому числі з фізичної підготовки, та має відповідну категорію за станом здоров'я згідно з останніми річних результатами диспансеризації (не нижче B5).

Зміст курсу: закони та інші нормативні документи, що регламентують проходження військової служби; структура ЗС; військова історія Латвії; основи фізичної культури; основи ведення обліку; співпраця із засобами масової інформації; охорона здоров'я; засоби зв'язку; військова топографія; захист від зброї масового знищення; управління стресом і кризою; військова медицина; військове управління; процедура організації бою; методична підготовка з управління особовим складом, бойове застосування зброї; організація бойових стрільб тощо.

Тривалість курсу складає 7-9 тижнів, в залежності від навчальної програми курсу, чисельності курсантів в навчальній групі, засобів для проведення стрільби, кількості викладачів.

Кількість учасників курсу - мінімум 24 особи, максимум 64 особи.

Курс організований відповідно до принципу навчального циклу (модульний принцип), кожен блок розрахований на 1-2 тижні. Кожен цикл навчання передбачає послідовну підготовку у відповідних модулях з теорії, практики і проведення тестового контролю.

Випускникам, які успішно склали іспити, видається сертифікат, який є основою для присвоєння військового звання «сержант», а також сертифікат інструктора з ведення стрільби зі зброї з стаціонарних позицій категорій А, В, С і D.

Метою курсу для солдатів (сержантів) є надання курсантам базових знань та навичок, що необхідні для проходження військової служби у ЗС Латвії. На навчання залучаються особи, які успішно пройшли відбір для проходження військової служби та відповідають вимогам за рівнем здоров'я і фізичної підготовки.

Зміст курсу: закони та інші нормативні документи, що регламентують проходження військової служби; структура ЗС; основні навички, що необхідні для проходження військової служби; індивідуальна екіпіровка військовослужбовця; підготовка зброї до застосування; бойова стрільба; військова топографія, зв'язок; перша медична допомога; захист від зброї масового знищення; фізична підготовка; бойові процедури; основи загальної тактики; військове керівництво; управління персоналом; охорона навколишнього середовища тощо.

Тривалість курсу - 6 тижнів (розподіленні на два блоки: 3 тижні + 3 тижні).

Чисельність учасників курсу: мінімум - 5 осіб; оптимальна - 10 осіб; максимум - 20 осіб.

Курсанти повинні успішно скласти заключні іспити відповідно до вимог професійних кваліфікаційних характеристик та вимог навчальної програми. Військовослужбовцям, які успішно здали тести, видаються сертифікати, який є підставою для призначення на певні посади.

Військово-морський навчальний центр був створений у 1991 році як військовий навчальний заклад з підготовки морських прикордонників. У цей час у центрі проходить індивідуальне навчання солдат національних збройних сил на початку їх військової служби. Підрозділ з підготовки дайвінгу та відділи морської і тактичної підготовки навчального центру складають добре підготовлені, обізнані, мотивовані військовослужбовці, які відповідають вимогам національних збройних сил і стандартам НАТО.

Основними завданнями школи є [8]:

- підготовка кваліфікованих, мотивованих фахівців, здатних проходити військову службу в підрозділах спеціального призначення;
- підвищення професіоналізму і кваліфікації офіцерів, сержантів (старшин) підрозділів спеціального призначення;
- підготовка фахівців з мінування і знищення військових кораблів в акваторії Балтійського моря;
- навчання висококваліфікованих дайверів для збройних сил країн Балтії;
- забезпечення підготовки та перепідготовки диверсій для потреб країн Балтії;
- удосконалення і розвиток навчальної бази, самостійне підвищення рівня освіти і професійних навичок викладачів центру;
- організація проведення семінарів, лекцій та конференцій з іноземними фахівцями, орієнтованими на основні напрямки діяльності центру;
- розробка програми професійного навчання та організація їх виконання;
- співпраця з іншими підрозділами та іноземними організаціями, які працюють у відповідному напрямку;
- сприяння підвищенню можливостей сил спеціального призначення та ролі ЗС Латвії у Балтійському регіоні.

Центр організує проведення курсів для різних категорій матросів та старшин ВМС Латвії. Тривалість курсів – від 1-го тижня до 2-х місяців. Періодичність проведення – 2- 8 раз на рік.

Піхотна школа - військовий навчальний заклад ЗС Латвії, що створений для організації проведення базової військової підготовки за різними програмами навчання [9]. Основним завданням школи є підготовка новопризначених солдатів для професійної військової служби у ЗС Латвії. Навчання курсантів забезпечується висококваліфікованими викладачами з високим рівнем підготовки. Під час проведення навчальних занять курсантам створюється відповідне навчальне середовище і вони набувають необхідних знань та навичок, щоб самостійно мати можливість вирішувати завдання на рівні компетентності солдата.

Основними завданнями школи є: проведення індивідуальної базової підготовки солдат для ЗС Латвії відповідно до кваліфікаційних вимог; участь в розробці спеціальних навчальних програм, аналізі результатів навчання і вдосконаленні існуючих навчальних програм.

Перелік основних курсів, які проводяться у школі: базовий курс з військової підготовки; навчальний курс для стрілка і кулеметника; курс зі зимового виживання; навчальний курс для військових водіїв категорії «В» та «К»; курси з організації медичної допомоги.

З 1998 року основним завданням школи була базова підготовка військовослужбовців обов'язкової військової служби. У жовтні 2004 року школа розпочала базову підготовку професійних військовослужбовців.

Програма навчання включає: застосування зброї, індивідуальні бойових навички, роботу з картою місцевості та орієнтування, організація першої медичної допомоги, бойова підготовка, ознайомлення із законами і нормативними актами, що регулюють проходження військової служби, історія латвійських ЗС тощо. За останні 13 років в школі пройшли підготовку понад 11 000 військовослужбовців.

На навчання залучаються особи, які успішно пройшли професійний відбір для проходження військової служби та відповідають вимогам за рівнем здоров'я та фізичної підготовки.

Базовий курс військовослужбовців проходить в два етапи. Навчальний курс організований у вигляді лекцій і практичних польових занять. Перший етап курсу складається з наступних навчальних предметів (таблиця 1).

Таблиця 1

Перелік навчальних предметів 1-го етапу навчального курсу

№ пп	Навчальний предмет	Кількість годин		
		теорія	практика	разом
1.	Вивчення зброї	0	18	18
2.	Стрільба	0	20	20
3.	Бойова підготовка (тактика - оборона)	0	12	12
4.	Закони та нормативні акти	9	0	9
5.	Польове адміністрування	0	4	4
6.	Польові бойові навички	0	50	50
7.	Військова топографія	4	0	4
8.	Орієнтування	0	6	6
9.	Фізична підготовка	0	34	34
10.	Військова психологія	4	0	4
11.	Зв'язок	2	0	2
12.	Медицина (надання первинної допомоги)	8	10	18
	12.1. Перша допомога під час вивчення основ базової допомоги	7	8	15
	12.2. Медична підготовка	1	2	3
	Разом	27	154	181

Перелік навчальних предметів другого етапу курсу наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Перелік навчальних предметів 2-го етапу навчального курсу

№ пп	Навчальний предмет	Кількість годин		
		теорія	практика	разом
1.	Вивчення зброї	0	0	0
2.	Стрільба	0	30	30
3.	Бойова підготовка (тактика - наступ)	0	8	8
4.	Закони та нормативні акти	6	0	6
5.	Польове адміністрування	0	0	0
6.	Польові бойові навички	0	90	90
7.	Військова топографія	6	0	6
8.	Орієнтування	0	21	21
9.	Фізична підготовка	0	46	46
10.	Військова психологія	4	0	4
11.	Медицина – Просунуте навчання первинної медичної допомоги	10	14	24
12.	Навчання комунікації	7	10	17
13.	Захист від зброї масового знищення	2	4	6
	Разом	35	223	258

Чисельність курсантів, які залучаються на навчання: мінімум – 24 особи, максимум – 60 осіб. Тривалість курсу - 258 годин (5-6 тижнів, одно навчальне заняття триває 50 хвилин).

Курсанти, які успішно завершили курс, отримують сертифікати про:

успішне завершення базового навчального курсу (видається підрозділом, в якому реалізується навчальна програма);

успішне завершення курсу з надання першої медичної допомоги для військовослужбовців. Сертифікат вказує, що військовослужбовець завершив розширений індивідуальний курс надання першої медичної допомоги, пройшов тест, при виконанні своїх посадових обов'язків, має право використовувати індивідуальну медичну аптечку військовослужбовця. Сертифікат діє протягом п'яти років.

Саперна школа була створена в 2002 році. Школа здійснює підготовку фахівців з нейтралізації боєприпасів відповідно до вимог угоди про стандартизацію в НАТО STANAG 2389. Це означає, що якість підготовки і зміст навчальних програм в саперній школі такі ж, як і в інших країнах-членах НАТО.

Основними завданнями школи є [10]:

- створення ефективної багаторівневої системи підготовки саперів для нейтралізації боєприпасів відповідно до STANAG 2389;

- забезпечення ефективного обміну інформацією і створення загальної бази даних про боєприпаси для підрозділів ЗС Латвії;

- підготовка персоналу з розмінування, який бере участь в міжнародних операціях;

- забезпечення регулярного оновлення, вдосконалення навчальних матеріалів та програм і підвищення кваліфікації військовослужбовців ЗС з питань застосування боєприпасів;

- виконання окремих завдань за замовленням навчального командування.

Військові фахівці з розмінування боєприпасів брали участь в міжнародних місіях з підтримання миру в Косово, Іраку, Афганістані, починаючи з 2002 року. За період з 2003 до 2018 роки школа підготувала понад 400 саперів, у тому числі фахівців з інших країн Балтії та Іраку.

Місією *школи зв'язку* є підготовка військових фахівців зв'язку з урахуванням вимог стандартів НАТО.

Основними завданнями школи є [11]:

- здійснення підготовки військовослужбовців та працівників ЗС за зв'язковими спеціальностями, комп'ютерній техніці, комп'ютерним програмам і криптографії;
- підготовка навчальних матеріалів, необхідних для організації навчального процесу з питань організації зв'язку у військових підрозділах ЗС;
- участь в розробці нових навчальних програм, аналіз результатів навчання і вдосконалення існуючих навчальних програм підготовки;
- навчання військових фахівців новітнім інформаційним, комунікаційним і криптографічним технологіям.

Тривалість навчального курсу 2- 4 тижні. Чисельність курсантів у групі - до 10 осіб.

Школа мовної підготовки здійснює навчання військовослужбовців і працівників ЗС Латвії іноземним мовам для досягнення цілей співробітництва між національними збройними силами та НАТО, подальшого навчання персоналу в іноземних військових навчальних закладах, реалізації проектів між збройними силами країн Балті, подальшої участі військовослужбовців Латвії у місіях з підтримки миру. Основною метою вивчення іноземної мови є набуття всіх чотирьох мовних навичок (розмова, слухання, читання та письмо).

Основними завданнями школи є [12]:

- впровадження навчальних програм вивчення іноземних мов військовослужбовцями і працівниками ЗС Латвії;
- надання можливості отримувати якісні знання та практичні навички з іноземної мови;
- розробка національної програми тестування англійської мови за стандартами НАТО STANAG 6001;
- проведення тестування військовослужбовців і працівників ЗС Латвії з володіння англійською мовою за стандартами НАТО STANAG 6001.

У школі працюють висококваліфіковані викладачі, які пройшли підготовку в мовних центрах США, Великобританії та Канади. Викладачі школи є кураторами курсів підвищення кваліфікації для інструкторів військових частин з вивчення англійської мови. Мовні програми школи ліцензовані адміністрацією професійної освіти і акредитовані міністерством освіти і науки Латвійської республіки.

Висновки. Існуюча система військової освіти Латвії успішно пройшла період трансформації ЗС до вимог НАТО, використовує досвід підготовки військових фахівців у розвинутих країнах-членах альянсу з урахуванням особливостей національної системи освіти. У цілому, система військової освіти, забезпечує підготовку військових фахівців, у першу чергу, рядового та сержантського (старшинського) складу у військових школах.

Підготовка військових фахівців для ЗС Литви враховує забезпечення національної безпеки, виходячи з можливості виникнення регіональних конфліктів, дестабілізації обстановки в ключових районах світу, здійснення терористичних актів тощо.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Militārā dienesta likums.- [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://likumi.lv/doc.php?id=63405>.
2. Apstiprināta ar aizsardzības ministra gada 06.11.2012. pavēli Nr. 185.- [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://www.mod.gov.lv/~media/AM/Ministrija/2018/Person_politika.ashx.
3. Ministru kabineta noteikumi Nr. 264 Rīgā 2010. gada 23. maij. (prot. Nr.27, §11.) Noteikumi par Profesiju klasifikatoru, profesijai atbilstošiem pamatuzdevumiem un kvalifikācijas pamatprasībām.- [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://likumi.lv/ta/id/291004>.
4. Ministru kabineta noteikumi Nr.775 Rīgā 2010. gada 17. augustā (prot. Nr.42, §1) Noteikumi par augstāko virsnieku militārajām dienesta pakāpēm atbilstošajiem amatiem.- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://likumi.lv/ta/id/215318>.

5. Богунов С.О. Організація підготовки офіцерів для збройних сил республіки Латвія/ Богунов С.О., Черних О.Б., Черних Ю.О.– Збірник наукових праць “Військова освіта”. - К.: № 1 (38), НУОУ, 2019, у друці.

6. Mācību vadības pavēlniecība.-[Електронний ресурс].– Режим доступу: http://www.mil.lv/-Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba.aspx.

7. Instruktoru skola.- [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://www.mil.lv/-NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Instruktoru_skola.aspx.

8. Jūras spēku Mācību centrs.- [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Juras_speku_macibu_centrs.aspx.

9. Kājnieku skola. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mil.lv/-NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Kajnieku_skola.aspx.

10. Nesprāgušās munīcijas neitralizēšanas skola.- [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Nespragusas_municijas_neitralizesanas_skola.aspx.

11. Sakaru skola. - [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Sakaru_skola.aspx.

12. Valodu skola.- [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Valodu_skola.aspx.

REFERENCES:

1. Militārā dienesta likums.- [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://likumi.lv/doc.phpid>, (in Latvian).

2. Apstiprināta ar aizsardzības ministra gada 06.11.2012. pavēli Nr. 185.- [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.mod.gov.lv/~media/AM/Ministrija/Struktura_personals/2018/Person_politika.ashx, (in Latvian).

3. Ministru kabineta noteikumi Nr. 264 Rīgā 2010. gada 23. maijā. (prot. Nr.27, §11.) Noteikumi par Profesiju klasifikatoru, profesijai atbilstošiem pamatuzdevumiem un kvalifikācijas pamatprasībām. – [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://likumi.lv/ta/id/291004>, (in Latvian).

4. Ministru kabineta noteikumi Nr.775 Rīgā 2010. gada 17. augustā (prot. Nr.42, §1) Noteikumi par augstāko virsnieku militārajām dienesta pakāpēm atbilstošajiem amatiem. – [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://likumi.lv/ta/id/215318>, (in Latvian).

5. Bogunov S.O. (2018) Organizatsiya pidgotovki ofitseriv dlya zbroynih sil respubliki Latvia /Bogunov S.O., Chernih .O.B.,Chernih Yu.O., – Zbirnik naukovih prats “Viyskova osvita”, – K.: No 2 (37), NUOU, u drutsi, (in Ukrainian).

6. Mācību vadības pavēlniecība.- [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.mil.lv/-Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba.aspx, (in Latvian).

7. Instruktoru skola. [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Instruktoru_skola.aspx, (in Latvian).

8. Jūras spēku Mācību centrs. – [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Juras_speku_macibu_centrs.aspx, (in Latvian).

9. Kājnieku skola. – [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades.aspx, (in Latvian).

10. Nesprāgušās munīcijas neitralizēšanas skola.- [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Nespragusas_municijas_neitralizesanas_skola.aspx, (in Latvian).

11. Sakaru skola. – [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Sakaru_skola.aspx, (in Latvian).

12. Valodu skola. – [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.mil.lv/NBS2/Vienibas/Macibu_vadibas_pavelnieciba/Militaras_macibu_iestades/Valodu_skola.aspx, (in Latvian).

**СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ВОЕННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ
В ВОЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РЕСПУБЛИКИ ЛАТВИЯ**

В статье проанализированный опыт подготовки военных специалистов, в частности рядового, сержантского (старшинского) состава, для вооруженных сил республики Латвия. Приведены основные нормативно-правовые акты, на основании которых организовано обучение военных специалистов. Проведен анализ структуры системы военного образования вооруженных сил республики Латвия. Приведены требования к уровню подготовки военных специалистов. Представлена модель подготовки рядового и сержантского (старшинского) состава. Определены роль и место учебного командования, как органа управления системой военного образования. Приведен перечень курсов подготовки и повышения квалификации для определенных категорий военнослужащих.

Ключевые слова: система военного образования, вооруженные силы республики Латвия, военные специалисты, уровень подготовки, модель подготовки.

Ph.D. Chernykh Ju.A., Chernykh O.B.

**MILITARY SPECIALISTS TRAINING SYSTEM
OF THE MILITARY EDUCATION INSTITUTIONS FOR THE LATVIA ARMED FORCES**

The article focuses on the experience of training of the military specialists, particularly the enlisted personnel and non-commissioned-officers for the composition of the Armed Forces of Latvia. The military education structure of the country was determined based on the analysis of the key objectives, structure and size of the personnel of the Armed Forces of Latvia that took place after the country's accession to NATO.

The source outlines the requirements for the level of military specialists training. Furthermore, the model of the training of the enlisted personnel as well as the non-commissioned and commissioned officers was determined. In addition, the information about the role and significance of the basic military education in the general military specialists training system was provided. The list of training and skills development courses for the particular categories of military servicemen was enclosed.

The creative use of the international experience of military specialists training abroad gains particular relevance in terms of the implementation of NATO standards in the Armed Forces of Ukraine. Analysis of the foreign experience of the organization and reformation of the armed forces in other countries, with the respective systems of military education being an integral part, reveals the specific national aspect of such activities in each country, thus emphasising the inadequacy of blindly copying any military specialists training system. In the meantime, there are some general methodological approaches used in military pedagogic practice across different countries of the world to be practicably considered and applied.

The process of military specialists training for the purposes of the Armed Forces of Latvia is targeted at providing national security with regards to the possibility of the breakout of the regional conflicts, destabilisation of the political situation in the key regions of the world, the commission of terrorist acts, etc.

The existing military education system in Latvia has successfully underwent the period of transformation of the Armed Forces towards meeting NATO standards, building on the experience of military specialists training in the developed member states of the alliance and considering the peculiarities of the national educational system. The educational complex fully provides military specialists training, most importantly the non-commissioned officers and the enlisted personnel.

Key words: Armed Forces of Latvia, military specialists, level of training, training models, experience of training of the military specialists.

ДАНІ ПРО АВТОРІВ

Артемів Володимир Юрійович, доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри, Національна академія Служби безпеки України, <https://orcid.org/0000-0002-5290-4496>.

Банзак Оксана Вікторівна, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри Електроніки та мікросистемної техніки Одеської державної академії технічного регулювання та якості (Одеса, Україна), <https://orcid.org/0000-0002-6649-5013>.

Бобок Іван Ігорович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інформатики та управління захистом інформаційних систем Одеського національного політехнічного університету (Одеса, Україна) <https://orcid.org/0000-0003-4548-0709>.

Варакута Володимир Павлович, кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри тактики Військового інституту танкових військ Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”, <https://orcid.org/0000-0002-5759-8758>.

Гаркавенко Олександр Семенович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, фірма «Гайстескрафт» м. Корнвестхайм, Німеччина.

Глухов Сергій Іванович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри, факультет післядипломної освіти, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <https://orcid.org/0000-0002-4918-3739>.

Гурман Іван Васильович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення. Хмельницького національного університету.

Джулій Володимир Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та комп’ютерних систем і мереж Хмельницького національного університету, <https://orcid.org/0000-0003-1878-4301>.

Добруцький Андрій Іванович, курсант Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка спеціальність Геодезія та землеустрій, спеціалізація Геоінформаційні системи і технології.

Жиров Генадій Борисович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем факультету радіофізики, електроніки та комп’ютерних систем, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, <https://orcid.org/0000-0001-7648-7992>.

Кізюн Богдан Миколайович, магістр кафедри кібербезпеки та комп’ютерних систем і мереж Хмельницького національного університету.

Криленко Іван Михайлович, кандидат історичних наук, доцент кафедри військової підготовки офіцерів запасу Військового інституту танкових військ Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”, <https://orcid.org/0000-0002-5398-3608>.

Кубявка Любов Богданівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри факультету інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <http://orcid.org/0000-0002-5141-9886>.

Кубявка Микола Богданович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <http://orcid.org/0000-0003-1745-7026>.

Левінськова Наталія Володимирівна, старший викладач кафедри геоінформаційних систем і технологій Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <http://orcid.org/0000-0002-2532-2925>.

Лєнков Євген Сергійович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник центра Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, <http://orcid.org/0000-0001-5819-2656>.

Лєнков Сергій Васильович, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, головний науковий співробітник науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <https://orcid.org/0000-0001-7689-239X>.

Литвиненко Наталія Ігорівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <https://orcid.org/0000-0002-2203-2746>.

Лоза Віталій Миколайович, кандидат технічних наук, начальник відділу науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <https://orcid.org/0000-0002-8050-3614>.

Маковей Артем Анатолійович, магістр кафедри кібербезпеки та комп'ютерних систем і мереж Хмельницького національного університету.

Макогон Олена Анатоліївна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри бронетанкового озброєння та військової техніки Військового інституту танкових військ Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", <https://orcid.org/0000-0003-1112-8707>.

Маслов Олег Вікторович, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри Фізики Одеського національного політехнічного університету, <https://orcid.org/0000-0002-0288-0289>.

Мірошніченко Олег Вікторович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного управління науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <http://orcid.org/0000-0002-3969-9758>.

Мокрицький Вадим Анатолійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри Інформаційних технологій проектування в електроніці та телекомунікаціях Одеського національного політехнічного університету, <https://orcid.org/0000-0002-2514-4137>.

Муляр Ігор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та комп'ютерних систем і мереж Хмельницького національного університету Хмельницький, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-6659-605X>.

Нікіфоров Микола Миколайович, кандидат військових наук, старший науковий співробітник науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <https://orcid.org/0000-0002-2849-5688>.

Савков Павло Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри геоінформаційних систем і технологій Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <http://orcid.org/0000-0002-0197-0610>.

Селюков Олександр Васильович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора ТОВ «Укрспецконсалтинг», <https://orcid.org/0000-0001-7979-3434>.

Соколіна Ольга Віталіївна, кандидат філософських наук, старший науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <https://orcid.org/0000-0003-0566-8467>.

Солодовник В'ячеслав Ігорович, ад'юнкт, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут.

Толок Ігор Вікторович, кандидат педагогічних наук, доцент, Заслужений працівник освіти України, Начальник Військового інституту, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, <http://orcid.org/0000-0001-6309-9608>.

Федченко Олексій Петрович, кандидат військових наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Черних Ольга Борисівна, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу військової освіти і науки центру воєнно-стратегічних досліджень, Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, <https://orcid.org/0000-0001-9865-5598>.

Черних Юрій Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, Заслужений працівник освіти, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, <https://orcid.org/0000-0002-0780-6627>.

Алфавітний показчик

Артемов В.Ю.	115	Кубявка Л.Б.	123	Мокріський В.О.	5,66
Банзак О.В.	66	Кубявка М.Б.	123	Муляр І.В.	96
Бобок І.І.	73	Левінськова Н.В.	108	Нікіфоров М.М.	27
Варакута В.П.	130	Лєнков Є.С.	54	Савков П.А.	108
Гаркавенко А.С.	5	Лєнков С.В.	54	Сєлюков О.В.	96
Глухов С.І.	12	Литвиненко Н.І.	47,115	Соколіна О.В.	130
Гурман І.В.	85	Лоза В.М.	123	Солодовник В.І.	37
Джулій В.М.	85,96	Маковей А.А.	85	Толок І.В.	54
Добруцький А.І.	108	Макогон О.А.	130	Федченко О.П.	47
Жиров Г.Б.	19	Маслов О.В.	66	Черних О.Б.	138
Кізюн Б.М.	96	Мірошніченко О.В.	85	Черних Ю.О.	138
Криленко І.М.	130				

УВАГА!

Редакційна колегія «Збірника ВІКНУ» здійснює незалежне («сліпе») експертне рецензування наданих до друку рукописів та перевірку їх на плагіат. Рецензування здійснюється за анонімною формою як для авторів, так і для рецензентів.

УВАГА! ЗМІНИЛИСЯ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ!

(Статті, що не відповідають вимогам, прийматися до розгляду не будуть!)

ПОРЯДОК ПОДАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ ДО "ЗБІРНИКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА"

До друку приймаються оригінальні рукописи, які не опубліковано раніше, не було відправлено до інших редакцій та які повністю відповідають вимогам щодо оформлення та порядку подання статей.

Загальні вимоги до технічного оформлення статей:

Обсяг рукопису – не менше 4 повних аркушів українською, англійською або російською мовами.

Формат аркуша - **A4 (210 x 297 мм)**.

Розмір полів: верхнє, нижнє, праве, ліве – **2 см**.

Основний шрифт – **Times New Roman №12**, через міжрядковий інтервал - **1,0**. Абзац має становити **10 мм**.

Стаття повинна мати такі необхідні елементи:

УДК;

назва статті, яка лаконічно відображає зміст та новизну статті;

анотація;

вступ та постановка задачі чи проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;

аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано **розв'язання даної проблеми** і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, формулювання цілей статті;

виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів, практичних рішень та експериментів;

висновки з даного дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному напрямку.

список літератури,

References,

дані про авторів трьома мовами.

Анотація до статті виконується українською, англійською та російською мовами (загальний обсяг кожної не менш ніж **1800** знаків, включаючи ключові слова).

Вона повинна містити коротке повторення структури статті, що включає вступ, цілі і завдання, методи, результати, висновки.

Анотацію друкують курсивом, шрифт Times New Roman, №11. Після анотації розміщуються **ключові слова** (3-5 термінів).

Список літератури (References) повинен включати не менш 12 джерел, з яких 50% видані за останні 10 років. При цьому не менш 25 % джерел повинно відноситися до іноземної періодики. Самоцитування авторів у списку літератури не повинно бути, як правило, більш за 15 %.

Якщо основною мовою статті є українська або російська, то оформлюються два списки літератури:

перший (список літератури на мові оригіналу джерела) – згідно наказу МОН № 40 від 12.01.2017 та відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання»;

другий (REFERENCES) з урахуванням ДСТУ 8302:2015, наказу МОН № 40 від 12.01.2017 та міжнародного Гарвардського стилю BSI (British Standards Institution).

На адресу редколегії (03680. м. Київ, вул Ломоносова 81, тел.: +38 (044) 521 - 33 - 82) мають бути надіслані наступні матеріали:

експертний висновок, завірений печаткою, про можливість відкритого публікування.

У відомостях про авторів (українською, англійською, російською та мовами) наводиться:

- прізвище, ім'я та по батькові;
- науковий ступінь, вчене звання, посада;
- назва установи, де працює автор, її місце розташування (місто, країна);
- обліковий запис автора ORCID (повинен відображати назву установи, де працює автор, та його наукові публікації);
- адреса електронної пошти.

Вимоги до оформлення References

References потрібно приводити окремим блоком, повторюючи послідовність попередньо наведеного Списку літератури. Джерела при цьому оформлюються за такими основними правилами (Harvard style оформлення BSI: British Standards Institution):

– запис завжди починається з прізвища автора, потім, через кому, ініціали (між ініціалами пропуски не ставляться), за якими в дужках вказується дата видання; два автори відокремлюються «and» без коми; кілька авторів розділяються комами, але останнє прізвище повинно бути відокремлено «and» без коми;

- витяги з публікацій, тобто назви статей журналів, глав в книгах наводять у "лапках";
- назва журналу або книги завжди виділяється курсивом;
- ім'я видавця вказується перед місцем видання;
- коми використовують для поділу елементів запису;
- для джерел українською або російською мовою, що наводяться у References, назви статей журналів, глав в книгах наводять латиницею (транслітерацією) у "лапках" та перекладом на англійську мову у квадратних дужках. Онлайн-конвертер з української мови для транслітерації: <http://translit.kh.ua/?passport>.

Приклади оформлення References за стилем Harvard British Standards Institution

Книга (ДСТУ 8302:2015)

Інформаційно-психологічна боротьба у воєнній сфері : монографія / Г.В. Певцов, А.М. Гордієнко, С.В. Залкін, С.О. Сідченко, А.О. Феклістов, К.І. Хударковський. Х.: Вид. Рожко С. Г., 2017. 276 с.

Книга (Harvard style BSI)

Pievtsov, H.V., Hordiienko, A.M., Zalkin, S.V., Sidchenko, S.O., Feklistov, A.O. and Khudarkovskyi, K.I. (2017), "Informatsiino-psykholohichna borotba u voiennii sferi: monohrafiia" [The information and psychological struggle in the military sphere], Rozhko S.H., Kharkiv, 276 p.

Стаття із періодичного видання (ДСТУ 8302:2015)

Карпенко, Д.В. Стан та перспективи розвитку зенітного ракетного озброєння Повітряних Сил Збройних Сил України / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2017. № 2(27). С. 75-78.

Стаття із періодичного видання (Harvard style BSI)

Karpenko, D.V. (2017), "Stan ta perspektyvy rozvytku zenitnoho raketnoho ozbroiennia Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy" [The state and perspectives of the development of anti-aircraft missile armaments in the Air Force of Ukraine], Science and Technology of the Air Force of Ukraine, No. 2(27), pp. 75-78.

Дисертація (ДСТУ 8302:2015)

Белозеров, И.В. Религиозная политика: дис. ... канд. ист. наук: 07.00.02; защищена 22.01.02; утв. 15.07.02 / Белозеров Иван Валентинович. К., 2002. 215 с.

Дисертація (Harvard style BSI)

Belozеров, I.V. (2002), "Relyhyoznaia polityka: dissertation" [The religious policy: dissertation], Kiev, 215 p.

Джерела електронного ресурсу віддаленого доступу (ДСТУ 8302:2015)

Романов В. К вопросу о путях достижения национальной безопасности в условиях глобализации: проблемы теории и практики в контексте внешней политики России и Польши [Електронний ресурс] Безопасность и оборона, 2016. № 1(2), С. 7-15. Режим доступу до журн.: http://www.desecuritate.uph.edu.pl/images/De_Securitate_12_2016.pdf.

Джерела електронного ресурсу віддаленого доступу (Harvard style BSI)

Romanov, V. (2016), "K voprosu o putyakh dostizheniya natsionalnoy bezopasnosti v usloviyakh globalizatsii: problemy teorii i praktiki v kontekste vneshney politiki Rossii i Polshi" [To the question about the ways to achieve national security in the context of globalization: the problems of theory and practice in the context of the foreign policy of Russia and Poland], Security and Defence Journal, No. 1(2), pp. 7-15, www.desecuritate.uph.edu.pl/images/De_Securitate_12_2016.pdf (accessed 12 July 2017). (примітка: при наведенні URL "http: //" має бути виключено).

Більш детальну інформацію щодо оформлення бібліографічних посилань за стилем Harvard British Standards Institution можна знайти на сайті *Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського* та онлайн генератора посилань *Cite This For Me*.

Редакційна колегія: e-mail: lenkov_s@ukr.net

Шрифт

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У «ЗБІРНИК ВІКНУ»

УДК

науковий ступінь, вчене звання
ініціали та прізвище автора (співавторів)
Місце роботи автора (співавторів)

12 пт

УДК 32.973.202:07.681

д.т.н., проф. Степанов С.В. (ВІКНУ)
к.т.н., с.н.с. Українець О.В. (ВІКНУ)
к.т.н. Саленко В.Д. (ВІКНУ)

12 пт
жирний

КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ПРИСТРОЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЖЕСТІВ

Анотація до статті виконується українською, англійською та російською мовами (загальний обсяг кожної не менш ніж **1800** знаків, включаючи ключові слова).

11 пт
курсив,
жирний

Для керування електронними пристроями, для сучасного користувача важливими критеріями є такі, як: зручність та простота керування. Для того щоб надати користувачу такі можливості та зручності в використанні, є досить доцільною розробка системи, яка б надавала такі можливості. Керування системою, яка працює на основі жестів, є надзвичайно перспективним, та може суттєво полегшити користувачу роботу з нею, тому що, жести які потрібні для керування системою, можуть бути інтуїтивно зрозумілими користувачу, порівняно з іншими системами які працюють за допомогою комбінацій клавіш.

Для вирішення задач керування за допомогою жестів, пропонується програмно-апаратний комплекс, який побудований на основі різних модулів, кожен з яких в свою чергу виконує відповідну роль в системі, наприклад знаходить точку інтересу з множини чи вираховує глибину сцени. Також в системі є ядро, яке відповідає за аналіз модифікаторів та жестів. На основі даних модулів стає можливо створити систему, яка б працювала на основі жестів. Але для створення даної системи, потрібно вирішити певні задачі, такі як: сегментація, скелетизація, спостереження. Кожна з яких містить в собі відповідні математичні моделі та визначення. Запропонований програмно-апаратний комплекс для керування природними жестами. Суть програмно-апаратного комплексу полягає в тому, щоб забезпечити користувача таким інтерфейсом, щоб він виконував роботу знаходячись частково віддалено від робочого місця, чи маніпулював інструментами на відстані, тобто за допомогою жестів. Використання запропонованого програмно-апаратного комплексу дозволить покращити показники стерильності в операційних, підвищити технічну безпеку під час виконання безпосередньої роботи користувача з приладами.

Ключові слова: штучний інтелект, контролери, модулі, жести, глибина сцени, точка інтересу, аналіз модифікаторів, аналіз жестів, сегментація, скелетизація, спостереження.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ СТАТТІ

12 пт

НЕОБХІДНІ ЕЛЕМЕНТИ СТАТТІ: вступ та постановка проблеми (задачі) у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття, формулювання цілей статті (постановка завдання), виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; їх практичного значення та

Таблиці	результатів експерименту чи впровадження; висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Література. References.
Рисунки	УВАГА! Таблиці і рисунки друкують після посилань. Якщо у статті кілька таблиць чи рисунків - їх нумерують. Заголовки таблиць і рисунків необхідно розміщувати по центру, а нумерацію таблиць праворуч від таблиці (стиль normal , шрифт – Times New Roman № 12). Рисунки повинні бути виконані за допомогою редактора Word , згруповані і являти собою один графічний об'єкт. Формули та позначення по тексту обов'язково набирати за допомогою Equation Editor - редактора формул Word , а не у текстовому режимі. У редакторі формул мають бути встановлені такі параметри - розміри: загальний – 12 pt . великі індекси – 10 pt , малі індекси – 7 pt , великі символи – 14 pt . малі символи – 10 pt : стиль: текст, функції, змінні, матриці-вектори, числа – шрифт Times New Roman , для решти стилів – шрифт Symbol , при цьому: строк. грецькі – прямі. Великі за розміром вирази та рівняння необхідно записувати у кілька рядків.

ЛІТЕРАТУРА

Перший (список літератури на мові оригіналу джерела) – згідно наказу МОН № 40 від 12.01.2017 та відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання»;

другий (REFERENCES) з урахуванням ДСТУ 8302:2015, наказу МОН № 40 від 12.01.2017 та міжнародного Гарвардського стилю BSI (British Standards Institution).

11 пт	ЛІТЕРАТУРА:	ЗРАЗОК
	1. Ленков С.В., Толок І.В., Цицарев В.М., Ленков Є.С. Моделювання процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання технічних об'єктів. <i>Системи озброєння і військова техніка</i> . Харків. 2018. Вип. 1(53). С. 155 – 162.	
	2. Жиров Г.Б., Ленков Є.С., Цицарев В.М., Проценко Я.М. Моделювання процесу відмов об'єктів, що відновлюються з ієрархічною конструктивною структурою. <i>Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка</i> . Київ. 2017. Вип. 55. С. 30-39.	

11 пт	REFERENCES:	ЗРАЗОК
	1. Ljenkov, S.V., Tolok, I.V., Tsytsarev, V.N. and Ljenkov, Ye.S. (2018), "Modeliuvannia protsesiv vytrachannia ta popovnennia resursu uhrupuvannia tekhnichnykh obiektiv" [Modeling of processes of expenditure and resource replenishment grouping of technical objects], <i>Systems of Arms and Military Equipment</i> , No. 1(53), pp. 155-162.	
	2. Zhyrov, G.B., Ljenkov, Je.S., Cycarjev, V.M. and Procenko, Ja.M. (2017), "Modeljuvannja procesu vidmov ob'ektiv, shho vidnovljujut'sja z ijerarhichnoju konstruktyvnoju strukturoju" [Simulation of the process of failure of objects that are restored with a hierarchical constructive structure], <i>Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka</i> , No. 55, pp. 30-39.	

11 пт	Російською мовою	ЗРАЗОК
курсів, журний	д.т.н., проф. Степанов С.В., к.т.н., с.н.с. Українець О.В., к.т.н. Саленко В.Д. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ С ПОМОЩЬЮ ЖЕСТОВ	

Для управления электронными устройствами, для современного пользователя важными критериями являются такие, как: удобство и простота управления. Для того чтобы предоставить пользователю такие возможности и удобства в использовании, достаточно целесообразной разработка системы, которая бы предоставляла такие возможности. Управление системой, которая работает на основе жестов, чрезвычайно перспективным и может существенно облегчить

пользователю работу с ней, потому что, жесты, которые нужны для управления системой, могут быть интуитивно понятными пользователю, по сравнению с другими системами работающих с помощью комбинаций клавиш.

Для решения задач управления с помощью жестов, предлагается программно-аппаратный комплекс, который построен на основе различных модулей, каждый из которых в свою очередь выполняет соответствующую роль в системе, например, находит точку интереса из множества или высчитывает глубину сцены. Также в системе есть ядро, которое отвечает за анализ модификаторов и жестов. На основе данных модулей становится возможно создать систему, которая бы работала на основе жестов. Но для создания данной системы, нужно решить определенные задачи, такие как: сегментация, скелетизации, наблюдения. Каждая из которых содержит в себе соответствующие математические модели и определения. Предложенный программно-аппаратный комплекс для управления природными жестами. Суть программно-аппаратного комплекса заключается в том, чтобы обеспечить пользователя таким интерфейсом, чтобы он выполнял работу находясь частично удалено от рабочего места, или манипулировал инструментами на расстоянии, то есть с помощью жестов. Использование предлагаемого программно-аппаратного комплекса позволит улучшить показатели стерильности в операционных, повысить техническую безопасность при выполнении непосредственной работы пользователя с приборами.

Ключевые слова: искусственный интеллект, контроллеры, модули, жесты, глубина сцены, точка интереса, анализ модификаторов, анализ жестов, сегментация, скелетизации, наблюдения.

Prof. Stepanov S.V., Ph.D. Ukrainets O.V., Ph.D. Salenko V.D.
CONTROL ELECTRONIC DEVICES USING GESTURES

11 пп
курсив,
жирный

For management of electronic devices, for today's user important criteria are: convenience and ease of management. In order to provide the user with such opportunities and usability to use, it is quite reasonable to develop a system that would provide such opportunities. Managing a gesture-based system is extremely promising, but can greatly facilitate the user to work with it, because the gestures that are needed to manage the system can be intuitive to the user, compared to other systems that operate using keyboard shortcuts. To solve the problems of managing using gestures, a software-hardware complex is proposed that is based on different modules, each of which in turn plays an appropriate role in the system, for example, finds a point of interest from a plurality or calculates the depth of a scene. Also, the system has a kernel that is responsible for analyzing modifiers and gestures. Based on the data of the modules it becomes possible to create a system that would work on the basis of gestures. But for the creation of this system, it is necessary to solve certain problems, such as: segmentation, skeletalization, observation. Each of them contains the corresponding mathematical models and definitions. Proposed hardware and software complex for management of natural gestures. The essence of the software and hardware complex is to provide the user with such an interface that he was performing work while being partially remote from the workplace, or manipulating tools at a distance, that is, using gestures. The use of the proposed software-hardware complex will improve the sterility parameters in the operating system, increase the technical safety during the direct work of the user with the devices.

Keywords: artificial intelligence, controllers, modules, gestures, depth of the scene, point of interest, analysis of modifiers, gesture analysis, segmentation, skeletonization, observation.

Дані про авторів (прізвище, ім'я по батькові, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи) наводяться трьома мовами: українською, російською, англійською), ORCID (<https://orcid.org>)

ЗРАЗОК

11 пп

Степанов Сергій Вікторович, доктор технічних наук, професор, головний

науковий співробітник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID – 0000-1202-6512-1234

Українець Олексій Васильович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID – 0000-1204-6512-1235

Саленко Володимир Дмитрович, кандидат технічних наук, науковий співробітник Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID – 0000-1201-6512-1236

Степанов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Военного института Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

Украинец Алексей Васильевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Военного института Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

Саленко Владимир Дмитриевич, кандидат технических наук, научный сотрудник Военного института Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

Stepanov Sergij, doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher of the Military Institute of Kiev National Taras Shevchenko University (Kiev, Ukraine)

Ukrainets Oleksij, candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of the Military Institute of Kyiv National Taras Shevchenko University (Kiev, Ukraine)

Salenko Volodymyr, candidate of engineering sciences, Researcher of the Military Institute of Kiev National Taras Shevchenko University (Kiev, Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА ПОЛІТИКА ТА ЕТИЧНІ НОРМИ

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ТА ДОСТУП ДО ЗМІСТУ «ЗБІРНИКА ВІКНУ»

Редакційна політика «Збірника ВІКНУ» заснована на принципах об'єктивності та неупередженості при відборі статей для публікації; високих вимог до якості наукових досліджень; обов'язковості та конфіденційності рецензування статей; додержання колегіальності при відборі до публікації статей; доступності та оперативності у спілкуванні з авторами; суворого дотримання авторських і суміжних прав. Запобігання протизаконним публікаціям є відповідальністю кожного автора, редактора, рецензента, видавця.

До друку приймаються оригінальні рукописи, які не опубліковано раніше, не було відправлено до інших редакцій та які повністю відповідають вимогам щодо оформлення та порядку подання статей.

У «Збірнику ВІКНУ» сформовані наступні рубрики: техніка, інформаційні технології, педагогіка та гуманітарні проблеми збройних сил, системні питання в науці та освіті, воєнна безпека.

Редакція підтримує політику відкритого доступу та принципи вільного поширення наукової інформації. Примірники збірників знаходяться у Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського, науковій бібліотеці ім. М. Максимовича, у бібліотеці Військового інституту та інших бібліотеках України. Електронна версія розміщена на сайті інституту, на сайтах наведених бібліотек та на сайті «Збірника ВІКНУ»: <http://miljournals.knu.ua/index.php/zbirnuk>

ЕТИКА ПУБЛІКАЦІЙ

Редакційна колегія журналу вимагає від авторів наслідувати формальним та етичним правилам підготовки і публікації наукових робіт, що вони подають до редакції журналу. Ці норми зумовлено стандартами якості наукових статей, прийнятими у світовому науковому співтоваристві, зокрема публікаційними принципами Publishing Ethics Resource Kit (PERK), рекомендаціями Elsevier, Комітету з етики публікацій (Committee on Publication Ethics, COPE), етичним кодексом вченого України, а також досвідом роботи іноземних та українських професіональних спільнот, наукових організацій, редколегій та редакцій видань.

ЕТИЧНІ ЗОБОВ'ЯЗАННЯ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ ЖУРНАЛУ

Редакційна колегія у своїй діяльності:

- керується принципами неупередженості, наукової етики рецензування, захисту – інтелектуальної власності,
- несе відповідальність за рівень наукового наповнення журналу,
- виступає проти фальсифікації, плагиату, направлення автором одного рукопису до кількох журналів, багаторазового копіювання тексту статті в різних місцях, введення громадськості в оману щодо реального внеску кожного автора в опубліковану наукову роботу;
- залишає за собою право направити рукопис на розгляд сторонньому рецензенту, у тому числі ретельний відбір через «сліпе» рецензування, відхилити статтю або повернути її на доопрацювання;
- може відхилити рукопис, якщо вважає, що він не відповідає профілю журналу, чи не відповідає етиці та правилам оформлення,
- має право вилучити вже опубліковану статтю в разі виявлення порушення будь-яких прав або загальноприйнятих норм наукової етики, про даний факт вилучення статті редакція повідомляє як автору статті, так і організації, де було виконано дослідження та повідомляє про це у наступному номері.

Співробітники редакції не надають іншим особам інформації, пов'язаної із змістом рукописів, що перебувають на розгляді, крім осіб, які беруть участь у її фаховій оцінці

Згідно з міжнародним законодавством щодо додержання авторського права на електронні інформаційні ресурси, матеріали сайту, електронного журналу або проекту не можуть бути відтворені повністю або частково в будь-якій формі (електронній чи друкованій) без попередньої письмової згоди редакції журналу. При використанні опублікованих матеріалів у контексті інших документів обов'язково необхідними є посилання на першоджерело.

ЕТИЧНІ ЗОБОВ'ЯЗАННЯ АВТОРА

Автор:

- несе відповідальність за новизну і достовірність наведених у статтях результатів, тактико-технічних та економічних показників, коректність висловлювань а також за те, що в матеріалах не міститься інформація з обмеженим доступом;

- повинен цитувати ті публікації, які мали визначальний вплив на суть викладеного у статті, а також ті, які можуть швидко ознайомити читача з більш ранніми працями, важливими для розуміння цього дослідження, необхідно також належним чином вказувати джерела принципово важливих матеріалів, використаних у даній роботі, якщо вони не були отримані самим автором;

- забезпечує недопустимість плагіату та подання до публікації раніше надрукованих матеріалів, у випадку виявлення зазначених фактів відповідальність несе автор поданих матеріалів.

Співавторами статті мають бути всі особи, що зробили вагомий науковий внесок у подану роботу і поділяють відповідальність за отримані результати. Автор, який подає рукопис до публікації, відповідає за те, щоб до списку співавторів були включені тільки ті особи, які відповідають критерію авторства, і бере на себе відповідальність за згоду інших авторів статті на її публікацію в журналі.

Наукове видання



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Військового інституту

**Київського національного університету
імені Тараса Шевченка**

№ 63

Усі матеріали надруковані в авторській редакції.
Деякі статті не рецензуються, у зв'язку з пріоритетною кваліфікацією
авторів або через сумніви редколегії у змісті.

Підписано до друку 26.04.19 р.
Авт. друк. Арк. 18. Формат 60х90/8
Безкоштовно. Замовлення № 10-2012

Надруковано у навчальному картографічному комплексі ВІКНУ

03189, Київ, вул. Ломоносова 81

т. 521-32-89