

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ**  
**ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ**  
**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
**ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ**  
**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Виходить 4 рази на рік**

**Випуск № 15**

**КИЇВ – 2008**

УДК621.43

ББК 32-26.8-68.49

**Збірник наукових праць** Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2008. – Вип. № 15. – 268 с.

У збірнику опубліковано статті вчених, науково-педагогічних працівників, ад'юнктів і здобувачів інституту, в яких розглядаються актуальні проблеми військово-технічного та військово-гуманітарного розвитку Збройних Сил України.

**Голова редакційної колегії:**

**Ленков С.В.** доктор технічних наук, професор;

**Члени редакційної колегії:**

**Барабаш Ю.Л.** доктор технічних наук, професор;

**Бортник С.Ю.** доктор географічних наук, професор;

**Герасимов Б.М.** доктор технічних наук, професор;

**Жердєв М.К.** доктор технічних наук, професор;

**Замаруєва І.В.** доктор технічних наук, професор;

**Зубарєв В.В.** доктор технічних наук, професор;

**Креденцер Б.П.** доктор технічних наук, професор;

**Лісова С.В.** доктор педагогічних наук, професор;

**Любіцева О.О.** доктор географічних наук, професор;

**Маслов В.С.** доктор педагогічних наук, професор;

**Марушкевич А.А.** доктор педагогічних наук, професор;

**Матвієнко О.В.** доктор педагогічних наук, професор;

**Науменко М.І.** доктор технічних наук, професор;

**Нещадим М.І.** доктор педагогічних наук, професор;

**Ободовський О.Г.** доктор географічних наук, професор;

**Пономаренко Л.А.** доктор технічних наук, професор;

**Плахотнік О.В.** доктор педагогічних наук, професор;

**Сніжко С.І.** доктор географічних наук, професор;

**Сторубльов О.І.** кандидат технічних наук, доцент;

**Толубко В.Б.** доктор технічних наук, професор;

**Шевченко В.О.** доктор географічних наук, професор;

**Шищенко П.Г.** доктор географічних наук, професор;

**Ягунов В.В.** доктор педагогічних наук, професор.

*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 постанови ВАК України від 18.01.07 р. № 1-05/1 «Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка» внесено до переліку наукових фахових видань із технічних та географічних наук, а також відповідно до постанови ВАК України від 14.06.07 р. № 1-05/6 – із педагогічних наук.

Затверджено на засіданні вченої ради ВІКНУ від 23.10.2008 р., протокол № 2.

Технічна редакція:

Ряба Л.О., Солодєєва Л.В.

Жучкова О.Ф.

Відповідальність за новизну і достовірність наведених результатів, тактико-технічних та економічних показників несуть автори.

Адреса редакції: м. Київ, вул. Глушкова, 2, корп. 8, тел. +38 (044) 521 – 33 – 82  
Наклад 300 прим. 259 – 04 – 88

Ел. адреса: [www.mil.univ.kiev.ua](http://www.mil.univ.kiev.ua)

## ТЕХНІКА

<b>Авдєєнко Г.Л.</b> Аналіз впливу активних перешкод на радіоканали транспортного засобу в системах диспетчеризації.....	5
<b>Бондаренко Б.Ф., Долгушин В.П., Мірошніченко О.В.</b> Порівняльна оцінка потенційних можливостей придушення шумових перешкод в РЛС з ЦІАР при зважуванні вихідних сигналів приймальних каналів і при оптимальній просторовій обробці сигналів.....	14
<b>Боряк К.Ф.</b> Методика определения оптимальных параметров систем технического обслуживания сложного восстанавливаемого объекта РЭТ.....	19
<b>Василенко О.В., Ковтуненко О.П.</b> Вплив тенденцій моральної і технічної деградації систем озброєння на формування й корегування вимог до їхніх технічних показників.....	29
<b>Волох О.П.</b> Методика побудови суміщеного плану-графіка обслуговування озброєння та військової техніки частини під час планування експлуатації.....	40
<b>Гайша А.А., Гайша Е.А., Ленков Е.С., Рябая Л.А.</b> Использование гравитационного поля для передачи информации.....	44
<b>Заболотный А.В., Кошевой Н.Д., Саттаров А.Н.</b> Поиск эффективного способа измерения влажности сыпучих материалов.....	50
<b>Ільїнов М.Д., Мацаєнко А.М., Гапюк В.М.</b> Електричні характеристики кільцевих антенних решіток на основі низькопрофільних випромінювачів над циліндричною поверхнею.....	58
<b>Кучеров Д.П.</b> Проблемні питання побудови систем термінального управління озброєння та військової техніки.....	64
<b>Лантвойт О.Б., Осипа В.А., Пустовєтов В.М.</b> Формалізоване подання задачі оптимізації системи технічного обслуговування за станом автомобільних транспортних засобів в органах охорони державного кордону.....	71
<b>Перегудов Д.О.</b> Методика обґрунтування перспективних напрямів розробки виробів озброєння і військової техніки.....	77
<b>Прєснаков В.Ф.</b> Методика визначення ефективності відновлення автомобільних транспортних засобів частин і з'єднань Збройних Сил України.....	81
<b>Рудаков В.І.</b> Компенсація тропосферної рефракції в багатопозиційній системі визначення координат повітряних цілей.....	87
<b>Чепков І.Б., Сендецкий М.М.</b> Методика визначення показника мобільності технічних засобів для складання та укладання залізничної колії.....	95
<b>Шинкарук О.М., Лисий М.І., Сєлюков О.В., Коротков В.Ю.</b> Метод синтезу структури підсистеми сейсмолокаційного визначення місцеположення фізичних об'єктів.....	100

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВІЙСЬКОВА БЕЗПЕКА

<b>Антоненко О.В., Комарова Л.О., Салімов Р.М., Сєлюков О.В.</b> Програмні засоби обліку помилок фотометричних даних при цифровому обробленні зображень.....	107
<b>Артюх А.И.</b> Адаптивное декодирование турбокодов в однонаправленных системах передачи данных с прямой коррекцией ошибок.....	114
<b>Берназ А.М.</b> Підхід до формалізації задачі вибору варіантів будівництва воєнно-морських споруд в важкодоступних районах.....	125
<b>Вагапов В.Б.</b> НАТО як можлива парасолька безпеки для України.....	127
<b>Герасимов Б.М., Самойлов І.В.</b> Моделювання об'єктів діагностики нечіткими базами знань.....	136
<b>Головкіна Л.В., Галкін П.В., Берназ Н.М., Жиров Б.Г.</b> Багатокритеріальний вибір проектного рішення для системи «інтелектуального» приміщення спеціального призначення.....	141

<b>Жердєв М.К., Вишнівський В.В., Жиров Г.Б., Семеха С.М.</b> Визначення матриці переходу аналітичним шляхом.....	<b>150</b>
<b>Кравчук С.О., Міночкін Д.А., Чумак В.К.</b> Напрямки вдосконалення технології МІМО.....	<b>153</b>
<b>Кулик А.Я.</b> Математична модель каналу зв'язку.....	<b>160</b>
<b>Лєнков С.В., Жердєв М.К., Пампуха І.В., Кравченко А.А., Настич Ю.Б.</b> Моделювання універсальної системи технічного захисту інформації в автоматизованих системах управління військового призначення.....	<b>168</b>
<b>Лівенцев С.П., Овчаров О.О.</b> Метод структурного синтезу моделей програмованих радіозасобів телекомунікаційних систем.....	<b>174</b>
<b>Пампуха І.В., Корчак О.В., Сливінський О.О., Каменчук Ю.В., Вергуненко Д.В.</b> Економічна оцінка вартості спеціального програмного забезпечення.....	<b>179</b>
<b>Петрик В.М., Дзюба М.Т.</b> Щодо захисту національної безпеки від деструктивного впливу неокультурів.....	<b>183</b>
<b>Плахотнік О.В.</b> Екологічні наслідки військової діяльності.....	<b>189</b>
<b>Самохвалов Ю.Я., Штаненко С.С.</b> Формування діалогу в інформаційних системах.....	<b>194</b>
<b>Ткаченко В.А., Перегудов Д.О., Солодєєва Л.В.</b> Один з можливих варіантів вирішення проблеми забезпечення боєприпасами.....	<b>201</b>
<b>Толюпа С.В., Павлов В.П., Бондарчук С.В., Михайленко В.П., Дмитрієв В.Є.</b> Функціональні моделі засобів управління елементами телекомунікаційних мереж...	<b>205</b>
<b>ЕКОНОМІКА</b>	
<b>Ващенко І.В., Семеніхін І.М.</b> Керівництво фінансово-економічною службою Української армії.....	<b>214</b>
<b>Каленик М.М., Кривцун В.І., Шваб В.І., Ментус І.Е., Пашков С.О.</b> Методика воєнно-економічної оцінки рекомендацій щодо прийняття на озброєння нових протитанкових інженерних боєприпасів.....	<b>218</b>
<b>Кириленко І.В.</b> Ефективність відтворення трудового потенціалу Збройних Сил України.....	<b>221</b>
<b>ПЕДАГОГІКА</b>	
<b>Балабін В.В., Безносюк О.О.</b> Кредитно-модульна технологія навчання як ефективний засіб підготовки військових фахівців.....	<b>225</b>
<b>Златніков В.Г.</b> Етапи навчання іншомовному аудіюванню курсантів (студентів) ВВНЗ.....	<b>232</b>
<b>Литвиновський Є.Ю., Литвиновська І.А., Савков П.А.</b> Інформатизація вищої військової освіти: проблеми та напрями їх вирішення.....	<b>236</b>
<b>Маслов В.С., Панченко В.Ф.</b> Обґрунтування критеріїв оцінки методичної підготовленості з навчальної дисципліни „Фізичне виховання, спеціальна фізична підготовка і спорт” курсантів вищих військових навчальних закладів.....	<b>240</b>
<b>Прохоров О.А.</b> Історико-педагогічні особливості становлення і організація педагогічного менеджменту.....	<b>250</b>
<b>Райко В.В.</b> Обґрунтування сутності та змісту категорії «правова культура офіцера-прикордонника».....	<b>257</b>
<b>Туракулов О.Х.</b> Функціонально-структурні організації освітньої інформаційно-управляючої системи.....	<b>262</b>

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ АКТИВНИХ ПЕРЕШКОД НА РАДІОКАНАЛИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В СИСТЕМАХ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ

*Проаналізовано основні причини низької перешкодозахищеності навігаційної апаратури користувачів систем супутникової радіонавігації GPS та абонентських терміналів систем мобільного зв'язку стандарту GSM, що встановлюються на транспортному засобі, який контролюється за допомогою систем диспетчеризації транспортних засобів в умовах впливу активних перешкод.*

*Проанализированы основные причины низкой помехозащищенности навигационной аппаратуры потребителей систем спутниковой радионавигации GPS и абонентских терминалов систем мобильной связи стандарта GSM, устанавливаемого на транспортном средстве, которое контролируется с помощью систем диспетчеризации транспортных средств в условиях влияния активных помех.*

*Principal causes of low noise immunity of navigating equipment of consumers of systems of satellite radio navigation GPS and user's terminals of systems of a mobile communication of standard GSM established on a vehicle which is supervised by means of systems of scheduling of vehicles in the conditions of influence of active hindrances are analysed.*

**Постановка задачі і аналіз відомих публікацій.** Однією з головних особливостей сучасних систем диспетчеризації наземних транспортних засобів (СДНТЗ) є спільне використання на борту транспортного засобу (ТЗ) двох радіоканалів: один для навігаційної апаратури споживачів (НАК) супутникових радіонавігаційних систем (СРНС), а другий – для абонентських терміналів (АТ) систем мобільного зв'язку (СМЗ) [1]. В той же час, за останні роки на ринку телекомунікаційних послуг зафіксована значна кількість комерційних фірм, що займаються розробкою і постачанням на цей ринок радіоелектронних засобів (РЕЗ) закриття каналів знімання інформації з відносно простою технологічною конструкцією і невисокою вартістю [2]. Проте, як показує практика повсякденного життя, ці РЕЗ стали широко застосовуватися як джерела навмисних перешкод (ДП) НАК СРНС і АТ СМЗ ТС з метою як протиправних дій, так і в рамках радіоелектронної боротьби, причому в більшості випадків досить ефективно [3]. Це свідчить про актуальність задачі підвищення перешкодозахищеності НАК СРНС та АТ СМЗ ТЗ, якій присвячена дана стаття, оскільки в переважній більшості існуючих на сьогоднішній день СДНТЗ засоби захисту від ДП в НАК СРНС і АТ СМЗ або взагалі не використовуються, або вони не ефективні.

**Мета роботи.** Основна мета роботи – аналіз перешкодозахищеності НАК СРНС GPS та АТ СМЗ стандарту GSM.

**Основна частина.** Розглянемо причини низької перешкодозахищеності НАК та АТ ТЗ на прикладі систем СРНС GPS та СМЗ GSM, як найбільш розповсюджених в СДНТЗ. Основна особливість всіх СРНС, включаючи GPS – це обробка в НАК дуже слабких за енергетичним рівнем ширококугових навігаційних радіосигналів, що знаходяться нижче за рівень власних шумів НАК. Цей енергетичний рівень у свою чергу визначається еквівалентною ізотропною випромінюваною потужністю НКА GPS (не більше 50 Вт) і дальністю до нього від поверхні Землі (приблизно 20180 км). Типові значення рівнів сигналів  $P_{с.прм[дБм]}$  на виході ізотропної антени НАК мають значення, показані в табл.1 [4].

Антенa передавача НКА GPS випромінює синусоїдальні сигнали з круговою поляризацією лівого обертання на двох несівних частотах  $L1 = 1575,42$  МГц і  $L2 = 1227,6$  МГц.

Таблиця 1. Рівні високочастотних сигналів на виході ізотропної антени НАК СРНС GPS

Діапазон частот та код	Рівень сигналу, дБм	
	Мінімальний	Максимальний
L1, P(Y)	-133	-125,5
L1, C/A	-130	-123
L2, P(Y)	-136	-126

Перед цим вони модулюються псевдовипадковими цифровими послідовностями за законом бінарної фазової маніпуляції (ФМ-2). Частота L1 модулюється грубим далекомірним (C/A, coarse acquisition) і точним далекомірним (P(Y), protected) псевдовипадковими кодами, а частота L2 – тільки кодом P(Y). Крім того, обидві несівні додатково кодуються навігаційним повідомленням з частотою повторення 50 Гц, в якому містяться дані про орбіти НКА GPS, інформація про параметри атмосфери, поправки до шкали системного часу.

Грубий далекомірний C/A-код використовується для НАК цивільного призначення, має тактову частоту слідування імпульсів 1,023 МГц і період повторення 1 мс. Захищений P(Y)- код має тактову частоту слідування імпульсів 10,23 МГц і період повторення сім днів. Він використовується лише в НАК військового призначення Збройних Сил США.

Ширина смуги частот для C/A-коду складає 2,05 МГц, а для P(Y)-кода – 20,46 МГц. Точність визначення положення об'єкту за допомогою C/A-коду складає 10 м, а з використанням P(Y) – 1-10 м. Вища точність виміру з використанням P(Y)-коду в першу чергу обумовлена тим, що він передається на 2-х частотах, внаслідок чого НАК здійснює компенсацію іоносферної і тропосферної погрішностей виміру, що виникають при поширенні радіохвиль [4].

У свою чергу розрахунки показують, що рівень власних шумів в НАК СРНС GPS складає

$$P_{ш1} = kT_{ш} \Delta f_1 = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 2,05 \cdot 10^6 \approx 8,2 \cdot 10^{-15} \text{ Вт або } P_{ш1[\text{dBm}]} = -110 \text{ дБм,}$$

$$P_{ш2} = kT_{ш} \Delta f_2 = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 2,46 \cdot 10^7 \approx 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ Вт або } P_{ш2[\text{dBm}]} = -100 \text{ дБм}$$

для C/A- коду та для P(Y)- коду відповідно, де  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – стала Больцмана,  $T_{ш}$  - ефективна шумова температура приймача НАК, яка дорівнює

$$T_{ш} = (K_{ш} - 1)T_0 = 170 \dots 293 \text{ К,} \quad (1)$$

де  $T_0 = 293$  К – еталонна температура,  $K_{ш}$  - коефіцієнт шуму приймача НАК. Типове значення  $K_{ш} = 1,6 \dots 2$  (або 2-3 дБ) [4].

З даних табл.1 видно, що сигнал з C/A-кодом лежить на 13...20 дБ, а сигнал з P(Y) - кодом на 25,5...36 дБ нижче за рівень власних шумів НАК. Тому для отримання з прийнятих навігаційних сигналів корисної інформації в НАК використовуються методи кореляційної обробки сигналів.

Для того, щоб в ланцюгах стеження НАК за параметрами несівної радіонавігаційного сигналу і далекомірним кодом здійснювалися операції виявлення, розпізнавання і стеження за сигналами НКА, внаслідок яких виділяються навігаційні повідомлення з тактовою частотою  $f_d = 50$  Гц і бітовою помилкою не більшою, ніж

$10^{-5}$ , а також виконувалося обчислення псевдодальностей до НКА, на виході корелятора в НАК необхідно забезпечити відношення сигнал/шум  $(S/N)_{\text{вих[dB]}}$  не менше 16 дБ [6].

При організації навмисної дії перешкоди на НАК СРНС GPS за допомогою ДП відповідно розрізняють так звані силове та інтелектуальне придушення [5].

Силове придушення у свою чергу розділяють на імпульсне енергетичне та за допомогою використання шумового або квазінеперервного випромінювання потужності НВЧ.

При імпульсному енергетичному придушенні за допомогою розряду потужного накопичувача енергії формується потужний надширокопasmовий відеоімпульс, за допомогою якого необоротно порушується працездатність вхідних ланцюгів НАК СРНС GPS, аж до виходу з ладу твердотільних напівпровідникових компонентів – вхідних малoshумливих підсилювачів і змішувачів.

При використанні другого способу, що знайшов найбільше вживання внаслідок простоти технічної реалізації, використовуються ДП у вигляді НВЧ генераторів шумового або квазінеперервного випромінювання потужності від сотень мВт до одиниць Вт, які перенавантажують вхідні каскади НАК СРНС GPS в результаті їхнього обмеженого динамічного діапазону. Це у свою чергу приводить до порушення нормальної роботи цифрових узгоджених фільтрів стеження за далекомірними кодами і, як наслідок, до зриву сеансу навігації.

При інтелектуальному придушенні GPS використовуються спеціальні ДП, що випромінюють так звані імітаційні перешкоди, що містять далекомірні коди з координатами помилкової цілі. Воно застосовується в основному для боротьби з високоточною зброєю з GPS.

Перешкодозахищеність НАК СРНС GPS до впливу зовнішніх радіоперешкод згідно [7] кількісно можна охарактеризувати коефіцієнтом придушення за потужністю, що показує мінімальне необхідне відношення потужностей перешкоди і сигналу на вході приймача, що придушується, в межах смуги пропускання його лінійної частини, при якому досягається необхідна міра придушення. Під мірою придушення НАК СРНС розуміється початок втрати розпізнавання далекомірних кодів від НКА. У зарубіжній літературі коефіцієнт придушення називається коефіцієнтом запасу перешкодозахищеності [6] і, в свою чергу, розраховується за формулою

$$JSR_{\text{[dB]}} = G_p[\text{dB}] - (L_{\text{коп}}[\text{dB}] - (S/N)_{\text{вих}}[\text{dB}]), \quad (2)$$

де  $G_p[\text{dB}]$  - коефіцієнт розширення спектру (або енергетичний вигравш від обробки) сигналу навігаційного повідомлення;  $L_{\text{коп}}[\text{dB}] = 0,5 \dots 3$  дБ - втрати в приймачі при кореляційній обробці (типове значення 2 дБ).

У свою чергу

$$G_p = f_c / f_d, \quad (3)$$

де  $f_c$  - тактова частота слідування імпульсів навігаційного коду.

Для C/A-коду отримаємо,  $G_p = f_c / f_d = 1023000 / 50 = 20460$ , або  $G_p[\text{dB}] = 43$  дБ.

Для P(Y)-коду отримаємо,  $G_p = f_c / f_d = 10230000 / 50 = 204600$ , або  $G_p[\text{dB}] = 53$  дБ.

Тоді коефіцієнт придушення складе  $JSR_{\text{[dB]}} = 43 - 2 - 16 = 25$  дБ для C/A-коду і  $JSR_{\text{[dB]}} = 53 - 2 - 16 = 35$  дБ для P(Y)-коду. Ці значення збігаються з порогом розпізнавання кодів C/A і P(Y) в НАК СРНС відповідно [8]. Тоді мінімальний рівень перешкоди або поріг чутливості НАК, при якому НАК не в змозі демодулювати навігаційні

повідомлення і забезпечити функціонування з необхідною якістю, згідно табл.1 складає - 105 дБм для C/A-коду -98 дБм і -101 дБм для P(Y) - коду діапазонів L1 і L2 відповідно.

Відомо, що коефіцієнт придушення на вході НАК при поширенні сигналу в однорідному ізотропному середовищі без перешкод і врахування явища багатопроменевості поширення електромагнітних хвиль, дорівнює [8]:

$$JSR_{[dB]} = 10 \log \frac{P_{\text{прд}} G_{\text{прд}} G_{\text{прм}} \lambda^2}{16\pi^2 R^2 P_{\text{с.прм}}}, \quad (4)$$

де  $P_{\text{прд}}$ ,  $P_{\text{с.прм}}$  - потужність ДП і мінімальний рівень навігаційного сигналу на вході НАК, Вт;

$$P_{\text{с.прм}} = 10^{0.1 \cdot (P_{\text{с.прм}[dBm]} - 30)} = 10^{0.1 \cdot (-130 - 30)} = 10^{-16} \text{ Вт} - \text{ для C/A - коду};$$

$$P_{\text{с.прм}} = 10^{0.1 \cdot (P_{\text{с.прм}[dBm]} - 30)} = 10^{0.1 \cdot (-133 - 30)} = 5 \cdot 10^{-17} - \text{ для P(Y) - коду діапазону L1};$$

$$P_{\text{с.прм}} = 10^{0.1 \cdot (P_{\text{с.прм}[dBm]} - 30)} = 10^{0.1 \cdot (-136 - 30)} = 2.5 \cdot 10^{-17} - \text{ для P(Y) - коду діапазону L2}.$$

$G_{\text{прм}}$ ,  $G_{\text{прд}}$  - коефіцієнти підсилення антен ДП і приймача НАК. Прийемо для простоти розрахунків, що  $G_{\text{прм}} = G_{\text{прд}} = 1$ , тобто антени є неспрямованими;  $\lambda$  - довжина хвилі (для частоти L1  $\lambda = 0,19$  м; для частоти L2  $\lambda = 0,24$  м);  $R$  - відстань від НАК до ДП, м.

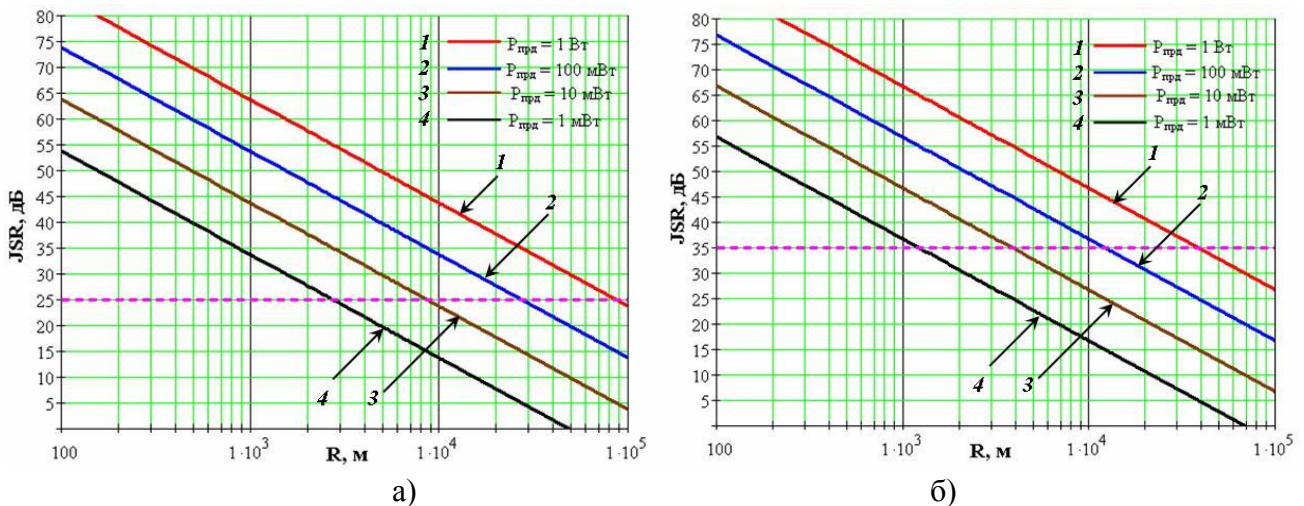


Рис. 1. Коефіцієнт придушення на вході НАК GPS:  
а) для C/A-коду; б) для P(Y)-коду діапазону L1

З графічних залежностей, приведених на рис.1 за результатами розрахунку по виразу (4) видно, що навіть ДП досить малої потужності випромінювання може порушити роботу всієї НАК СРНС GPS в межах прямої видимості на відстані до декількох одиниць і десятків кілометрів.

Таким чином можна зробити висновок, що основною причиною низької перешкодозахищеності НАК СРНС GPS є вкрай низький енергетичний рівень радіонавігаційних полів (порядку -130 дБм) поблизу поверхні Землі [4].

У дослідженій літературі [9,10,11] зафіксовано багато випадків негативного впливу радіоперешкод на роботу радіотехнічних систем різного призначення, що використовують НАК СРНС GPS. Наприклад, проведені в США в інтересах військових випробування в зоні м. Нью-Йорк показали, що GPS приймачі, які встановлені на борту літаків цивільної авіації, в умовах дії перешкод, втратили можливість спостереження за сигналами GPS при посадці [9].



У роботі [10] описаний експеримент, проведений в лабораторних умовах, унаслідок якого практичним шляхом доведено, що НАК СРНС GPS перестає функціонувати навіть в умовах впливу простої перешкоди у вигляді гармонічної несівної, яка розстроєна за частотою відносно центральної частоти діапазону L1.

Практичний досвід використання АТ стандарту GSM показує, що вони також як і будь-яка інша система радіозв'язку зазнають впливу активних перешкод.

Крім того, як вже згадувалося раніше, на телекомунікаційному ринку з'явилося багато доступних РЕЗ закриття каналів знімання інформації, які широко стали використовуватися зловмисниками як ДП (так званих «глушилок» або блокувачів СМЗ) АТ СМЗ стандартів GSM, CDMA, D-AMPS [2] з радіусом дії від 5 до 50 м залежно від потужності випромінювання ДП, рельєфу місцевості і відстані між базовою станцією (БС) та АТ.

Відомо [12], що АТ стандарту GSM працюють на одному з 124 частотних каналів в діапазоні 900 МГц (935 - 960 МГц - прийом АТ від БС, 890 - 915 МГц - передавання від АТ на БС) або 374 частотних каналів в діапазоні 1800 МГц (1795 - 1880 МГц - прийом АТ від БС, 1710 - 1795 МГц - передавання від АТ на БС). Ширина смуги частот каналу складає  $\Delta f_K = 200$  КГц. Ця смуга частот в тимчасовій області послідовно ділиться на 8 тимчасових слотів. Тривалість кожного слота складає 0,577 мс, що дозволяє організувати 8 незалежних цифрових каналів трафіку або управління. В процесі сеансу зв'язку можуть змінюватися без перерви зв'язку як діапазони частот так і самі частоти всередині діапазону.

На сьогоднішній день блокування GSM каналу – основна проблема для операторів систем моніторингу транспорту на основі СРНС GPS, оскільки у них в більшості випадків відсутня альтернатива GSM зв'язку.

Для придушення роботи АТ СМЗ можна [13]:

- поставити вузькосмугову прицільну перешкоду на частоті каналу, на якому на даний момент працює АТ і відстежувати можливі зміни цієї частоти (цей принцип використовують складні професійні скануючі пристрої, які призначені для придушення одного конкретного АТ – інтелектуальні ДП);

- поставити широкосмугову загороджувальну перешкоду з використанням спеціальних видів модуляції на весь діапазон частот, що приймаються АТ. Цей принцип використовують більшість ДП, які здатні придушувати одночасно велику кількість АТ і доступні на ринку за відносно невисоку вартість [2].

Відповідно до вищесказаного ДП АТ СМЗ можна поділити на три групи [18].

Розглянемо принцип роботи ДП АТ СМЗ стандарту GSM першої групи на прикладі інтелектуального ДП «RS Jammini» [13].

Приймач ДП на протязі короткого інтервалу часу (порядку 300 мкс) за допомогою порогового пристрою виявляє в контрольованій зоні випромінювання працюючий АТ, обчислює номер його радіочастотного каналу і часовий слот. Після обчислення частотно-часових параметрів знайденого АТ, передавач перешкод ДП налаштовується на конкретний частотний канал в діапазоні частот роботи лінії БС-АТ і вмикається на випромінювання лише в ті моменти часу, в які АТ приймає сигнал каналу управління від БС. Генеруюча перешкода є прицільною за частотою і час її випромінювання пов'язаний з часом роботи каналу управління від БС, який згідно [12] дорівнює 0,577 мс.

Інтервал блокування відповідає часу встановлення АТ вхідного або вихідного зв'язку і складає 0,8–1 с. Блокування здійснюється короткими імпульсами тривалістю по 300 мкс кожен з періодом 4,616 мс, який відповідає тривалості TDMA-кадра, що складається з 8 слотів тривалістю 0,577 мс.

Сумарний час, впродовж якого в інтервалі блокування випромінюється сигнал придушення, не перевищує 0,05-0,07 с. Якщо в контрольованій зоні опиняється працюючий АТ з вже встановленим зв'язком в каналі трафіку, інтервал блокування збільшується до 10-15 с, і, відповідно, збільшується час випромінювання сигналу

блокування. Впродовж інтервалу блокування зв'язок припиняється. Таким чином, забезпечується неможливість здійснення вхідних та вихідних дзвінків, прийому і відправки SMS, а також переривається встановлений сеанс зв'язку. Зв'язок не встановлюється, дзвінки не проходять, але АТ при цьому постійно знаходиться на обслуговуванні в мережі.

Випромінювання передавача радіоперешкод ДП носить строго адресний характер, тобто впливає лише на АТ, які знаходяться усередині зони придушення і не створює перешкод для роботи СМЗ в цілому, що виключає конфліктну ситуацію з оператором СМЗ. Зона придушення визначається не потужністю перешкоди від ДП, а порогом спрацьовування порогового пристрою приймача, вбудованого в ДП. Ефективність роботи ДП цього типу не залежить від відстані від АТ до БС в зоні придушення.

До другої групи відносяться ДП АТ СМЗ, які є генераторами перешкод з ручним управлінням. Вони забезпечують постановку загороджувальної перешкоди в діапазоні робочих частот приймачів АТ відповідного стандарту СМЗ. Перешкода призводить як до зриву управління АТ базовою станцією (втрати мережі), так і до неможливості встановлення зв'язку і передавання інформації. Прикладом цієї групи є ДП «Скорпіон», «Алігатор» [2].

До третьої групи відносяться ДП АТ СМЗ, які в своєму складі, окрім передавача перешкод мають ще і спеціальний приймач, який забезпечує прийом сигналів в діапазонах частот роботи передавачів АТ. Враховуючи, що всі СМЗ працюють в дуплексному режимі, спеціальний приймач використовується як засіб автоматичного управління передавачем перешкод ДП. При виявленні сигналу (випромінювання, рівень якого перевищує встановлений поріг) в одному з діапазонів частот, приймач видає сигнал управління на включення передавача загороджувальних перешкод відповідного діапазону частот. При зникненні сигналу, приймач видає сигнал управління на виключення передавача перешкод ДП. Прикладом цієї групи є ДП «Скорпіон-інтелект» [2].

Енергетична ефективність придушення АТ за допомогою ДП, який випромінює прицільну перешкоду порівняно з ДП, який випромінює загороджувальну перешкоду для СМЗ з технологією TDMA, визначається відношенням смуги частот загороджувальної перешкоди до смуги частот одного каналу трафіка, в якому діє прицільна перешкода, тобто [14]

$$B_1 = 10 \log(\Delta f_{900} / \Delta f_K) = 20,9 \text{ дБ},$$

$$B_2 = 10 \log(\Delta f_{1800} / \Delta f_K) = 25,7 \text{ дБ},$$

у нижньому (900 МГц) і верхньому (1800 МГц) діапазонах частот стандарту GSM відповідно, де  $\Delta f_{900} = 25 \text{ МГц}$ ,  $\Delta f_{1800} = 75 \text{ МГц}$  – смуга приймаючих АТ частот, яка перекривається загороджувальною перешкодою в діапазоні 900 і 1800 МГц відповідно.

Таким чином, енергетична ефективність інтелектуального ДП з точки зору енергії, що витрачається від джерел живлення, яка обмежена з причини їх мобільності, вище в порівнянні з ДП, що випромінює загороджувальну радіоперешкоду. У той же час, інтелектуальне ДП в радіусі свого придушення блокує лише один з можливих 124 частотних каналу в діапазоні 900 МГц і 374 частотних каналів в діапазоні 1800 МГц, на якому працює АТ, а ДП із загороджувальною радіоперешкодою – всі частотні канали певного діапазону, і отже всі АТ, що знаходяться в зоні придушення.

Рівні потужності сигналу від БС і перешкод від ДП при їх поширенні у вільному просторі без врахування ефекту багатопробенового поширення на вході приймача АТ відповідно рівні, дБм:

$$P_{С.БС} = 10 \log \frac{P_{БС} G_{БС} G_{прм} \lambda^2}{16\pi^2 d^2 \cdot 1\text{мВт}}, \quad (5)$$

$$P_{с.п} = 10 \log \frac{P_{\Pi} G_{\Pi} G_{\text{прм}} \lambda^2}{16\pi^2 (d - d_0)^2 \cdot 1\text{мВт}}, \quad (6)$$

де  $d$  – відстань між БС и АТ;  $d_0$  – відстань між БС і ДП.

При розрахунках прийнято, що потужність передавача БС діапазону GSM-900  $P_{БС} = 20$  Вт, потужність ДП  $P_{\Pi} = 200$  мВт,  $G_{БС}[\text{дБ}] = 18$  дБ (або  $G_{БС} = 63,1$ ),  $G_{\text{прм}} = -2$  дБ (або  $G_{\text{прм}} = 0,63$ ),  $G_{\Pi}[\text{дБ}] = 0$  дБ (або  $G_{\Pi} = 1$ ) – відповідно коефіцієнти підсилення антен БС, ДП і АТ [12].

Для ефективності оцінки якості функціонування цифрових систем зв'язку використовується достовірність передавання даних, яка у свою чергу, визначається вірогідністю помилкового прийому біта повідомлення (BER) при заданому виді модуляції [12]. Вона у свою чергу, залежить від відношення енергії біта до спектральної щільності потужності адитивної перешкоди у вигляді білого гаусівського шуму, що дорівнює

$$(E_b/N_0) = \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \cdot \frac{\Delta f}{V}, \quad (7)$$

де  $P_c$  - потужність корисного сигналу;  $P_{\text{ш}}$  – потужність перешкоди;  $\Delta f$  – ширина смуги частот каналу, Гц;  $V$  – швидкість передавання інформації в цьому каналі, біт/с. Для СМЗ стандарту GSM  $\Delta f = 200$  кГц,  $V = 270$  Кбіт/с [12].

У СМЗ стандарту GSM в якості методу модуляції для передавання по каналу зв'язку використовується гаусівська маніпуляція з мінімальним зсувом (GMSK) [12]. Оскільки АТ ТС забезпечує передавання даних в ДЦ, то згідно [12] достовірність їх передавання повинна складати значення не гірше  $p = 10^{-6}$ . В [12] говориться, що BER при GMSK еквівалентна BER при диференціальній квадратурній фазовій маніпуляції ( $\pi/4$ -DQPSK). Тоді мінімальне відношення  $(E_b/N_0)_{\text{min.dB}}$ , при якому забезпечується достовірність передавання  $p = 10^{-6}$  згідно [21] дорівнює  $(E_b/N_0)_{\text{min.dB}} = 11$  дБ.

В свою чергу, при впливі зовнішньої перешкоди з потужністю  $P_{с.п}$

$$P_{\text{ш}} = P_{\text{вл.ш}} + P_{с.п}, \quad (8)$$

де  $P_{\text{вл.ш}}$  – потужність власних шумів приймача зі статистикою білого гаусівського шуму.

Оскільки при проходженні через ланцюги радіоприймального пристрою в більшості випадків відбувається нормалізація часової структури перешкоди, а також враховуючи той факт, що більшість ДП для GSM каналу випромінюють загороджувальну перешкоду [2] можна вважати зовнішню перешкоду білим гаусівським шумом. Враховуючи, що  $P_{с.п} \gg P_{\text{вл.ш}}$ , можна вважати, що  $P_{\text{ш}} = P_{с.п}$ . Тоді виходячи з виразів (5) і (6), вираз (7) перетвориться до вигляду

$$(E_b/N_0) = \frac{P_{БС} G_{БС} (d - d_0)^2}{P_{\Pi\Pi} G_{\Pi\Pi} d^2} \cdot \frac{\Delta f}{V}. \quad (9)$$

На рис. 2 показані графічні залежності  $(E_b/N_0)$  від відстані між БС і АТ при фіксованих значеннях відстані від БС до ДП, які дорівнюють  $d_0 = 150\text{м}$ ,  $250\text{м}$ ,  $350\text{м}$  (криві 1, 2, 3 відповідно).

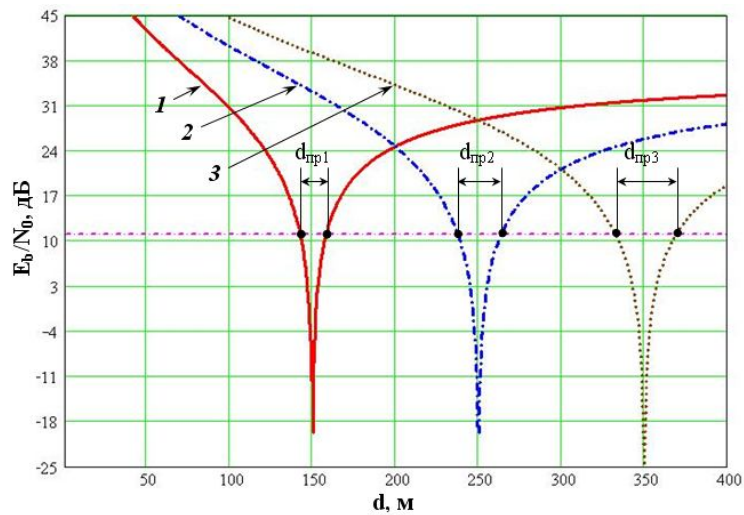


Рис. 2. Графічні залежності  $(E_b/N_0)$  від відстані між БС и АТ при фіксованих відстанях між БС и ДП

З рис. 2 видно, що зі збільшенням відстані між БС та ДП радіус зони придушення, що дорівнює  $r_{\text{пр},k} = 0,5d_{\text{пр},k}$ ,  $k = \overline{1,3}$ , де  $d_{\text{пр},k}$  — діаметр зони придушення, збільшується, оскільки знижується потужність корисного сигналу на вході приймача АТ від БС. Це справедливо для ДП другої і третьої груп. При  $d_0 = 150\text{ м}, 250\text{ м}, 350\text{ м}$  відповідно до рис. 2 радіус зони придушення дорівнює 8 м, 13 м, 18 м.

На закінчення, в табл. 2 показані основні технічні характеристики ДП радіоканалам GPS та GSM [2].

Таблиця 2. Основні технічні характеристики ДП АТ GSM та НАК GPS

Модель	Алігатор SUPER-25	Алігатор	Скорпіон	GPS50G
Радіус зони придушення, м	до 25	10-15	5-8	до 15
Стандарт	GSM-800, GSM-900, GSM-1800, GSM-1900	GSM-900/1800	GSM-900/1800	1575.42
Потужність випромінювання, мВт	200	100	200	300
Мобільність	стаціонарний	стаціонарний	мобільний	мобільний
Живлення	220 В	220 В	8 АА (не менше 3-х часов.)	3.6 В 2500 мА Ni-MH
Габарити, мм	270x155x52	170x130x90	162x60x38	100x60x30
Вага, кг	1,2	0,95	0,8	270

### Висновки.

1. Низька перешкодозахищеність НАК СРНС GPS головним чином обумовлена слабким енергетичним рівнем радіонавігаційних полів поблизу поверхні Землі;
2. перешкодозахищеність АТ СМЗ GSM головним чином залежить від міри енергетичного впливу на канали трафіку та управління від БС до АТ;
3. існує актуальна проблема захисту навігаційного каналу і каналу зв'язку ТЗ від впливу активних перешкод, головним чином навмисних, від вирішення якої залежить,

чи буде оперативно виявлено ТЗ в разі його викрадення, тобто чи виправдають себе СДНТЗ своєю надійністю і оперативністю перед потенційними клієнтами.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Скорик Є.Т., Кондратюк В.М. Застосування супутникових технологій навігації та зв'язку в автотранспортній галузі // Наука та інновації. – 2007.– т.3. – С.67-83.
2. <http://www.podavitel.ru>
3. Сорокин К. Угон-шоу. GPS для радиопоиска автомобилей //Авторевю. – 2001. – С.30-33.
4. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. М.: Эко-Трендз, 2000.
5. Скорик Е.Т. Противодействие спутниковой радионавигационной системе GPS. // Радиоэлектроника, – 2006 – №10. – С.3–14. (Изв.ВУЗов).
6. Landry, Rene Jr. et al., Analysis of Potential Interference Sources and Assessment of Present Solutions For GPS/GNSS Receivers // 4th Saint-Petersburg on INS, May 26-28, 1997. P.11-13.
7. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1989. – 350 с.: ил.
8. M.Scott Anti-jam GPS technology in weapon receivers: Part IV: Postscript // WSTIAC – Vol.3. – №4, September 2002, p.1-8.
9. B. Forssel, T.B. Olsen. Jamming Susceptibility of Some Civil GPS Receivers // GPS World, № 1, 2003. P. 54-58.
10. Иванов М.П., Кашинов В.В. Экспериментальная проверка помехоза-щищенности GPS // VII международная конференция «Радиолокация, навигация, связь» 24-26 апреля 2001, Воронеж, Россия. Том 3. С. 197-199.
11. Жолнеров В.С, Зарубин С.П, Писарев С.Б, Царев В.М. Уязвимость спутниковых навигационных систем при воздействии непреднамеренных и преднамеренных помех и перспективы повышения надежности координатно-временного обеспечения. // Новости навигации – 2004. – С.21–35.
12. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. «Сети подвижной связи». – М.: Эко-Трендз, 2001. – 299 с.
13. Хореев А.А. Способы и средства подавления электронных устройств перехвата речевой информации // Специальная Техника. – 2006.
14. Васильев О.А., Егоров Д.О., Кадыков А.Н. Интеллектуальные системы блокирования сотовой телефонии: нет причины – нет подавления // Защита информации. – №2. – 2005. – С.62-66.

Рецензент: **д.т.н, проф. Сундучков К.С.**

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРИДУШЕННЯ ШУМОВИХ ПЕРЕШКОД В РЛС З ЦЛАР ПРИ ЗВАЖУВАННІ ВИХІДНИХ СИГНАЛІВ ПРИЙМАЛЬНИХ КАНАЛІВ І ПРИ ОПТИМАЛЬНІЙ ПРОСТОРОВІЙ ОБРОБЦІ СИГНАЛІВ

*Проводиться аналіз коефіцієнта придушення активної шумової перешкоди (АШП) в адаптивній системі прийому на основі застосування цифрових антенних решіток (ЦЛАР) і системи цифрової обробки сигналів (СОС) для 2-х алгоритмів обробки: 1) з попереднім зважуванням вхідних сигналів і подальшій оптимальній обробці зважених сигналів; 2) при оптимальній просторовій обробці сигналів.*

*Производится анализ коэффициента подавления активной шумовой помехи (АШП) в адаптивной системе приёма на основе применения цифровой антенной решётки (ЦЛАР) и системы цифровой обработки сигналов (СОС) для 2-х алгоритмов обработки: 1) с предварительным взвешиванием входных сигналов и последующей оптимальной обработке взвешенных сигналов; 2) при оптимальной пространственной обработке сигналов.*

*The analysis of coefficient of suppression of active noise hindrance (ASHP) in the adaptive system of reception on the basis of application of digital aerial grate (TSLAR) and system of digital treatment of signals (SOS) for the 2th algorithms of treatment is produced: 1) with the preliminary weighing of entrance signals and subsequent optimum treatment of the weighed signals; 2) at optimum spatial treatment of signals.*

**Постановка задачі.** В РЛС з аналоговою обробкою і багатоканальною системою автокомпенсації АШП по БП ДН виникає істотне обмеження коефіцієнта придушення кожного джерела перешкоди при збільшенні числа одночасно діючих АШП. Так, при числі каналів 4 ... 5 (і такому ж числі постановників перешкод) якість придушення знижується з потенційно можливого (при одній перешкоді) 23 ... 28 дБ до 8 ... 10 дБ. Шлях підвищення ефективності компенсації АШП зв'язаний із застосуванням ЦЛАР і оптимальною просторовою обробкою сигналів. При обробці часто рекомендується метод попереднього зважування сигналів для підвищення ефективності компенсації.

**Мета статті:** провести теоретичний і кількісний аналіз ефективності РЛС на основі адаптивної ЦЛАР при попередньому зважуванні сигналів і при строго оптимальному алгоритмі їх обробки.

**Аналіз.** Оптимальна просторова обробка вихідних сигналів приймальних каналів ЛАР взагалі і ЦЛАР, зокрема, припускає [1] підсумовування цих сигналів з коефіцієнтами, елементами вектора-стовпця:

$$\mathbf{k} = \mathbf{A}_n^{-1} \mathbf{v}_o, \quad (1)$$

де  $\mathbf{A}_n$  кореляційна матриця (КМ) розміру перешкодових сигналів на виході приймальних каналів ЦЛАР;  $n$  – число приймальних каналів ЦЛАР;  $\mathbf{v}_o$  – вектор-стовпець, що визначає амплітудно-фазовий розподіл корисного сигналу на виході приймальних каналів.

Кореляційна матриця в (1) при об'ємі сигнальної вибірки, що використовується для її оцінки, достатньому для заміни оцінної КМ на статистичну обчислюється по формулі:

$$\mathbf{A}_n = \overline{\mathbf{Y} \mathbf{Y}^H}, \quad (2)$$

де  $\mathbf{Y}$  – вектор-стовпець перешкодових сигналів на виході приймальних каналів ЦЛАР;  $\overline{\phantom{x}}$  – знак ермітового сполучення;  $\overline{\phantom{x}}$  – знак усереднювання.

Якщо коефіцієнти при підсумовуванні сигналів обчислюються у відповідності з (1), то потужності перешкодового ( $P_{\Pi}$ ) і корисного  $P_C$  сигналів на виході системи обробки сигналів (СОС) будуть відповідно рівні:

$$P_{\Pi} = \mathbf{v}_o^H \mathbf{A}_{\Pi o}^{-1} \mathbf{v}_o, \quad (3)$$

де  $p_{c1}$  – потужність корисного сигналу на виході одного приймального каналу ЦЛАР.

З врахуванням (3) відношення сигнал/заважаючий шум (по потужності) на виході СОС, при оптимальній обробці сигналів буде рівно:

$$q_o = p_{c1} \mathbf{v}_o^H \mathbf{A}_{\Pi}^{-1} \mathbf{v}_o. \quad (4)$$

*Примітка* під шумом (заважаючим сигналом), в даному випадку розуміється суміш власних шумів приймальних каналів і сигналів ПАП.

Позначимо вектор - стовпець зважених перешкодових сигналів символом  $\mathbf{X}$ . Зв'язок між вектором  $\mathbf{X}$  і вектором не зважених сигналів  $\mathbf{Y}$ , можна визначити очевидним співвідношенням:

$$\mathbf{X} = \mathbf{W} \mathbf{Y}, \quad (5)$$

де  $\mathbf{W}$  – діагональна матриця розміру, діагональні елементи якої рівні коефіцієнтам відповідної вагової функції.

З врахуванням (5) вектор-стовпець амплітудно-фазових розподілів корисного сигналу  $\mathbf{v}_o$  на виході приймальних каналів ЦЛАР, після зважування, буде дорівнювати:

$$\mathbf{v}_{взв} = \mathbf{W} \mathbf{v}_o. \quad (6)$$

Кореляційна матриця зважених перешкодових сигналів з врахуванням (2) і (5) буде дорівнювати:

$$A_{\Pi \text{ взв}} = \overline{\mathbf{X} \mathbf{X}^H} = \mathbf{W} \mathbf{A}_{\Pi} \mathbf{W}^H. \quad (7)$$

Враховуючи, що матриця  $\mathbf{W}$  не вироджена після заміни в (4) не перетворених матриць і векторів на перетворювані, отримаємо:

$$q_{\text{пр}} = p_{c1} \mathbf{v}_o^H \mathbf{A}_{\Pi}^{-1} \mathbf{v}_o. \quad (8)$$

При записі (8) враховано, що:  $\mathbf{A}_{\Pi \text{ взв}}^{-1} = (\mathbf{W}^H)^{-1} \mathbf{A}_{\Pi}^{-1} \mathbf{W}^{-1}$ .

Зіставляючи (4) і (8), можна зробити висновок, що відношення сигнал/перешкода при зважуванні і подальшій оптимальній обробці залишається таким же, як і при оптимальній обробці не зважених сигналів. Це означає, що потужність перешкодового сигналу на виході СОС і, отже, коефіцієнт придушення перешкоди при додатковому зважуванні не змінюються. Іншими словами, при оптимальній обробці попередня операція зважування вихідних сигналів приймальних каналів є зайвою і зважені сигнали “вирівнюються” при подальшій обробці. У принципі, цього і було слід чекати, оскільки при оптимальній обробці максимізується відношення сигнал/заважаючий шум, а зважування і подальше просте підсумовування збільшує відношення сигнал/заважаючий шум, але зменшує відношення с/ш (втрати при зважуванні).

З метою кількісної оцінки проведено моделювання при певній моделі перешкодової обстановці.

Відносна потужність перешкоди на виході СОС визначалася за формулою:

$$p_{\text{отн}} = \frac{\mathbf{v}_o^H \mathbf{A}_{\Pi} \mathbf{v}_o}{p_{\text{ш1}}} \quad (9)$$

де  $\mathbf{v}_o$  – N-вимірний вектор-стовпець фазового розподілу, створюваного корисним сигналом в приймальних елементах ЦЛАР;  $\mathbf{A}_{\Pi}$  – кореляційна матриця перешкодових сигналів на виходах приймальних каналів ЦЛАР;  $\delta_{o1}$  – потужність власного шуму приймального каналу ЦЛАР.

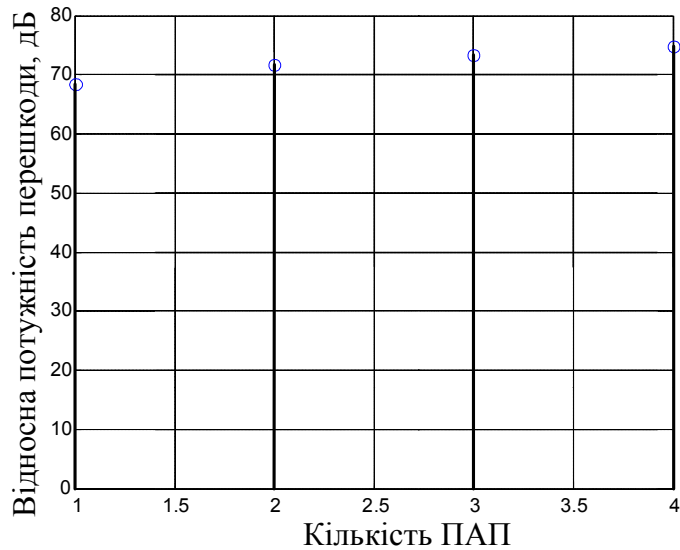


Рис. 1. Гістограма розподілу відносних потужностей перешкоди на виході системи обробки сигналів (СОС) в РЛС з лінійними цифровими антенними решітками (ЦЛАР) при класичному варіанті реалізації системи обробки вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР

Рис.1 відповідає наступним початковим даним: число приймальних каналів ЦЛАР  $N = 100$ , кількість ПАП  $m$  змінюється від одного до чотирьох, азимути ПАП (відлік від нормалі до лінії розкриття ЦЛАР) приймають рівно імовірне значення в діапазоні кутів  $[-90^\circ - 2^\circ] \cup [2^\circ 90^\circ]$ , відносна потужність перешкодового сигналу від  $m$ -того ПАП в приймальному каналі ЦЛАР.

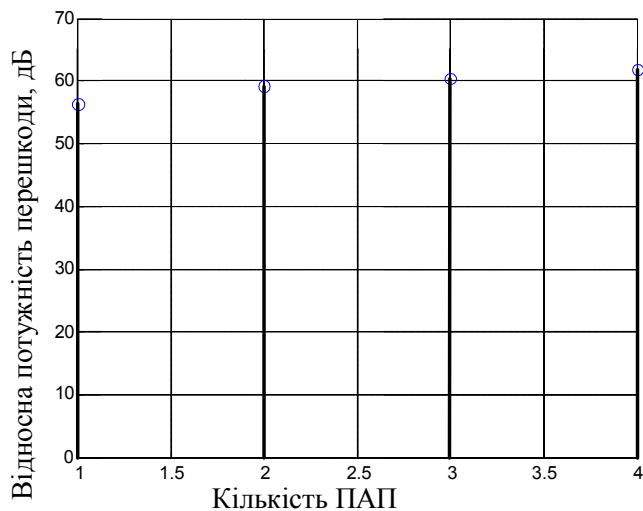


Рис. 2. Гістограма, за умови “згладжування” вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР ваговою функцією Хеммінга

На рис. 2 приведена аналогічна гістограма, але за умови “згладжування” вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР ваговою функцією Хеммінга:

$$W(k+1) = 0.08 + 0.92 \sin^2[k\pi/(N-1)], \quad k \in \overline{0, N-1}.$$

При побудові гістограми на рис. 2 враховано, що зважування вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР функцією Хеммінга, приводить до ослаблення інтенсивності корисного сигналу на 5,4 дБ.



На рис. 3 показана та ж гістограма за умови оптимальної обробки вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР.

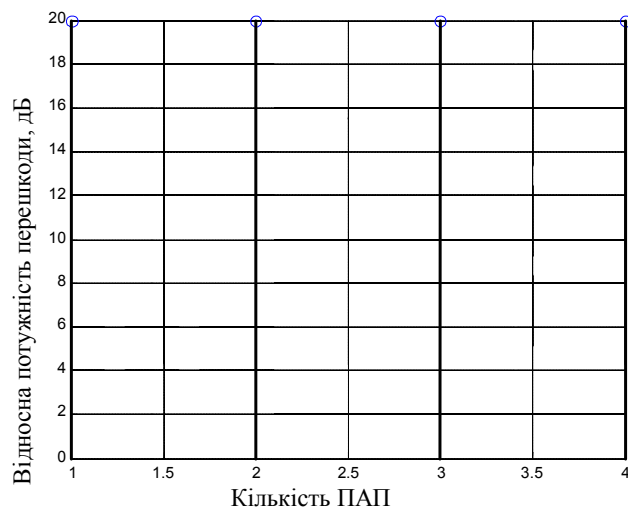


Рис. 3. Гістограма за умови оптимальної обробки вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР

З рис. 3 видно, що, якщо  $N \gg M$ , то потужність перешкодових сигналів на виході СОС при оптимальній обробці практично не залежить від числа ПАП.

На рис. 4 і рис. 5 приведена дискретна залежність коефіцієнтів придушення перешкодових сигналів при зважуванні вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР функцією Хеммінга (рис. 4) і при їх оптимальній обробці (рис. 5).

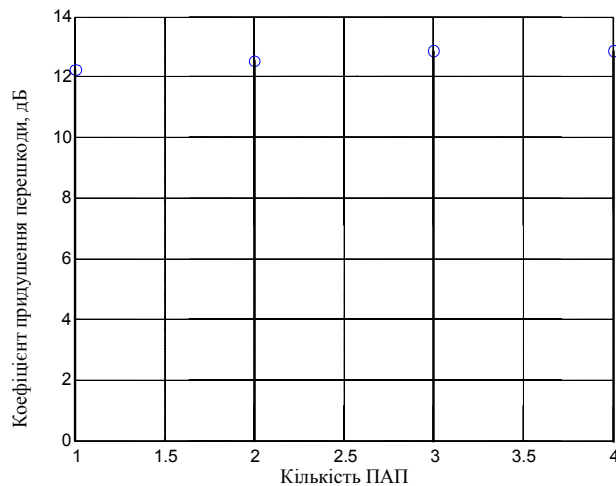


Рис. 4. Дискретна залежність коефіцієнтів придушення перешкодових сигналів при зважуванні вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР функцією Хеммінга

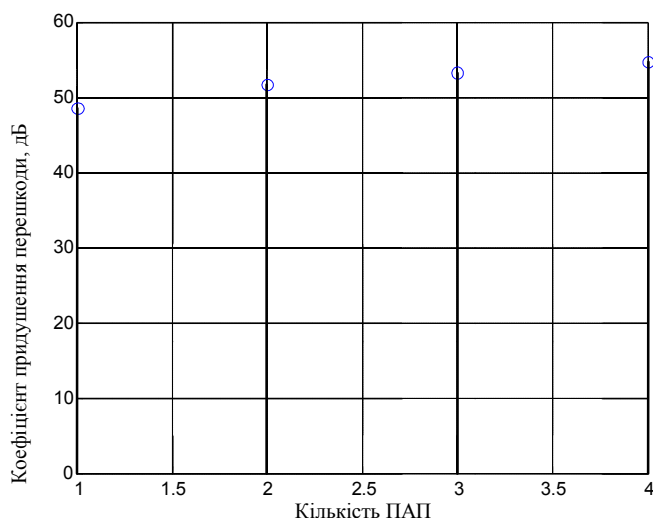


Рис. 5. Дискретна залежність коефіцієнтів придушення перешкодових сигналів при зважуванні вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР функцією Хеммінга при їх оптимальній обробці

Коефіцієнт придушення перешкоди при побудові графіків на рис.4 і рис.5 визначався по відповідних формулах:

$$K_{\text{пвз}} = \frac{P_{\text{пк}}}{K_{\text{с}} P_{\text{пвз}}}; \quad (10)$$

де  $P_{\text{пк}}$  – потужність перешкоди на виході СОС при класичній обробці вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР;  $D_{\text{аф}}$  – потужність перешкоди на виході СОС при зважуванні вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР функцією Хеммінга;  $\hat{E}_{\text{п}}$  – коефіцієнт ослаблення корисного сигналу при зважуванні вихідних сигналів приймальних каналів ЦЛАР.

При записі співвідношення для коефіцієнта придушення перешкоди  $\hat{E}_{\text{п}}$  для випадку оптимальної обробки враховано, що коефіцієнт передачі сигналу практично рівний одиниці, якщо все ПАП знаходяться в області бічних пелюсток діаграми спрямованості ЦЛАР.

Збільшення значення коефіцієнта придушення із збільшенням числа ПАП (при виконанні умови  $N \gg M$ ) наочно підтверджується зіставленням рис.1 і рис.5.

**Висновок.** РЛС на основі ЦЛАР з оптимальною просторовою СОС забезпечує надійне придушення одночасно до 4 постановників АШП і забезпечує тим самим виконання тактико-технічних вимог до перешкодозахищеності на рівні придушення перешкод до – 55 . 65 Дб.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки. Введение в теорию. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448с.

Рецензент: д.т.н, проф. Барабаш Ю.Л.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНОГО ВОССТАНАВЛИВАЕМОГО ОБЪЕКТА РЭТ

*У статті розглядається методика визначення оптимальних параметрів СТО складного відновлюваного об'єкту РЕТ. Методика заснована на застосуванні алгоритмів і ПО імітаційній статистичній моделі [4]. Суть методики полягає в інтерактивному використанні ПО експертом з метою пошуку оптимальних параметрів СТО. Остаточне рішення ухвалюється експертом.*

*В статье рассматривается методика определения оптимальных параметров СТО сложного восстанавливаемого объекта РЭТ. Методика основана на применении алгоритмов и ПО имитационной статистической модели [4]. Суть методики заключается в интерактивном использовании ПО экспертом с целью поиска оптимальных параметров СТО. Окончательное решение принимается экспертом.*

*In the article the method of determination of optimum parameters of MS, the difficult restored object of RT is examined. A method of application of algorithms and ISMPN a simulation statistical model [4] is based. Essence of method consists in the interactive use ISMPN by an expert with the purpose of search of optimum parameters MS. Final decision is made by an expert.*

**Постановка задачі.** Технічне обслуговування (ТО) по визначенню призначено для забезпечення виможаного (заданого) рівня надійності об'єкта радіоелектронної техніки (РЕТ) в період застосування його по призначенню [1,2]. Виходячи з цього, задача заключається в тому, щоб найкращим чином вибрати параметри системи технічного обслуговування (СТО), при яких забезпечувались би задані вимоги до надійності об'єкта РЕТ. Під СТО звичайно розуміється сукупність засобів, документації і виконавців, необхідних для проведення ТО [1,2]. Ми СТО будемо розуміти в вузькому сенсі – як сукупність параметрів (нормативів), регламентуючих процес проведення ТО. Розглядаються тільки періодичні стратегії ТО. Тому в якості параметрів СТО прийнято обсяг, періодичність проведення і кількість видів ТО.

Формально СТО будемо представляти наступним чином [3]:

$$STO = \{E_{тоj}, T_{тоj}; j = \overline{1, N_{то}}\}. \quad (1)$$

де  $E_{тоj}$  - множина елементів об'єкта РЕТ, які обслуговуються (оновлюються) при виконанні ТО  $j$ -го виду;

$T_{тоj}$  - періодичність ТО  $j$ -го виду;

$N_{то}$  - кількість видів ТО.

В задачі визначення оптимальних параметрів СТО в якості цільових функцій (ЦФ) будемо використовувати такі показники [3]:

$T_0(STO)$  - середня наработка на відмовку об'єкта РЕТ;

$K_{ти}(STO)$  - коефіцієнт технічного використання, що характеризує рівень готовності об'єкта з урахуванням "простоев" об'єкта РЕТ в непрацоспособному стані і в стані ТО;

$c_{уд}(STO)$  - удільна вартість експлуатації об'єкта РЕТ;

$K_э(STO)$  - показник ефективності ТО [2].

Значення цих показників на заданому інтервалі експлуатації з урахуванням проведення ТО можуть бути отримані з допомогою імітаційної статистичної моделі [4].

Задачу определения оптимальных параметров СТО формально определим следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} T_0(STO^*) &\geq T_0^{TP}; \\ K_{ти}(STO^*) &= \max_{STO} K_{ти}(STO); \\ c_{уд}(STO^*) &= \min_{STO} c_{уд}(STO), \\ K_3(STO^*) &= \max_{STO} K_3(STO), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $STO^*$  - множество оптимальных значений параметров СТО (формальное представление оптимальной СТО);

$T_0^{TP}$  - требуемое значение средней наработки на отказ объекта РЭГ.

Согласно (1) поиск оптимального значения  $STO^*$  производится в трехмерном пространстве  $STO$ , которое имеет следующую структуру:

$$STO = E \times T \times N, \quad (3)$$

где  $E$  - множество множеств обслуживаемых элементов ( $E_{тоj} \in E$ );

$T$  - множество положительных вещественных чисел (множество значений периодичности ТО,  $T_{тоj} \in T$ );

$N$  - множество целых чисел (множество значений числа видов ТО,  $N_{тоj} \in N$ ).

Нетрудно видеть, что решение задачи (2) связано с рядом проблем. Наиболее существенными из них являются три.

**Первая проблема** связана с многокритериальностью задачи [5]. Неопределенность решения, порождаемую многокритериальностью, предлагается преодолевать путем привлечения к решению задачи человека-эксперта и возложения на него процедуры выбора окончательного решения. Для этого, очевидно, требуется, чтобы эксперту была предоставлена в удобном виде вся необходимая для принятия решения информация.

**Вторая проблема** обусловлена сложностью структуры пространства  $STO$ , в котором производится поиск оптимального решения. Очевидно, что проблему здесь порождает координата  $E$  - множество множеств. Для преодоления этой проблемы предлагается использовать такой прием. В начале формируется упорядоченное множество  $E_{то}^{0y}$ , в котором все элементы, взятые из  $E_{то}^0$ , упорядочены по возрастанию их средней наработки до отказа. Затем формируется упорядоченная последовательность множеств, в которые включаются первые 1, 2, ...,  $n_{то}$ , ... элементов, взятых из  $E_{то}^{0y}$ . Благодаря этому оказывается, что каждому значению  $n_{то} \in N$  соответствует единственное множество  $E_{то}$ , которое всегда содержит наименее надежные элементы ( $n_{то} = |E_{то}|$ ).

С учетом этого множество  $E_{тоj}$  в (1) мы можем заменить числом обслуживаемых элементов  $n_{тоj}$ :

$$STO = \{n_{тоj}, T_{тоj}; j = \overline{1, N_{то}}\}. \quad (4)$$

При этом поиск по координате  $n_{тоj}$  в (4) будет эквивалентен направленному поиску по координате  $E_{тоj}$  в (1).

**Третья проблема** связана с тем, что для ЦФ в задаче (2) отсутствуют аналитические выражения. Их значения могут быть получены только путем моделирования. Это существенно ограничивает множество методов оптимизации,

которые можно применить для решения задачи (2). В рассматриваемой далее методике для поиска оптимальных параметров СТО используется метод прямого поиска.

Ниже рассматривается методика решения задачи (2), основанная на интерактивном использовании специально разработанного для этих целей ПО (программа ISMPN). Программа ISMPN разработана средствами программирования Delphi [6].

## 2. Методика решения задачи

Методика включает в себя следующие три этапа:

1) Первый этап (подготовительный): анализ структуры, надежности и стоимости заданного типа объекта РЭТ, создание для него БД, определение множества потенциально обслуживаемых элементов  $E_{\text{ТО}}^0$ .

2) Второй этап: определение параметров оптимальной СТО для случая одного вида ТО.

3) Третий этап: определение параметров оптимальной СТО для случая двух и более видов ТО.

Рассмотрим содержание этих этапов более детально.

**Подготовительный этап.** На этом этапе производится тщательный анализ конструктивной и надежностной структур объекта, его свойств ремонтпригодности и обслуживаемости. С учетом результатов анализа уточняются информация о показателях надежности, ремонтпригодности и стоимости элементов объекта. Создается БД, в которую вводится вся необходимая для моделирования информация об объекте РЭТ. Создание БД осуществляется с помощью программы ISMPN в режиме “База данных”.

**Первый этап.** В случае одного вида ТО (при  $N_{\text{ТО}}=1$ ) постановку задачи (2) можно переписать следующим образом:

$$\begin{aligned} T_0(n_{\text{ТО}}^*, T_{\text{ТО}}^*) &\geq T_0^{\text{ТР}}; \\ K_{\text{ТИ}}(n_{\text{ТО}}^*, T_{\text{ТО}}^*) &= \max K_{\text{ТИ}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТО}}); \\ c_{\text{УД}}(n_{\text{ТО}}^*, T_{\text{ТО}}^*) &= \min c_{\text{УД}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТО}}); \\ K_{\text{Э}}(n_{\text{ТО}}^*, T_{\text{ТО}}^*) &= \max K_{\text{Э}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТО}}), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $n_{\text{ТО}}^*$  и  $T_{\text{ТО}}^*$  - искомые оптимальные значения числа обслуживаемых элементов  $n_{\text{ТО}}$  и периодичности ТО  $T_{\text{ТО}}$ .

Решение этой задачи осуществляется с помощью программы ISMPN в режиме “Формирование вариантов оптимальной СТО”. Суть алгоритма решения задачи кратко состоит в следующем.

В начале формируются зависимости (функции) оптимальной периодичности ТО от числа обслуживаемых элементов:

$$\begin{aligned} T_{\text{ТОК}}^*(n_{\text{ТО}}) &: K_{\text{ТИ}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТО}}) \rightarrow \max_{T_{\text{ТО}} \in DT_{\text{ТО}}}; \\ T_{\text{ТОС}}^*(n_{\text{ТО}}) &: c_{\text{УД}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТО}}) \rightarrow \min_{T_{\text{ТО}} \in DT_{\text{ТО}}}; \\ T_{\text{ТОЭ}}^*(n_{\text{ТО}}) &: K_{\text{Э}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТО}}) \rightarrow \max_{T_{\text{ТО}} \in DT_{\text{ТО}}}, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $n_{\text{ТО}} \in Dn_{\text{ТО}}$ .

Затем по полученным функциям  $T_{\text{ТОК}}^*(n_{\text{ТО}})$  и  $T_{\text{ТОС}}^*(n_{\text{ТО}})$ : определяются оптимальные значения числа обслуживаемых элементов  $n_{\text{ТОК}}^*$  и  $n_{\text{ТОС}}^*$ :

$$n_{\text{ТОК}}^* : K_{\text{ТИ}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТОК}}^*(n_{\text{ТО}})) \rightarrow \max_{n_{\text{ТО}} \in Dn_{\text{ТО}}};$$

$$\begin{aligned}
n_{\text{ТОС}}^* &: c_{\text{уд}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТОС}}^*(n_{\text{ТО}})) \rightarrow \min_{n_{\text{ТО}} \in Dn_{\text{ТО}}} ; \\
n_{\text{ТОЭ}}^* &: K_{\text{Э}}(n_{\text{ТО}}, T_{\text{ТОЭ}}^*(n_{\text{ТО}})) \rightarrow \max_{n_{\text{ТО}} \in Dn_{\text{ТО}}} .
\end{aligned} \tag{7}$$

В результате мы получаем три решения:

$$STO_{\text{К}}^* = \{n_{\text{ТОК}}^*, T_{\text{ТОК}}^{**}\}, STO_{\text{С}}^* = \{n_{\text{ТОС}}^*, T_{\text{ТОС}}^{**}\} \text{ и } STO_{\text{Э}}^* = \{n_{\text{ТОЭ}}^*, T_{\text{ТОЭ}}^{**}\}, \tag{8}$$

где  $T_{\text{ТОК}}^{**} = T_{\text{ТОК}}^*(n_{\text{ТОК}}^*)$ ,  $T_{\text{ТОС}}^{**} = T_{\text{ТОС}}^*(n_{\text{ТОС}}^*)$  и  $T_{\text{ТОЭ}}^{**} = T_{\text{ТОЭ}}^*(n_{\text{ТОЭ}}^*)$ .

Согласно постановке задачи эти решения должны удовлетворять требованиям ограничений:

$$\begin{aligned}
T_0(n_{\text{ТОК}}^*, T_{\text{ТОК}}^{**}) &\geq T_0^{\text{ТР}} ; \\
T_0(n_{\text{ТОС}}^*, T_{\text{ТОС}}^{**}) &\geq T_0^{\text{ТР}} ; \\
T_0(n_{\text{ТОЭ}}^*, T_{\text{ТОЭ}}^{**}) &\geq T_0^{\text{ТР}} .
\end{aligned} \tag{9}$$

Эксперт анализирует полученные решения  $STO_{\text{К}}^*$  и  $STO_{\text{С}}^*$ , и выбирает в качестве оптимального решения одно из них или определяет близкое к ним единственное решение  $STO^{\text{opt}(1)} = \{n_{\text{ТО1}}^{\text{opt}}, T_{\text{ТО1}}^{\text{opt}}\}$  - параметры оптимальной СТО для случая одного вида ТО.

**Третий этап.** Для случая двух видов ТО задача решается так же, как и для случая одного вида ТО, но с той лишь разницей, что определение значений ЦФ производится с учетом выполнения одновременно двух видов ТО. Постановку задачи в этом случае можно представить следующими соотношениями:

$$\begin{aligned}
T_0(STO^{\text{opt}(1)}, STO^*) &\geq T_0^{\text{ТР}} ; \\
K_{\text{ТИ}}(STO^{\text{opt}(1)}, STO^*) &= \max_{STO'} K_{\text{ТИ}}(STO^{\text{opt}(1)}, STO) ; \\
c_{\text{уд}}(STO^{\text{opt}(1)}, STO^*) &= \min_{STO'} c_{\text{уд}}(STO^{\text{opt}(1)}, STO) ; \\
K_{\text{Э}}(STO^{\text{opt}(1)}, STO^*) &= \max_{STO'} K_{\text{Э}}(STO^{\text{opt}(1)}, STO),
\end{aligned} \tag{10}$$

где  $STO^*$  - искомые параметры оптимальной СТО, которые в случае их определения, будут приняты в качестве параметров ТО 2-го вида;

$STO'$  - пространство, в котором производится поиск параметров  $STO^*$  для 2-го вида ТО.

Пространство  $STO'$  по структуре такое же, как и пространство (3). Отличие состоит только в том, что из  $E$  исключаются множества, содержащие элементы, которые обслуживаются при ТО 1-го вида ( $E_{\text{ТО2}} = E_{\text{ТО}}^0 - E_{\text{ТО1}}$ ).

Как и ранее, в результате моделирования получаются три решения  $STO_{\text{К}}^*$ ,  $STO_{\text{С}}^*$  и  $STO_{\text{Э}}^*$ , на основе которых экспертом формируется единственное решение  $STO^{\text{opt}(2)} = \{n_{\text{ТО2}}^{\text{opt}}, T_{\text{ТО2}}^{\text{opt}}\}$  - оптимальные параметры СТО для 2-го вида ТО.

Результирующее решение для случая двух видов ТО получается как объединение следующим образом:

$$STO^{\text{opt}} = STO^{\text{opt}(1)} \cup STO^{\text{opt}(2)} = \{\{n_{\text{ТО1}}^{\text{opt}}, T_{\text{ТО1}}^{\text{opt}}\}, \{n_{\text{ТО2}}^{\text{opt}}, T_{\text{ТО2}}^{\text{opt}}\}\}. \tag{11}$$

Может оказаться, что введение 2-го вида ТО не улучшает значений ЦФ-критериев. В этом случае в качестве окончательного решения принимается  $STO^{\text{opt}} = STO^{\text{opt}(1)}$ .

На рис. 1 рассмотренная методика представлена в виде алгоритма. Оператор 1 представляет начальный этап методики. Операторы 2-5 представляют второй этап. С помощью оператора 5 показана возможность многократного повторения второго этапа. Необходимость повторных вычислений всегда возникает при определении диапазонов

варьирования параметров СТО. Операторы 6-8 представляют третий этап методики. Третий этап точно так же может выполняться многократно. Оператором 9 представляется завершающая процедура выбора экспертом окончательного решения.

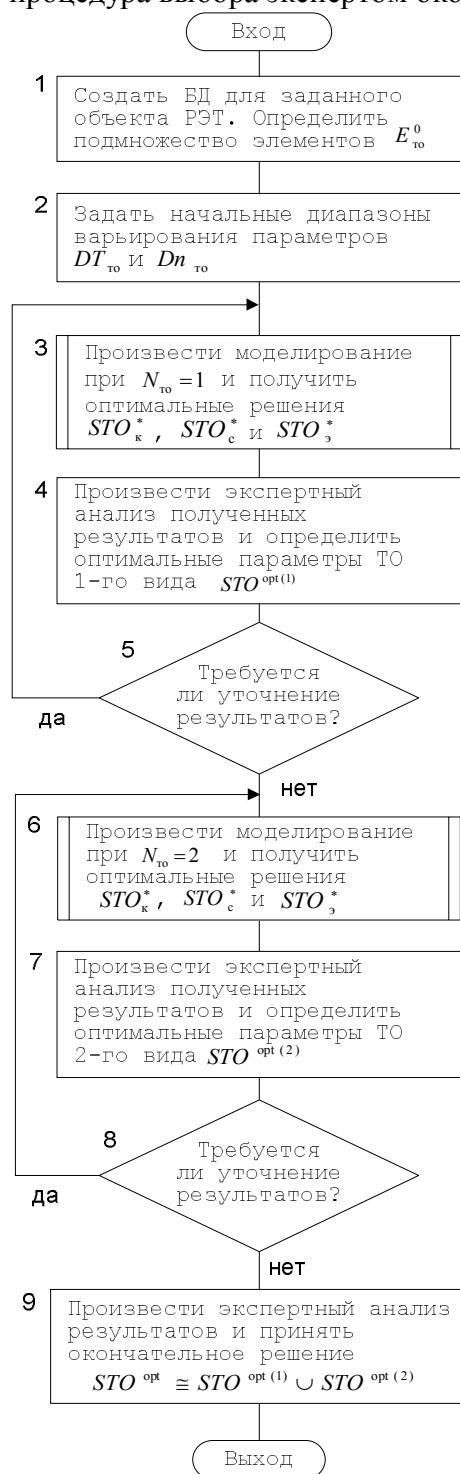


Рис. 1. Алгоритм методики определения оптимальных параметров СТО

### 3. Пример применения методики

Для примера возьмем простой объект РЭТ, состоящий из 20 элементов. Число элементов взято произвольно, но таким образом, чтобы иметь возможность проиллюстрировать основные положения методики. Предположим, что из них потенциально обслуживаемыми являются 18 элементов.

Зададим показатели надежности элементов таким образом, чтобы они существенно различались для различных элементов. Пусть распределение значений средней наработки до отказа элементов задано таким, как это показано на рис. 2.

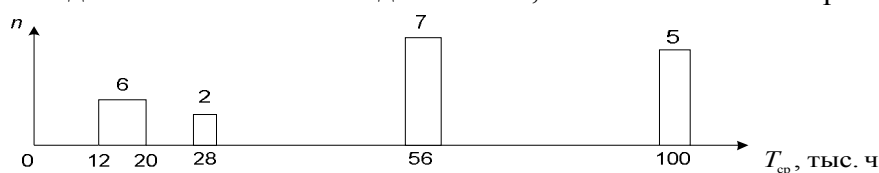


Рис. 2. Распределение элементов объекта по величине средней наработки до отказа

Для всех элементов зададим один и тот же закон распределения наработки до отказа –  $DN$ -распределение с коэффициентом вариации  $k_v = 0,5$ . Надежностная структура объекта представляется последовательным соединением всех элементов. При этих данных средняя наработка до отказа объекта в целом получается равной  $T_{cp} = 6079,2$  ч. Средняя наработка на отказ при условии, что ТО не проводится, равна  $T_0 = 1444$  ч. Обе эти оценки получается с помощью имитационной статистической модели [4].

Требуемое значение наработки на отказ зададим равным  $T_0^{TP} = 2000$  ч.

Зададим для элементов следующие значения показателей стоимости и ремонтпригодности:

$C_{0i} = 10$  у.е. – стоимость элемента;

$C_{зам i} = 5$  у.е. – стоимость операции замены элемента;

$T_{зам i} = 5$  ч – продолжительность операции замены элемента;

$C_{то i} = 1$  у.е. – стоимость операции ТО;

$T_{то i} = 1$  ч – продолжительность операции ТО;

$P_{зам i} = 0$  – вероятность замены элемента при ТО.

$k_{вр i} = 0,8$  – коэффициент восстановления ресурса при ТО.

Для имитационной статистической модели зададим следующие значения параметров моделирования (см. [4]):

$T_3 = 20$  лет – продолжительность эксплуатации объекта РЭТ;

$\Delta t = 3$  мес. – интервал накопления статистики;

$N_I = 1000$  – число итераций в цикле моделирования.

После ввода всей исходной информации в БД модели подготовительный этап считается завершенным.

Теперь произведем моделирование с помощью программы ISMPN в режиме “Формирование вариантов оптимальной СТО” для случая одного вида ТО (первый этап). На рис. 3 показана форма, которая отображается на экране ПК после завершения моделирования.



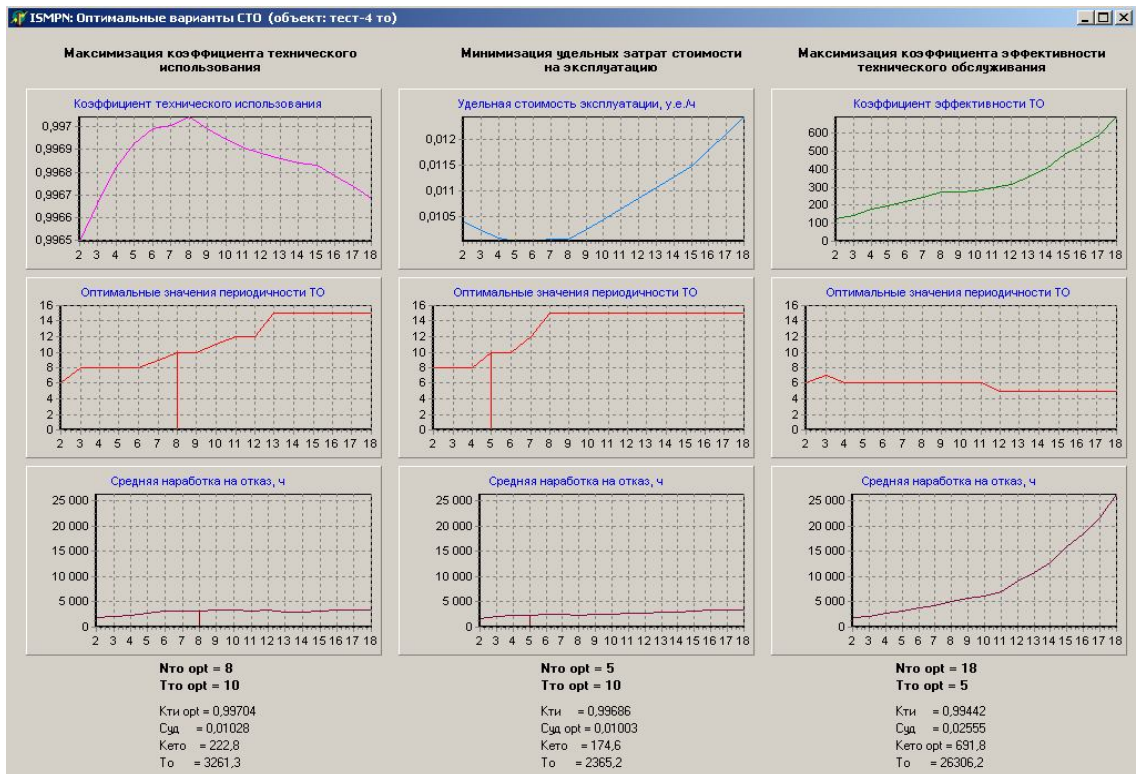


Рис. 3. Форма с результатами моделирования в случае одного вида ТО

В левой части формы отображаются (один под другим) графики функций  $K_{ти}(n_{то}, T_{то\ к}^*)$ ,  $T_{то\ к}^*(n_{то})$  и  $T_0(n_{то}, T_{то\ к}^*)$ , полученные при поиске параметров СТО, оптимальных по критерию  $\max K_{ти}$ . Внизу (под графиками) отображаются полученные оптимальные значения параметров СТО

$$STO_K^* = \{n_{то\ к}^* = 8, T_{то\ к}^{**} = 10 \text{ мес}\} \quad (12)$$

и получаемые при этих параметрах СТО значения ЦФ:

$$\begin{aligned} K_{ти}^* &= 0,99704; \\ c_{уд\ к} &= 0,01029 \text{ у.е./ч}; \\ K_{э\ к} &= 222,9 \text{ ч/у.е.}; \\ T_{0\ к} &= 3258,8 \text{ ч}. \end{aligned}$$

В центре формы отображаются графики функций  $c_{уд}(n_{то}, T_{то\ с}^*)$ ,  $T_{то\ с}^*(n_{то})$  и  $T_0(n_{то}, T_{то\ с}^*)$ , полученные при поиске параметров СТО, оптимальных по критерию  $\min c_{уд}$ . Под графиками отображаются соответствующие оптимальные значения параметров СТО

$$STO_c^* = \{n_{то\ с}^* = 6, T_{то\ с}^{**} = 10 \text{ мес}\} \quad (13)$$

и получаемые при этом значения ЦФ:

$$\begin{aligned} K_{ти\ с} &= 0,99686; \\ c_{уд}^* &= 0,01003 \text{ у.е./ч}; \\ K_{э\ с} &= 174,6 \text{ ч/у.е.}; \\ T_{0\ с} &= 2365,2 \text{ ч}. \end{aligned}$$

В правой части формы отображаются графики функций  $K_3(n_{то}, T_{то}^*)$ ,  $T_{то}^*(n_{то})$  и  $T_0(n_{то}, T_{то}^*)$ , полученные при поиске параметров СТО, оптимальных по критерию  $\max K_3$ . По графикам видно, что экстремум (максимум)  $K_3(n_{то}, T_{то}^*)$  отсутствует (достигается на границе диапазона варьирования  $n_{то} = 18$ ). Это значит, решение задачи по критерию  $\max K_3$  для условий рассматриваемого примера отсутствует.

Оба полученные решения (12) и (13) удовлетворяют заданному требованию  $T_0^{тр} = 2000$  ч.

По полученным решениям (12) и (13) теперь эксперту требуется выбрать одно из них, или предложить близкое к с ним свое решение. Предположим, что эксперт выбрал решение (13) и принял его в качестве оптимальных параметров для 1-го вида ТО:

$$STO^{opt(1)} = \{n_{то1}^{opt} = 6, T_{то1}^{opt} = 10 \text{ мес}\}. \quad (14)$$

Следующий, третий этап методики – это определение оптимальных параметров СТО для случая двух и более видов ТО. Введем в БД информацию о том, что СТО предусматриваются два вида ТО ( $N_{то} = 2$ ) и в качестве параметров 1-го вида ТО введем параметры (14). Затем, как и ранее, произведем моделирование в режиме “Формирование вариантов оптимальной СТО”, указав условие, что поиск оптимальных параметров производится для 2-го вида ТО. При этом должны быть заданы и новые значения диапазонов варьирования параметров, отличные от тех, которые использовались при поиске параметров для ТО 1-го вида. После завершения моделирования получим результаты, показанные на рис. 4.

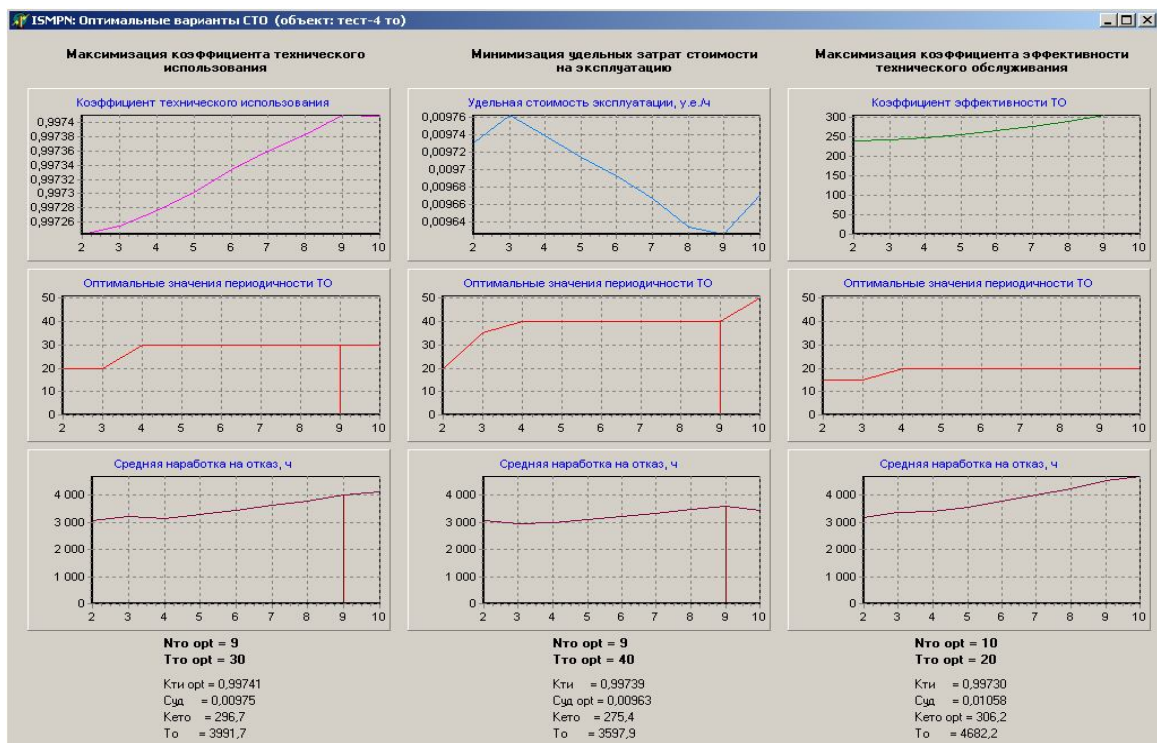


Рис. 4. Форма с результатами моделирования при поиске оптимальных параметров для 2-го вида ТО

Для удобства анализа сведем полученные результаты в табл. 1 совместно с полученными ранее результатами для одного вида ТО.

Таблица 1. Результаты моделирования в случае двух видов ТО

Критерий оптимизации	Показатель (ЦФ)	Значения ЦФ в случае одного вида ТО	Значения ЦФ в случае двух видов ТО	Выигрыш в значениях ЦФ за счет 2-го вида ТО	Оптимальные параметры для 2-го вида ТО
$\max K_{\text{ти}}$	$K_{\text{ти}}^*$	0,99704	0,99741	0,00037	$n_{\text{то к}}^* = 9$ $T_{\text{то к}}^{**} = 30 \text{ мес}$
	$c_{\text{уд к}}$	0,01029	0,00975	0,0054	
	$K_{\text{эк}}$	222,9	296,7	73,8	
	$T_{0\text{к}}$	3258	39991	733	
$\min c_{\text{уд}}$	$K_{\text{ти с}}$	0,99686	0,99739	0,00053	$n_{\text{то с}}^* = 9$ $T_{\text{то с}}^{**} = 40 \text{ мес}$
	$c_{\text{уд}}^*$	0,01003	0,00936	0,0040	
	$K_{\text{э с}}$	174,6	275,4	100,8	
	$T_{0\text{с}}$	2365	3597	1232	

По полученным данным видно, что введение 2-го вида ТО несколько улучшает значения ЦФ по сравнению со случаем одного вида ТО. Если эксперт посчитает, что полученный совокупный выигрыш является существенным, то он может принять решение о введении 2-го вида ТО. Пусть, например, эксперт выбрал для 2-го вида ТО параметры, полученные по критерию  $\min c_{\text{уд}}$ :

$$STO^{\text{opt} (2)} = \{n_{\text{то2}}^{\text{opt}} = 9, T_{\text{то2}}^{\text{opt}} = 40 \text{ мес}\}. \quad (15)$$

Тогда в качестве окончательного решения в соответствии с (11) получаем следующие значения оптимальных параметров СТО:

$$STO^{\text{opt}} = \{\{n_{\text{то1}}^{\text{opt}} = 6, T_{\text{то1}}^{\text{opt}} = 10 \text{ мес}\}, \{n_{\text{то2}}^{\text{opt}} = 9, T_{\text{то2}}^{\text{opt}} = 40 \text{ мес}\}; N_{\text{то}} = 2\}. \quad (16)$$

Если эксперт посчитает, что выигрыш от введения 2-го вида ТО незначителен, тогда в качестве параметров результирующей оптимальной СТО оставляется решение (13).

Эксперт имеет возможность выполнить повторно третий этап при других значениях параметров для 1-го вида ТО и по результатам экспериментов принять окончательное решение по выбору оптимальной СТО.

## Выводы.

1. Предложенная методика определения оптимальных параметров СТО позволяет оценивать предполагаемый выигрыш от проведения ТО на объектах РЭТ данного типа и определять оптимальные значения параметров СТО, при которых этот выигрыш максимизируется. В качестве показателей, по которым определяется ожидаемый выигрыш, используется *совокупность* наиболее важных показателей надежности и стоимости, которые совместно достаточно полно характеризуют процесс эксплуатации объекта РЭТ. Поскольку задача оптимизации в такой постановке является многокритериальной, окончательный выбор решения предоставляется человеку-эксперту.

2. В основе методики лежит специально разработанное для этих целей ПО (программа ISMPN), которое является гибким инструментом оценки и анализа надежностных и эксплуатационных свойств объекта РЭТ при его проектировании и эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.
2. Надежность и эффективность в технике: Т.1: Методология. Организация. Терминология. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
3. Боряк К.Ф. Постановка задачі оптимізації технічного обслуговування складних відновлюваних об'єктів радіоелектронної техніки // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2008. - № 12. – С.5 – 10.
4. Браун В.О., Боряк К.Ф., Лантвойт О.Б., Цыцарев В.Н. Моделирование процессов технического обслуживания сложных восстанавливаемых объектов радиоэлектронной техники // Вісник інженерної академії України. – К., 2008.
5. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 286 с.
6. Дарахвелидзе П. Г., Марков Е. П. Программирование в Delphi 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 784 с.

Рецензент: **д.т.н., проф. Ленков С.В.**

## ВПЛИВ ТЕНДЕНЦІЙ МОРАЛЬНОЇ І ТЕХНІЧНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ НА ФОРМУВАННЯ Й КОРЕГУВАННЯ ВИМОГ ДО ЇХНІХ ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

*Викладено погляди на удосконалення методичної бази формування та корегування вимог до технічних показників перспективних систем озброєння.*

*Изложены взгляды на усовершенствование методической базы формирования и корегування требований к техническим показателям перспективных систем вооружения.*

*Looks are expounded to the improvement of methodical base of forming and correcting requirements to the technical indexes of the perspective systems of armament.*

Відомо, що до основних технічних показників технічних систем будь-якого класу ставляться показники, що характеризують їхні експлуатаційні властивості. Основними з них є технічні показники надійності: безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність й збережуваність.

Вимоги до показників технічних систем формуються, виходячи з вимог до ефективності реалізації їхніх потенційних можливостей за призначенням на заданому інтервалі їх «життя».

Як відомо, технічні системи військового призначення відносяться до категорії систем, вимоги до технічних показників яких найбільш жорсткі. Це пов'язано, в першу чергу, з жорсткими вимогами до забезпечення надійності функціонування систем озброєння в процесі їхнього бойового застосування, що оцінюється величиною ймовірності безвідмовності їхнього функціонування протягом часу виконання бойових завдань. Значення цієї ймовірності повністю визначається значеннями таких технічних показників, як безвідмовність і ремонтпридатність систем озброєння. Протягом тривалої експлуатації систем озброєння названі показники надійності у зв'язку з технічною деградацією (технічним старінням) систем знижуються. Величина такого зниження може бути оцінена на основі прогнозування змін технічних показників систем озброєння - аналогів.

Результати такого прогнозування повинні враховуватися при формуванні й корегуванні вимог до аналогічних технічних показників перспективних систем озброєння.

Показники довговічності технічних систем: середній ресурс, гамма-відсотковий ресурс, середній строк життєвого циклу й гамма-відсотковий термін служби - визначають тривалість їх життя.

Перелічені показники залежать від різних факторів, до основних з яких відносяться склад обладнання систем озброєння (радіоелектронне, механічне, електромеханічне, енергетичне та інші види обладнання), рівень технічних рішень по створенню систем озброєння; технічний і технологічний рівні виробничої бази, що використовується для їхнього створення. При формуванні вимог до технічних показників довговічності технічних систем військового призначення традиційно використовується підхід, заснований на орієнтації на такі вимоги для аналогічних систем озброєння попередніх поколінь. Такий підхід цілком себе виправдовував для умов, коли інтенсивність еволюції розвитку засобів збройної боротьби була незначною. Сучасний стан і перспективи такої еволюції свідчать про необхідність при завданні вимог до технічних показників довговічності систем озброєння орієнтуватися на прогнозні дані розвитку засобів збройної боротьби відповідних типів і прогнозні дані показників моральної деградації створюваних систем озброєння [1].

Загальноприйнятий спосіб ліквідувати моральне старіння (моральну деградацію) систем озброєння їхня модернізація. Дотепер таку модернізацію здійснюють за фактом встановлення наявності морального старіння систем озброєння на поточний час, що приводить до значного відставання темпів їхнього морального відновлення від темпів розвитку відповідних засобів збройної боротьби, оскільки значний час витрачається на розробку технічних рішень з модернізації і її технічну реалізацію. Викладене свідчить про необхідність переходу до планування модернізацій систем озброєння з випередженням на основі використання прогнозних даних про еволюцію розвитку засобів збройної боротьби. Сучасні математичні методи досліджень процесів технічної деградації складних технічних систем досить повно викладені в [1].

Дослідження процесів моральної деградації систем озброєння є більш складним завданням, тому що вимагає урахування значної кількості різнорідних показників, що характеризують засоби збройного нападу й засоби боротьби з ними. Як показано в [2], такі завдання доцільно виконувати на підставі розробки та дослідження комплексу математичних моделей процесів функціонування систем озброєння за призначенням.

У статті, як приклад, розглянута розроблена її авторами математична модель процесу функціонування однієї із сучасних систем зенітного керованого ракетного озброєння (ЗКРО) з напівактивним наведенням зенітних керованих ракет (ЗКР). Для розробки моделі використаний математичний апарат дискретних марковських процесів.

Введемо таку сукупність можливих станів системи зенітної керованої ракетної зброї (ЗКРЗ):

$E_{вих}$  - вихідний стан (надійшов сигнал "Тривога");

$E_{Г1}$  - система ЗКРЗ перейшла до стану "Готовність №1" (апаратура ввімкнена, контроль функціонування всіх систем пройшов нормально);

$E_{п}$  - пошук цілі (видане цілевказання (ЦВ) і здійснене відпрацювання ЦВ);

$E_{АСРПЦ}$  - ціль взята на автоматичний супровід радіолокатором підсвічування цілі (ціль виявлена і захоплена по всіх координатах або безпосередньо після відпрацювання ЦВ, або в результаті пошуку);

$E_{АСТСН}$  - ціль взята на автосупровід головкою самонаведення (ГСН) ЗКР (слідкуючі системи ГСН відновили ЦВ, ціль виявлена і захоплена по всіх координатах);

$E_{ст}$  - здійснений пуск ракети (проведена підготовка до пуску і старт ракети пройшов нормально);

$E_{ТЗ}$  - процес наведення пройшов нормально і ракета виведена в точку зустрічі;

$E_{ур}$  - ціль уражена;

$E_{нур}$  - ціль не уражена.

Відповідний цій сукупності станів граф переходів зображений на рис. 1.

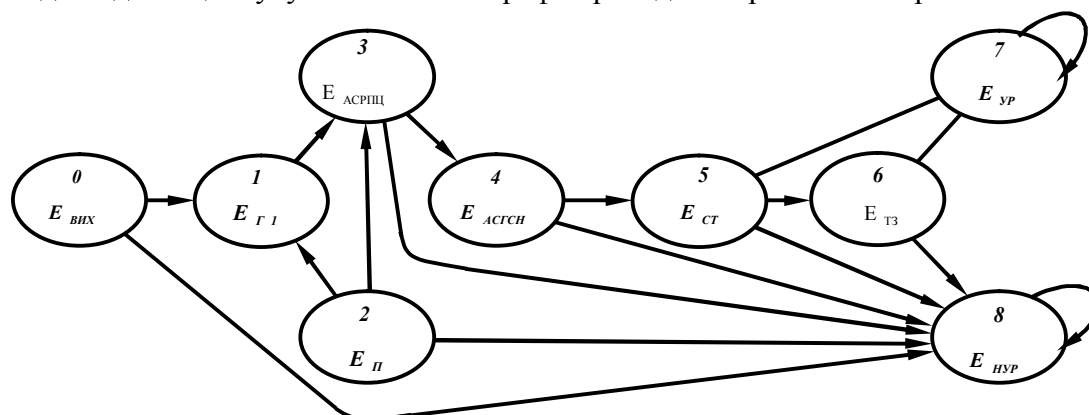


Рис. 1. Граф переходів системи ЗКРЗ по станах

Зауважимо, що визначений у такий спосіб ланцюг не є марківським, тому що в реальному процесі, моделлю якого служить розглянутий ланцюг, імовірності переходів з одного стану в інший залежать не тільки від самих цих станів, але і від часу перебування

у всіх попередніх станах, тобто майбутнє залежить не тільки від сьогодні, але і від минулого. У зв'язку з цим трансформуємо модель, довизначивши поняття станів ланцюга таким чином, щоб він набув марківських властивостей.

Ціль може бути уражена, якщо точка зустрічі ракети з ціллю знаходиться усередині зони ураження. З іншого боку, точка зустрічі буде знаходитися усередині зони ураження, якщо в момент пуску ціль буде знаходитися в зоні пуску. Як відомо, зоною пуску називається частина простору, при перебуванні цілі в якій у момент старту ракети при заданих швидкостях цілі і ракети забезпечується зустріч ракети з ціллю в зоні ураження. Тепер, за аналогією, можуть бути введені:

зона АС ГСН (АС (РПЦ) радіолокатора підсвічування цілі) - частина простору, при перебуванні цілі в якій у момент захоплення на автоматичний супровід ГСН (РПЦ) при заданих швидкостях цілі і ракети можлива зустріч ракети з ціллю в зоні ураження;

зона пошуку - частина простору, при перебуванні цілі в якій у момент початку пошуку при заданих швидкостях цілі і ракети можлива зустріч ракети з ціллю в зоні ураження;

зона "Г1" - частина простору, при перебуванні цілі в якій у момент переходу ЗРК у стан "Готовність 1" при заданих швидкостях цілі і ракети можлива зустріч ракети з ціллю в зоні ураження.

Помітимо, що на відміну від зони ураження і пуску, зони АС ГСН (АС РПЦ), пошуку і Г1, як це впливає з їхнього визначення, не є замкнутими. Для заданої траєкторії польоту цілі кожна з цих зон являє собою напіввідкритий інтервал (рис. 2). Ліві границі напівінтервалів визначаються розмірами плоскої зони ураження на висоті польоту цілі, траєкторією польоту цілі, швидкостями цілі і ракети і мінімальним часом виконання всіх операцій.

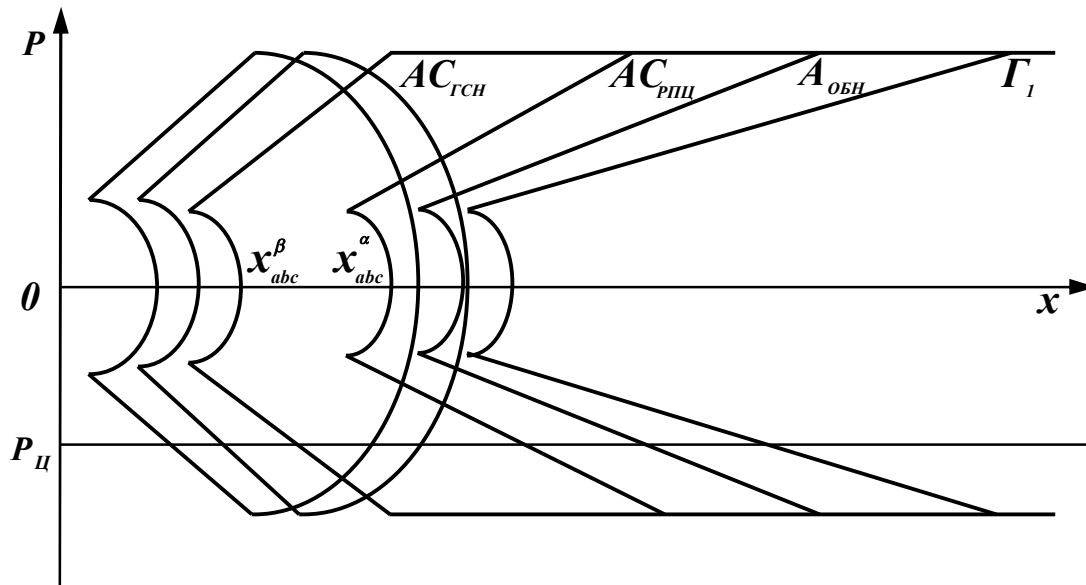


Рис. 2. Інтерпретація зони дії системи ЗКРЗ

Визначимо тепер стан ланцюга в такий спосіб. Система знаходиться в стані  $E_{Г1}$  ( $E_{п}$ ,  $E_{АСРПЦ}$ ,  $E_{АСГСН}$ ,  $E_{ст}$ ,  $E_{підр}$ ), якщо в момент, коли комплекс перейшов у стан "Готовність №1" (відповідно почато пошук цілі, ціль узята на автоматичний супровід РПЦ, ціль узята на супровід ГСН, виконаний старт ракети, здійснений підрив ракети) ціль знаходиться в зоні "Г1" (відповідно пошуку, АС РПЦ, АС ГСН, пуску, ураження). Зрозуміло, що при такому визначенні станів ланцюга марковська властивість виконується, тому що майбутні стани процесу визначаються тепер тільки поточним станом і не залежать від того, яким чином система прийшла в цей стан.

Для заданих курсу і параметра польоту цілі визначимо абсцису  $X_{пор}^B$  точки перетинання траєкторії цілі з ближньою границею зони ураження (рис. 2). Тоді абсциси точок перетинання траєкторії цілей з границями зон пуску, АС ГСН і т.д. розрахуємо за формулами:

$$X_{ст}^B = X_{пор}^B + V_{ц} + V_{ц} \frac{(X_{пор}^B) + P^2 + H^2}{V_p} = X_{пор}^B + V_{ц} \tau_{пол}^{min};$$

$$X_{АСГСН}^B = X_{пор}^B + V_{ц} (\tau_{ст}^{min} + \tau_{пол}^{min});$$

$$X_{АСРПЦ}^B = X_{пор}^B + V_{ц} (\tau_{пл}^{min} + \tau_{ст}^{min} + \tau_{пол}^{min});$$

$$X_{П}^B = X_{пор}^B + V_{ц} (\tau_{пошуку}^{min} + \tau_{АСРПЦ}^{min} + \tau_{пп}^{min} + \tau_{ст}^{min} + \tau_{пол}^{min});$$

$$X_{Г1} = X_{пор}^B + V_{ц} (\tau_{к9}^{min} + \tau_{разв}^{min} + \tau_{обн}^{min} + \tau_{АСРПЦ}^{min} + \tau_{пп}^{min} + \tau_{ст}^{min} + \tau_{пол}^{min}),$$

де  $\tau_{к9}^{min}$  - мінімальний час видачі цілевказання в кабінку К9;

$\tau_{разв}^{min}$  - мінімальний час видачі цілевказання з К9 на РПЦ і відпрацьовування цілевказання;

$\tau_{обн}^{min}$  - мінімальний час виявлення цілі після відпрацьовування цілевказання без сканування;

$\tau_{пошуку}^{min}$  - мінімальний час пошуку цілі в режимі зі скануванням (залежить від точності цілевказання);

$\tau_{АСРПЦ}^{min}$  - мінімальний час захоплення цілі на автоматичний супровід по чотирьох координатах;

$\tau_{пп}^{min}$  - мінімальний час проведення підготовки до пуску ракети;

$\tau_{ст}^{min}$  - мінімальний час проходження старту ракети;

$\tau_{пол}^{min}$  - час польоту ракети до ближньої границі зони ураження для заданих курсу і параметра цілі і швидкостей ракети  $V_p$  і цілі  $V_{ц}$ .

Для розрахунку ймовірностей переходів уведемо сукупність таких випадкових величин:

$X_{Г1}$  - випадкове значення абсциси цілі в момент, коли ЗРК перейшов у стан "Готовність №1". Значення  $X_{Г1}$  залежить від величини абсциси цілі  $X_{вих}$  у момент подачі сигналу "Тривога" і випадкових значень часу ввімкнення апаратури  $\tau_{вкл}$  і контролю її функціонування  $\tau_{кф}$

$$X_{Г1} = X_{вих} - V_{ц} (\tau_{вкл} + \tau_{кф}), \quad (1)$$

де  $X_{п}$  - випадкове значення абсциси цілі в момент початку пошуку, коли після відпрацьовування цілевказання ціль не виявлена.

Значення  $X_{п}$  залежить від випадкового значення дальності до цілі  $X_{Г1}$  у момент переходу ЗРК у стан "Готовність №1", від випадкових значень часу, витраченого на прийом, обробку і видачу цілевказання  $\tau_{к9}$ , часу обробки цілевказання  $\tau_{разв}$ , а також від часу  $\tau_{обн}^{max}$ , що відводиться операторові на підтвердження факту виявлення або невиявлення цілі після відпрацьовування цілевказання відповідної РПЦ

$$X_{п} = X_{Г1} - V_{ц} (\tau_{к9} + \tau_{разв} + \tau_{обн}^{max}), \quad (2)$$



де  $X_{АСРПЦ/м1}$  - випадкове значення абсциси цілі в момент, коли ЗРК перейшов у стан АС РПЦ за умови, що попереднім був стан "Готовність №1".

Значення  $X_{АСРПЦ/м1}$  залежить від випадкової дальності до цілі  $X_{Г1}$  у момент переходу ЗРК у стан "Готовність №1" і від випадкових значень часу видачі цілевказання в К9, відпрацювання цілевказання, виявлення цілі і захоплення цілі на автосупроводження РПЦ по всіх координатах

$$X_{АСРПЦ/Г1} = X_{Г1} - V_{ц}(\tau_{к9} + \tau_{раз} + \tau_{обн} + \tau_{АСРПЦ}),$$

де  $X_{АСРПЦ/п}$  - випадкове значення абсциси цілі в момент, коли ЗРК перейшов у стан АС РПЦ за умови, що попереднім був стан "Пошук цілі".

Значення  $X_{АСРПЦ/п}$  залежить від випадкової дальності до цілі  $X_{Г1}$  у момент переходу ЗРК у стан "Пошук цілі" і від випадкових значень часу пошуку цілі і часу захоплення цілі на автосупроводження РПЦ по всіх координатах.

Тоді

$$X_{АСРПЦ/п} = X_{п} - V_{ц}(\tau_{пошуку} + \tau_{АСРПЦ}), \quad (3)$$

де  $X_{АСГСН}$  - випадкове значення абсциси цілі в момент, коли ЗРК перейшов у стан АС ГСН.

Значення  $X_{АСГСН}$  залежить від випадкової дальності до цілі  $X_{АСРПЦ}$  у момент переходу ЗРК у стан АС РПЦ і від випадкового значення часу підготовки до пуску ракети.

З іншого боку, дальність захоплення цілі на автоматичний супровід ГСН визначається чутливістю приймача ГСН. Тоді

$$X_{АСГСН} = \min(X_{АСРПЦ} - V_{ц}\tau_{ш}, X_{АСГСН}^{с/ш}), \quad (4)$$

$$\text{де } X_{АСГСН}^{с/ш} = (D_{АСГСН}^{с/ш})^2 - p^2;$$

$D_{АСГСН}^{с/ш} = \alpha\sqrt{S_{эф}}$  - дальність захоплення цілі на автосупроводження ГСН ( $\alpha$  - коефіцієнт,  $S_{эф}$  - ефективна площа розсіювання цілі).

Значення  $X_{ст}$  залежить від випадкової дальності до цілі  $X_{АСГСН}$  у момент переходу ЗРК до стану АС ГСН і від випадкового часу здійснення старту. Тоді

$$X_{ст} = X_{АСГСН} - V_{ц}\tau_{ст}. \quad (5)$$

Для розрахунку чисельних значень ймовірностей переходів необхідне знання законів розподілу введених випадкових величин. Оскільки на кожен з цих величин впливає велике число випадкових факторів, природно вважати закон розподілу цих величин нормальним.

Параметри законів розподілу випадкових величин  $\tau_{вкл}$ ,  $\tau_{кф}$ ,  $\tau_{к9}$ ,  $\tau_{раз}$ ,  $\tau_{обн}$ ,  $\tau_{пошуку}$ ,  $\tau_{АСРПЦ}$ ,  $\tau_{ш}$ ,  $\tau_{ст}$  можуть бути отримані з використанням нормативів з бойової роботи. Як математичне сподівання кожної з цих величин можна вибрати значення часу, що відповідає оцінці "добре". Подвоєний діапазон між значеннями, що відповідають оцінкам "задовільно" і "відмінно", приймемо за  $6\sigma$ .

Як відомо, випадкова величина, що дорівнює лінійній комбінації незалежних нормально розподілених випадкових величин  $V_1, V_2, \dots, V_k$ , також розподілена за нормальним законом. При цьому, якщо

$$u = \beta_0 + \beta_1 V_1 + \beta_2 V_2 + \dots + \beta_k V_k,$$

то

$$\bar{u} = \beta_0 + \beta_1 \bar{V}_1 + \beta_2 \bar{V}_2 + \dots + \beta_k \bar{V}_k,$$

$$\sigma_u = \beta_1^2 \sigma_{V_1}^2 + \beta_2^2 \sigma_{V_2}^2 + \dots + \beta_k^2 \sigma_{V_k}^2. \quad (6)$$

Тоді, маючи на увазі співвідношення (1) - (6), складемо таблицю формул для розрахунку параметрів законів розподілу випадкових величин  $X_{r1}$ ,  $X_{п}$ ,  $X_{АСРПЦ/r1}$ ,  $X_{АСРПЦ/п}$ ,  $X_{АСГСН}$ ,  $X_{ст}$  (табл. 1).

Графічна інтерпретація розрахунку параметрів пояснюється рис. 3. Тут

$$\bar{X}_{АСРПЦ} = \bar{X}_{АСРПЦ/r1} P_{обн} + \bar{X}_{АСРПЦ/п} (1 - P_{обн}),$$

$$\sigma_{АСРПЦ}^2 = \sigma_{АСРПЦ/r1}^2 P_{обн}^2 + \sigma_{АСРПЦ/п}^2 (1 - P_{обн})^2,$$

Таблиця 1. Параметри законів розподілу

Випадкова величина $X_\alpha$	Математичне сподівання $\bar{X}_\alpha$ км	Середнє квадратичне відхилення $\sigma X_\alpha$ км
$X_{r1}$	$\bar{X}_{исх} - V_{ц} (\bar{\tau}_{вкл} + \bar{\tau}_{фк})$	$V_{ц}^2 (\omega \tau_{вкл}^2 + \tau_{фк}^2)$
$X_{п}$	$\bar{X}_{r1} - V_{ц} (\bar{\tau}_{кд} + \bar{\tau}_{разв} + \bar{\tau}_{обн}^{max})$	$\sigma_{r1}^2 + V_{ц}^2 (\sigma \tau_{кд}^2 + \sigma \tau_{разв}^2)$
$X_{АСРПЦ/r1}$	$\bar{X}_{r1} - V_{ц} (\bar{\tau}_{кд} + \bar{\tau}_{разв} + \bar{\tau}_{обн} + \bar{\tau}_{АСРПЦ})$	$\sigma_{r1}^2 + V_{ц}^2 (\sigma \tau_{кд}^2 + \sigma \tau_{разв}^2 + G \tau_{обн}^2 + \sigma \tau_{АСРПЦ}^2)$
$X_{АСРПЦ/п}$	$\bar{X}_{п} - V_{ц} (\bar{\tau}_{поиска} + \bar{\tau}_{АСРПЦ})$	$\sigma_{п}^2 + V_{ц}^2 (G \tau_{поиска}^2 + \sigma \tau_{АСРПЦ}^2)$
$X_{АСГСН}$	$\bar{X}_{АСРПЦ} - V_{ц} \bar{T}_{пп}$	$\sigma_{АСРПЦ}^2 + V_{ц}^2 \sigma \tau_{пп}^2$
$X_{ст}$	$\bar{X}_{АСГСН} - V_{ц} \bar{\tau}_{ст}$	$\sigma_{АСГСН}^2 + V_{ц}^2 \sigma \tau_{ст}^2$

Тепер можна записати аналітичні вирази для розрахунку ймовірностей переходу системи з одного стану в інший.

Імовірність переходу  $W_{вих,r1}$  зі стану  $E_{вих}$  у стан  $E_{r1}$  залежить від імовірності успішного проходження контролю функціонування  $P_{фк}$  і імовірності  $P(X_{r1}^B \leq X_{r1})$  того, що в момент переходу ЗРК у стан "Готовність №1" ціль буде знаходитися в зоні "Готовність №1":

$$W_{вих,r1} = P_{фк} P(X_{r1}^B \leq X_{r1}). \quad (7)$$

Імовірність  $W_{вих,пп}$  доповнює  $W_{вих,r1}$  до одиниці:

$$W_{вих,пп} = 1 - W_{вих,r1}. \quad (8)$$

Імовірність переходу  $W_{r1,п}$  зі стану  $E_{r1}$  у стан  $E_{п}$  залежить від імовірності виявлення цілі  $P_{обн}$  після відпрацювання цілевказання й імовірності  $P(X_{п}^B = X_{п})$  того, що в момент переходу ЗРК у стан "Пошук цілі" ціль буде знаходитися в зоні пошуку:

$$W_{r1,п} = (1 - P_{обн}) P(X_{п}^B \leq X_{п}) P_{пошуку по \beta, \epsilon, \gamma}. \quad (9)$$

Імовірність переходу  $W_{\Gamma 1, \text{АСРПЦ}}$  зі стану  $E_{\Gamma 1}$  у стан  $E_{\text{АСРПЦ}}$  також залежить від імовірності виявлення цілі  $P_{\text{обн}}$  і імовірності  $P(X_{\text{АСРПЦ}}^B \leq X_{\text{АСРПЦ}/\Gamma 1})$  того, що в момент захоплення цілі на АС РПЦ вона буде знаходитися в зоні АС РПЦ

$$W_{\Gamma 1, \text{АСРПЦ}} = P_{\text{обн}} P(X_{\text{АСРПЦ}}^B \leq X_{\text{АСРПЦ}/\Gamma 1}) P_{\text{АСРПЦ}}. \quad (10)$$

Імовірність переходу  $W_{\Gamma 1, \text{нур}}$  доповнює суму ймовірностей  $W_{\Gamma 1, \text{п}} + W_{\Gamma 1, \text{АСРПЦ}}$  до одиниці

$$W_{\Gamma 1, \text{нур}} = 1 - W_{\Gamma 1, \text{п}} - W_{\Gamma 1, \text{АСРПЦ}}. \quad (11)$$

Імовірність переходу  $W_{\text{п}, \text{АСРПЦ}}$  зі стану  $E_{\text{п}}$  у стан  $E_{\text{АСРПЦ}}$  залежить від імовірності  $P(X_{\text{АСРПЦ}}^B \leq X_{\text{АСРПЦ}/\text{п}})$  того, що в момент захоплення цілі на АС РПЦ після виявлення її в режимі пошуку цілі буде знаходитися в зоні АС РПЦ

$$W_{\text{п}, \text{АСРПЦ}} = P(X_{\text{АСРПЦ}}^B \leq X_{\text{АСРПЦ}/\text{п}}) P_{\text{п}/\text{АСРПЦ}}. \quad (12)$$

Імовірність переходу  $W_{\text{п}, \text{нур}}$  доповнює  $W_{\text{п}, \text{АСРПЦ}}$  до одиниці

$$W_{\text{п}, \text{нур}} = 1 - W_{\text{п}/\text{АСРПЦ}}. \quad (13)$$

Імовірність переходу  $W_{\text{АСРПЦ}, \text{АСГСН}}$  зі стану  $E_{\text{АСРПЦ}}$  у стан  $E_{\text{АСГСН}}$  залежить від дальності  $D_{\text{АСГСН}}^{c/\text{ш}}$  захоплення цілі на автосупроводження ГСН і від імовірності  $P(X_{\text{АСГСН}}^B \leq X_{\text{АСГСН}})$  того, що в момент захоплення цілі на автосупроводження ГСН цілі буде знаходитися в зоні АС ГСН:

$$W_{\text{АСРПЦ}, \text{АСГСН}} = \begin{cases} P(X_{\text{АСГСН}}^B \leq X_{\text{АСГСН}}), & \text{якщо } (D_{\text{АСГСН}}^{c/\text{ш}})^2 - P^2 - H_{\text{АСГСН}}^B \geq X_{\text{АСГСН}}; \\ 0, & \text{якщо } (D_{\text{АСГСН}}^{c/\text{ш}})^2 - P^2 - H^2 \geq X_{\text{АСГСН}}. \end{cases} \quad (14)$$

Імовірність  $W_{\text{АСРПЦ}, \text{нп}}$ , доповнює  $W_{\text{АСРПЦ}, \text{АСГСН}}$  до одиниці

$$W_{\text{АСРПЦ}, \text{нур}} = 1 - W_{\text{АСРПЦ}, \text{АСГСН}}. \quad (15)$$

Імовірність  $W_{\text{АСГСН}, \text{ст}}$  переходу зі стану  $E_{\text{АСГСН}}$  у стан  $E_{\text{ст}}$  залежить від імовірності  $P_{\text{ст}}$  нормального проходження ракетою передстартової підготовки й імовірності  $P(X_{\text{ст}}^B \leq X_{\text{ст}})$  того, що в момент пуску цілі буде знаходитися в зоні пуску

$$W_{\text{АСГСН}, \text{ст}} = P_{\text{ст}} P(X_{\text{ст}}^B \leq X_{\text{ст}}). \quad (16)$$

Імовірність  $W_{\text{АСГСН}, \text{нп}}$  доповнює  $W_{\text{АСГСН}, \text{ст}}$  до одиниці

$$W_{\text{АСРПЦ}, \text{нур}} = 1 - W_{\text{АСГСН}, \text{ст}}. \quad (17)$$

Оскільки для випадкових величин  $X_{\Gamma 1}$ ,  $X_{\text{п}}$ ,  $X_{\text{АСРПЦ}/\text{п}}$ ,  $X_{\text{АСГСН}}$ ,  $X_{\text{ст}}$  прийнята гіпотеза про нормальний закон їхнього розподілу, то імовірності, що входять до співвідношення (7)-(17)

$$P(X_{\alpha}^B \leq Y_{\alpha}), \quad \alpha \in \{\Gamma 1, \text{п}, \text{АСРПЦ}/\Gamma 1, \text{АСРПЦ}/\text{п}, \text{ст}\}$$

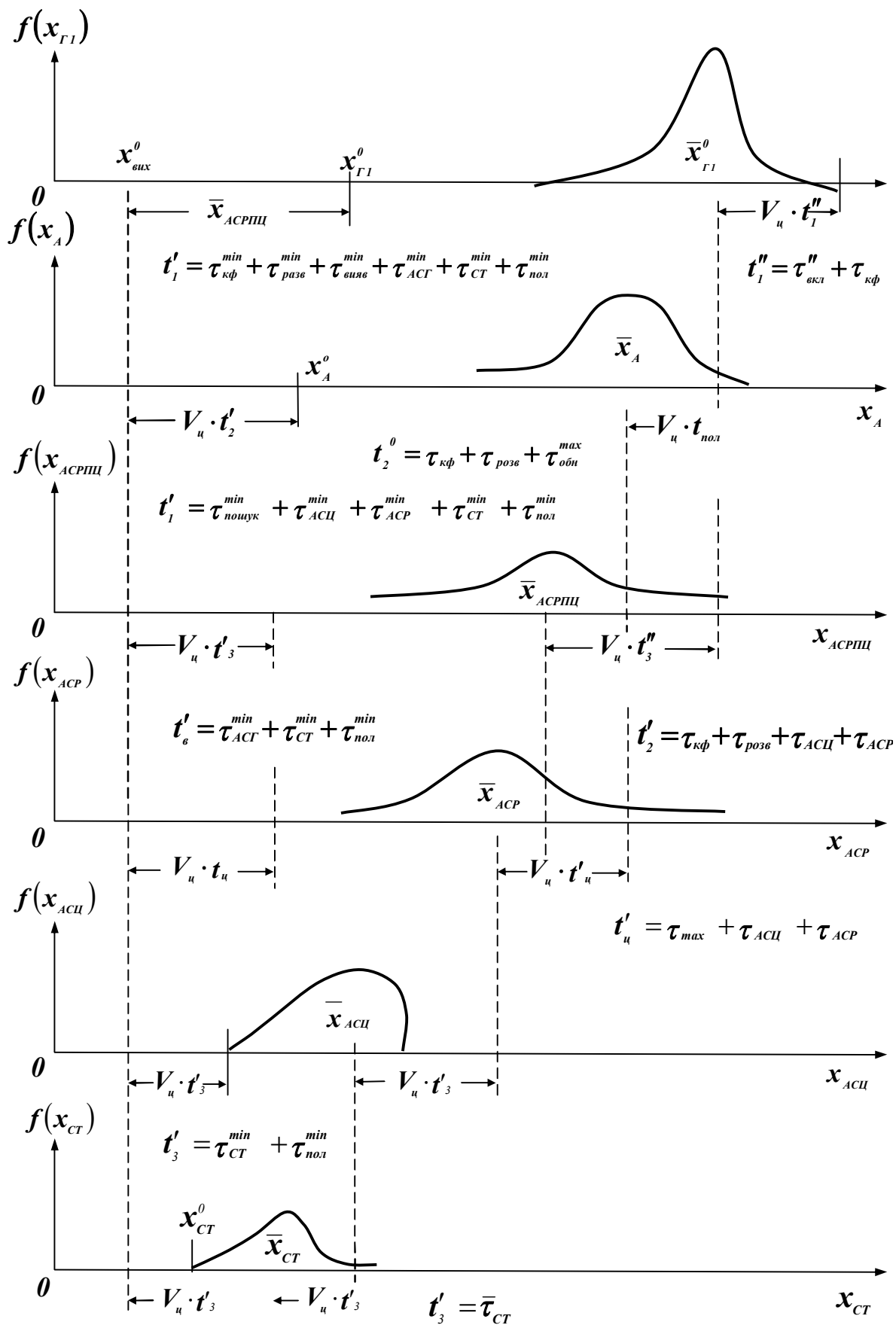


Рис. 3. Графічна інтерпретація законів розподілу  $f(x)$

обчислюються за формулою:

$$P(X_{\alpha}^B, X_{\alpha}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma\alpha}} \int_{X_{\alpha}^B}^{\infty} e^{-\frac{(X_{\alpha}-\bar{X}_{\alpha})^2}{2\sigma_{\alpha}^2}} dX_{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{X_{\alpha}^B-\bar{X}_{\alpha}}{\sqrt{2\sigma_{\alpha}}}}^{\infty} e^{-t^2} dt = \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{X_{\alpha}^B-\bar{X}_{\alpha}}{\sqrt{2\sigma_{\alpha}}}} e^{-t^2} dt =$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{\bar{X}_{\alpha}-X_{\alpha}^B}{\sqrt{2\sigma_{\alpha}}}} e^{-t^2} dt = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{\bar{X}_{\alpha}-X_{\alpha}^B}{\sqrt{2\sigma_{\alpha}}}} e^{-t^2} dt \right) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \Phi \left( \frac{\bar{X}_{\alpha}-X_{\alpha}^B}{\sqrt{2\sigma_{\alpha}}} \right) \right],$$

де  $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$  - інтеграл імовірності,

а імовірність

$$P(X_{\text{АСГСН}}^B \leq X_{\text{АСГСН}} / X_{\text{АСГСН}}^{c/\text{ш}} > X_{\text{АСГСН}}^{\text{д}}) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\text{АСГСН}}} \int_{X_{\text{АСГСН}}^B}^{X_{\text{АСГСН}}^{c/\text{ш}}} e^{-\frac{(X_{\text{АСГСН}}-\bar{X}_{\text{АСГСН}})^2}{2\sigma_{\text{АСГСН}}^2}} dX_{\text{АСГСН}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{X_{\text{АСГСН}}^B-\bar{X}_{\text{АСГСН}}}{\sqrt{2\sigma_{\text{АСГСН}}}}}^{\frac{X_{\text{АСГСН}}^{c/\text{ш}}-\bar{X}_{\text{АСГСН}}}{\sqrt{2\sigma_{\text{АСГСН}}}}} e^{-t^2} dt = \frac{1}{2} \left[ \Phi \left( \frac{X_{\text{АСГСН}}^{c/\text{ш}}-\bar{X}_{\text{АСГСН}}}{\sqrt{2\sigma_{\text{АСГСН}}}} \right) + \Phi \left( \frac{\bar{X}_{\text{АСГСН}}-X_{\text{АСГСН}}^B}{\sqrt{2\sigma_{\text{АСГСН}}}} \right) \right].$$

Імовірність  $W_{\text{ст.подр}}$  переходу зі стану  $E_{\text{ст}}$  у стан  $E_{\text{подр}}$  залежить від імовірності успішного наведення  $P_{\text{нав}}$  ракети на ціль

$$W_{\text{ст.нур}} = P_{\text{нав}} \cdot \quad (18)$$

Імовірність  $W_{\text{ст.нп}}$  доповнює  $W_{\text{ст.подр}}$  до одиниці

$$W_{\text{ст.нур}} = 1 - W_{\text{ст.подр}} \cdot \quad (19)$$

Імовірність  $W_{\text{подр.пір}}$  переходу системи зі стану  $E_{\text{подр}}$  у стан  $E_{\text{пор}}$  дорівнює умовній імовірності ураження цілі за умови виведення ракети в точку зустрічі:

$$W_{\text{подр.пор}} = P_{\text{пор}} \cdot \quad (20)$$

Імовірність  $W_{\text{подр.нур}}$  доповнює  $W_{\text{подр.пір}}$  до одиниці

$$W_{\text{подр.нур}} = 1 - P_{\text{пор}} \cdot \quad (21)$$

Таким чином, матриця  $W$  ймовірностей переходу системи по станах математичний вигляд представлено в табл. 2.

Таблиця 2. Матриця ймовірностей переходу системи по станах

	$E_{\text{вих}} 0$	$E_{\text{Г1}} 1$	$E_{\text{П}} 2$	$E_{\text{АСРПЦ}} 3$	$E_{\text{АСГСН}} 4$	$E_{\text{ст}} 5$	$E_{\text{подр}} 6$	$E_{\text{пор}} 7$	$E_{\text{нур}} 8$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E_{\text{вих}} 0$		$W_{01}$							$W_{08}$
$E_{\text{Г1}} 1$			$W_{12}$	$W_{13}$					$W_{18}$
$E_{\text{П}} 2$				$W_{25}$					$W_{28}$
$E_{\text{АСРПЦ}} 3$					$W_{34}$				$W_{38}$
$E_{\text{АСГСН}} 4$						$W_{45}$			$W_{48}$
$E_{\text{ст}} 5$							$W_{56}$		
$E_{\text{подр}} 6$								$W_{57}$	$W_{58}$
$E_{\text{пор}} 7$								1	
$E_{\text{нур}} 8$									1

Як видно з розгляду матриці ймовірностей  $W$  переходів системи, існують поглинаючі стани, тому процес не є ергодичним. Застосуємо для аналізу такої системи

прийом, запропонований у [2]. Введемо імовірності переходу від поглинаючих станів у вихідні, зменшивши відповідно імовірності переходу для цих станів. Матриця переходів при цьому перетвориться до вигляду табл. 3.

Таблиця 3. Матриця імовірності переходу системи по станах, що реалізуються

	Е <sub>вих</sub> 0	Е <sub>Г1</sub> 1	Е <sub>п</sub> 2	Е <sub>АСРПЦ</sub> 3	Е <sub>АСГСН</sub> 4	В <sub>ст</sub> 5	Е <sub>подр</sub> 6	Е <sub>пор</sub> 7	Е <sub>нур</sub> 8
Е <sub>вих</sub> 0		W <sub>01</sub>							W <sub>08</sub>
Е <sub>Г1</sub> 1			W <sub>12</sub>	W <sub>13</sub>					W <sub>18</sub>
Е <sub>п</sub> 2				W <sub>23</sub>					W <sub>28</sub>
Е <sub>АСРПЦ</sub> 3					W <sub>34</sub>				W <sub>38</sub>
Е <sub>АСГСН</sub> 4						W <sub>45</sub>			W <sub>48</sub>
В <sub>ст</sub> 5							W <sub>56</sub>		W <sub>58</sub>
Е <sub>подр</sub> 6								W <sub>67</sub>	W <sub>68</sub>
Е <sub>пор</sub> 7	А							1-а	
Е <sub>нур</sub> 8	А								1-а

$$\text{Тепер отримаємо: } \Pi(\alpha) = \Pi(\alpha)W(\alpha). \quad (22)$$

Векторно-матричне рівняння (22) трансформується в систему лінійних алгебраїчних рівнянь щодо компонентів граничного вектора  $(\pi_0(\alpha), \pi_1(\alpha), \dots, \pi_8(\alpha))$ :

$$\begin{cases} \pi_0(\alpha) = \alpha \cdot [\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)]; \\ \pi_1(\alpha) = \pi_0(\alpha) \cdot W_{01}; \\ \pi_2(\alpha) = \pi_1(\alpha) \cdot W_{12}; \\ \pi_3(\alpha) = \pi_1(\alpha) \cdot W_{13} + \pi_2(\alpha) \cdot W_{23}; \\ \pi_4(\alpha) = \pi_3(\alpha) \cdot W_{34}; \\ \pi_5(\alpha) = \pi_4(\alpha) \cdot W_{45}; \\ \pi_6(\alpha) = \pi_5(\alpha) \cdot W_{56}; \end{cases} \quad (23)$$

$$\pi_7(\alpha) = \pi_6(\alpha)W_{67} + (1 + \alpha) \cdot \pi_7(\alpha);$$

$$\begin{aligned} \pi_8(\alpha) = & \pi_0(\alpha)W_{08} + \pi_1(\alpha)W_{18} + \pi_2(\alpha)W_{28} + \pi_3(\alpha)W_{38} + \\ & + \pi_4(\alpha)W_{48} + \pi_5(\alpha)W_{58} + \pi_6(\alpha)W_{68} + (1 - \alpha)\pi_8(\alpha). \end{aligned} \quad (24)$$

З (24) отримуємо, що:

$$\begin{aligned} \alpha\pi_7(\alpha) &= \pi_6(\alpha)W_{67}; \\ \alpha\pi_8(\alpha) &= \sum_{i=0}^6 \pi_i(\alpha)W_{i8}. \end{aligned} \quad (25)$$

З іншого боку, після перетворення (23) маємо

$$\begin{cases} \pi_1(\alpha) = \alpha[\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] \cdot W_{01}; \\ \pi_2(\alpha) = \alpha[\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] \cdot W_{01}W_{12}; \\ \pi_3(\alpha) = \alpha[\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] \cdot (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23}); \\ \pi_4(\alpha) = \alpha[\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] \cdot (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}; \\ \pi_5(\alpha) = \alpha[\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] \cdot (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}; \\ \pi_6(\alpha) = \alpha[\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] \cdot (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}W_{56}; \end{cases} \quad (26)$$

Підставляючи (26) у (25), одержуємо:

$$\begin{aligned} \pi_7(\alpha) &= [\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] \cdot (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}W_{56}W_{67}; \\ \pi_8(\alpha) &= [\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] \cdot (W_{08} + W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23} + (W_{01}W_{13} + \\ &+ W_{01}W_{12}W_{23})W_{38} + (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}W_{58} + \\ &+ (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}W_{56}W_{68}). \end{aligned}$$

Оскільки:

$$\pi_7 = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \pi_7(\alpha);$$

$$\pi_8 = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \pi_8(\alpha);$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} [\pi_7(\alpha) + \pi_8(\alpha)] = 1,$$

то

$$\pi_7 = \text{Ім.пор} = (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}W_{56}W_{67};$$

$$\begin{aligned} \pi_8 &= \text{Ім.нп} = [W_{08} + W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23} + \\ &+ (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{38} + (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{48} + \\ &+ (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}W_{58} + (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}W_{56}W_{68} = \\ &= 1 - (W_{01}W_{13} + W_{01}W_{12}W_{23})W_{34}W_{45}W_{56}W_{67}. \end{aligned}$$

Тепер, змінивши початкові умови і параметри задачі, можна аналітично досліджувати вплив на ефективність комплексу льотно-технічних характеристик цілі (швидкості, висоти відбиваючої поверхні, поверхня цілі і т.п.); тактико-технічних характеристик ЗРК (енергетичного потенціалу РПЦ, дальності захоплення цілі на АС ГСН, точності наведення і т.п.) і багатьох інших факторів (наприклад, точність цілевказання, ефективність пошуку, часу виконання всіх операцій з підготовки до стрільби тощо).

Таким чином запропоновані моделі забезпечують вирішення завдання щодо корегування технічних характеристик ЗРК (модернізацій) на основі прогнозних даних про еволюцію розвитку льотно-технічних характеристик можливих цілей.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Ковтуненко А.П., Шершнев Н.А. «Основы построения и моделирования функционирования сложных систем вооружения» - Харків.: ХВУ, - 1993, - 226 с.
2. Ковтуненко А.П., Зубарев В.В., Ланецкий Б.Н., Зверев А.А. «Математическое моделирование в задачах исследования надежности технических систем» - К.: НАУ, 2006, 234 с.

Рецензент: **д.т.н., доц. Шишанов М.О.**

## МЕТОДИКА ПОБУДОВИ СУМІЩЕНОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЧАСТИНИ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Запропоновано методика побудови суміщеного плану-графіка обслуговування сукупності об'єктів озброєння та військової техніки у військовій частині, в основу якої покладено визначення раціональних значень періодичності обслуговування сукупності зразків техніки із оцінкою впливу їх відхилення на коефіцієнт технічного використання для кожного зразка окремо.*

*Предложена методика построения совмещенного плана-графика обслуживания совокупности объектов вооружения и военной техники в воинской части, в основу которой положено определение рациональных значений периодичности обслуживания совокупности образцов техники с оценкой влияния их отклонения на коэффициент технического использования для каждого образца отдельно.*

*The method of construction of the combined plan-graph of maintenance of aggregate of objects of armament and military technique is offered in military part in basis of which determination of rational values of periodicity of maintenance of aggregate of standards of technique is fixed with the estimation of influence of their rejection on the coefficient of the technical use for every standard separately.*

**Вступ.** У роботі [1] показано доцільність та ефективність диференційованого підходу до обслуговування об'єктів озброєння та військової техніки (в подальшому просто об'єктів), сутність якого полягає у визначенні періодичності ТО окремих підсистем об'єкта із наступним суміщенням операцій обслуговування в єдиний комплекс робіт для об'єкта в цілому. Представляє практичний інтерес використання такого підходу для корегування термінів проведення ТО сукупності різнотипних об'єктів з метою покращення організації планування їх експлуатації у військовій частині чи підрозділі.

Метою даної статті є викладення методики побудови суміщеного плану-графіка ТО різнотипних об'єктів та можливості її використання під час планування експлуатації техніки у військовій частині.

**Постановка задачі.** Розглянемо сукупність різнотипних об'єктів, які експлуатуються в однакових умовах. Відповідними керівними документами встановлено ресурс таких об'єктів до планових профілактичних заходів. Протягом певного періоду планується використання цих об'єктів за призначенням, причому час простою, пов'язаний із виконанням заходів технічного обслуговування, знижує показники якості їх функціонування та загальний показник готовності техніки частини – коефіцієнт технічної готовності  $K_{тг}$ , який показує частку справної техніки у її обліковому масиві. Якість функціонування окремо взятого об'єкта оцінюється комплексним показником надійності – коефіцієнтом технічного використання, який для нашої задачі є функцією  $K_{тв}(T)$  періодичності обслуговування зразка  $T$ , причому оптимальне значення періодичності  $T^*$  забезпечує максимум  $K_{тв}(T^*)$ .

Задача полягає у планомірному зміщенні строків проведення ТО сукупності об'єктів з оцінкою впливу відхилення значень періодичності обслуговування від своїх оптимальних значень на коефіцієнт технічного використання для кожного об'єкта окремо.

**Результати дослідження.** У роботі [2] наведено вираз для коефіцієнта технічного використання, за яким можливо визначити оптимальне значення періодичності  $T^*$  проведення обслуговування:



$$K_{\text{тв}}(T) = \frac{\int_0^T \bar{F}(t) dt}{\int_0^T \bar{F}(t) dt + \bar{t}_B F(T) + \bar{t}_{\text{то}} \bar{F}(T)}, \quad (1)$$

де  $F(t)$  (чи  $\bar{F}(t) = 1 - F(t)$ ) - функція розподілу наробітку  $t_n$  об'єкта до відмови із математичним очікуванням  $\bar{t}_n$ ;

$F_B(t)$  (чи  $\bar{F}_B(t) = 1 - F_B(t)$ ) функція розподілу тривалості відновлення  $t_B$  працездатності об'єкта із математичним очікуванням  $\bar{t}_B$ ;

$\bar{\Phi}_{\text{то}}(t)$  (чи  $\bar{\Phi}_{\text{то}}(t) = 1 - \Phi_{\text{то}}(t)$ ) функція розподілу тривалості  $t_{\text{то}}$  проведення обслуговування об'єкта  $\Phi_{\text{то}}(t)$  із математичним очікуванням  $\bar{t}_{\text{то}}$ .

У результаті відхилення періодичності проведення ТО на деяку величину  $\Delta T$  від свого оптимального значення коефіцієнт технічного використання знижується. Оцінити вплив такого відхилення на коефіцієнт технічного використання можливо за наступним виразом [3]:

$$\delta[K_{\text{тв}}(T^* \pm \Delta T)] = \frac{|K_{\text{тв}}(T^*) - K_{\text{тв}}(T^* \pm \Delta T)|}{K_{\text{тв}}(T^*)} \cdot 100\% \quad (2)$$

Якщо в результаті зміщення періодичності ТО після оцінки значення коефіцієнта технічного використання виявиться таким, що не відповідає необхідному рівню, то проводиться перерахунок за формулою (1) для нових уточнених значень періодичності ТО.

Під час проведення процедури суміщення операцій обслуговування для сукупності об'єктів слід враховувати те, що різнотипна техніка відрізняється базовими шасі, характером відмов, інтенсивністю та умовами експлуатації. Тому під час визначення раціональної періодичності ТО сукупності об'єктів їх слід групувати по марках, термінах перебування в експлуатації та базовому шасі. При такому групуванні отримані результати раціональних значень параметрів ТО в окремій групі не будуть суттєво відрізнятися одні від одних і, враховуючи факт повільної зміни показників якості функціонування об'єктів від збільшення періодичності їх обслуговування після своїх оптимальних значень [1], зміщення термінів проведення ТО об'єктів певного типу несуттєво вплине на показники їх якості. Під час групування об'єктів по базових шасі можливо отримати такі групи на базі: танків; багатоцільових тягачів (МТ-Т, МТ-ЛБ); спеціальних шасі; колісних шасі. Тоді методика побудови суміщеного плану-графіка сукупності об'єктів військової частини (підрозділу) набуде наступного вигляду:

1. Визначення раціональної періодичності проведення ТО окремих об'єктів та кожної їх групи. Для цього будується графік коефіцієнта технічного використання (1) як функції періодичності  $T$  і визначається оптимальне значення періодичності ТО, яке відповідає екстремуму (максимуму) цього показника.

2. Корегування строків проведення ТО кожної групи об'єктів на основі уточнених (раціональних) значень із оцінкою впливу їх відхилення  $\Delta T$  на комплексний показник надійності – коефіцієнт технічного використання, вираз (2).

3. Побудова суміщеного плану-графіка обслуговування сукупності об'єктів в частині.

Графічне представлення процедури суміщення операцій ТО для сукупності об'єктів наведено на рис. 1.

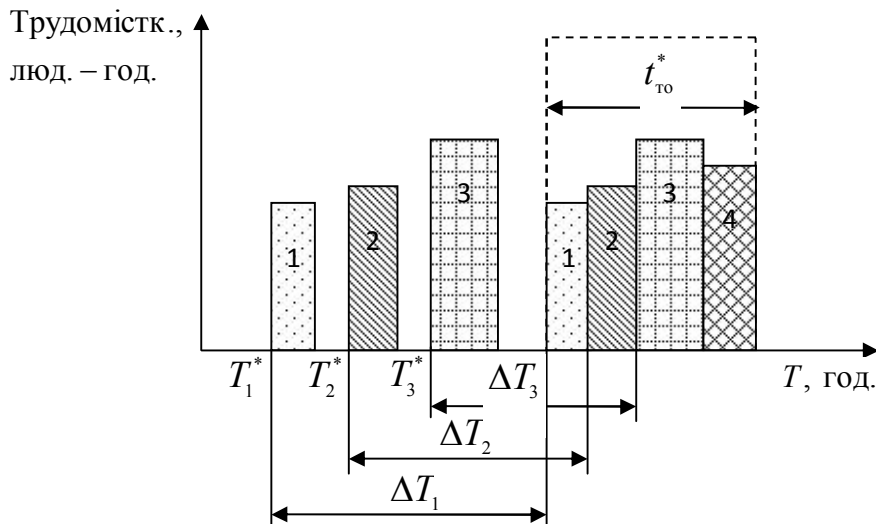


Рис. 1. Варіант побудови суміщеного плану-графіка обслуговування сукупності зразків техніки військової частини: 1, 2, 3, 4 – групи техніки;  $T_1^*$ ,  $T_2^*$ ,  $T_3^*$  – раціональні значення періодичності ТО окремих груп техніки частини;  $t_{\text{то}}^*$  – тривалість проведення періодичного обслуговування сукупності груп техніки;  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$ ,  $\Delta T_3$  – відхилення періодичності проведення ТО для окремих груп техніки

Дану методику доцільно використовувати під час планування експлуатації техніки, яке здійснюється у військових частинах з метою забезпечення виконання ними завдань при найбільш раціональному використанні техніки. В процесі планування розробляються: перспективний, річний та місячний плани експлуатації і ремонту ОБТ; план-графік технічного обслуговування і ремонту ОБТ; місячний виробничий план ремонтної частини (підрозділу, майстерні) та план постановки ОБТ на зберігання [4].

На рис. 2 показано порядок розробки річного та місячного планів експлуатації техніки технічною службою частини у питаннях, що стосуються проведення ТО, із використанням отриманих результатів дослідження.

Як видно із рисунку, для функціонування такої системи планування необхідна статистична інформація про безвідмовність об'єктів. Дана інформація збирається протягом міжремонтного періоду експлуатації техніки, обробляється і з використанням запропонованої методики розраховуються нові, уточнені значення періодичності ТО, які буде використано під час планування наступного періоду експлуатації.

**Висновок.** Таким чином, використання методики побудови суміщеного плану-графіка обслуговування сукупності зразків техніки військової частини під час розробки планів експлуатації дозволить планувати терміни проведення ТО у найбільш доцільний для цього час, що може зменшити відрив особового складу та техніки від планових занять. Групування зразків по базових шасі може забезпечити більш ефективне використання парко-гаражного обладнання та впровадження передових методів обслуговування (наприклад поточного методу). Плановий, ступінчастий вихід техніки на ТО забезпечить рівномірне завантаження пункту технічного обслуговування та ремонту, що дозволить підвищити коефіцієнт використання робочого часу ремонтників. Суміщення термінів проведення обслуговування усіх зразків техніки частини може значно спростити процес їх забезпечення ЗІП та паливно-мастильними матеріалами.

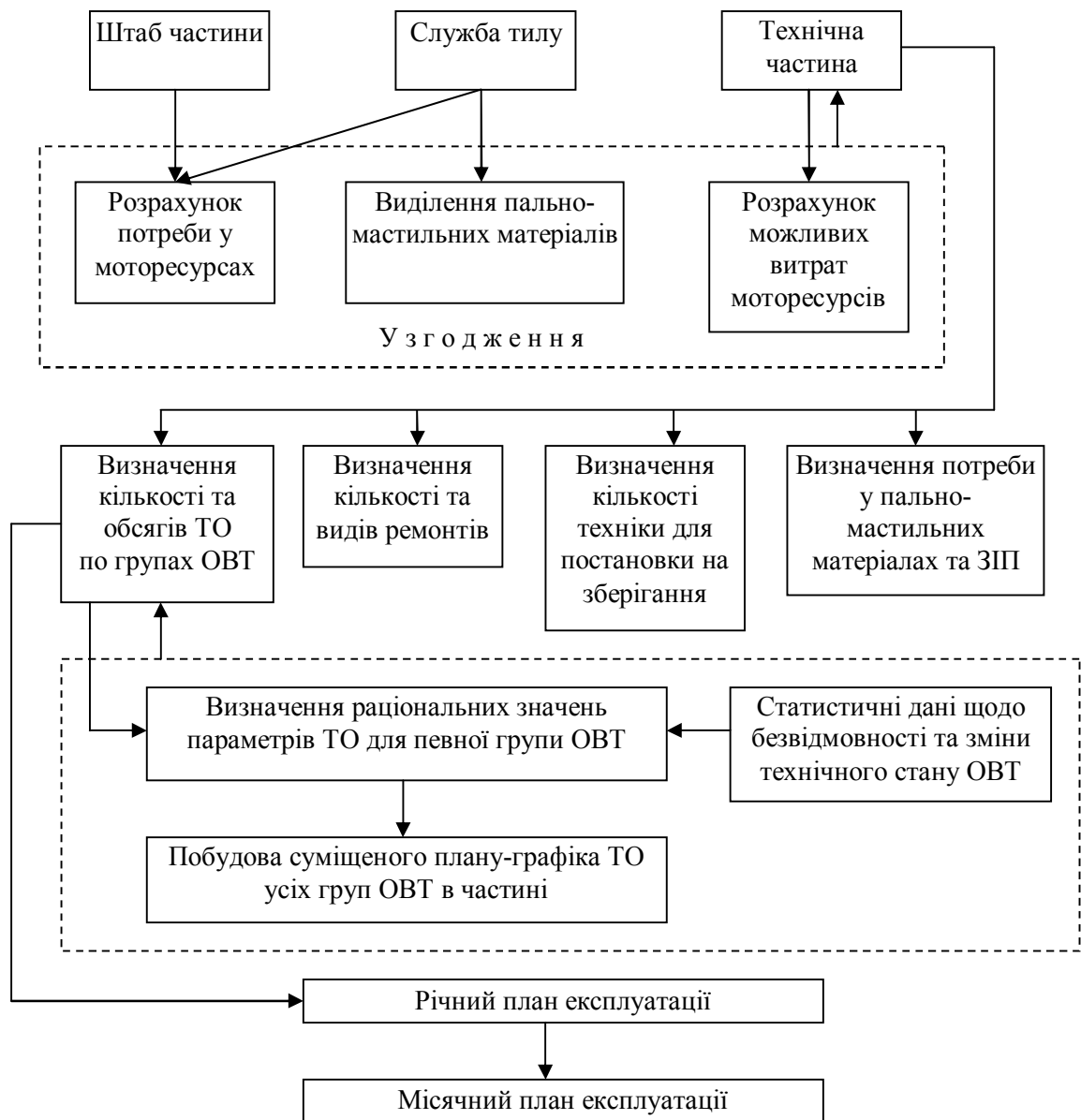


Рис. 2. Порядок планування експлуатації ОВТ технічною частиною із використанням отриманих результатів дослідження

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Модели технического обслуживания систем с избыточностью / Б.П. Креденцер, С.В. Ленков, М.И. Резников, В.В. Зубарев / под ред. Б.П. Креденцера. – К.: Фенікс, 2002. – 192 с.
2. Надёжность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (предс.) и др. – М.: Машиностроение, 1990. – Т.8: Эксплуатация и ремонт / Под ред. В.И. Кузнецова и Е.Ю. Барзиловича. – 320 с.
3. Волох О.П. Методика оптимізації періодичності технічного обслуговування машин інженерного озброєння за показниками надійності і середніх питомих витрат // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – Вип. №1. – К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2006. – С. 4-9.
4. Наказ МО України від 16.07.97 №300 «Про введення в дію положення про військове (корабельне) господарство Збройних Сил України». – К., 1997. – 242 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Креденцер Б.П.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

*Проведено аналіз можливості передачі інформації без застосування електромагнітного поля, а за рахунок використання гравітаційної взаємодії тіл. Описані переваги даного типу зв'язку та окреслені задачі, що повинні бути вирішені для практичної реалізації відповідних пристроїв «у залізі». Запропоновано схему елементарного передатчика та приймача даного типу.*

*Проведен анализ возможности передачи информации без использования электромагнитного поля, а за счет использования гравитационного взаимодействия тел. Описаны преимущества данного типа связи и очерчены задачи, которые нужно решить для практической реализации соответствующих устройств «в железе». Предложена схема простейшего передатчика и приемника данного типа.*

*The possibility of information transmission with gravity field using instead of electromagnetic field is analyzed. Advantages of such communication type are described and the tasks to realize appropriate devices practically are outlined. The scheme of transmitter and receiver of such type are proposed.*

Как известно, гравитационное взаимодействие является универсальным взаимодействием, которому подвержены все без исключения элементарные частицы, а значит и макроскопические тела, состоящие из таких частиц. Мерой такого взаимодействия может быть выбрана сила, действующая между двумя точечными массами  $m_1$  и  $m_2$ , находящимися на расстоянии  $r$  друг от друга [1]:

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r}. \quad (1)$$

Характерной чертой гравитационного взаимодействия является его всепроникаемость, подтверждаемая отсутствием в современной физике сведений о каких-либо физических объектах, экранирующих соответствующее гравитационное поле. Этим гравитационное поле принципиально отличается от, например, электромагнитного, которое хорошо экранируется даже тонкими слоями большинства металлов. В практической деятельности значительное ослабление электромагнитного поля наблюдается также и в достаточно толстых слоях слабопроводящих веществ, как, например, земля и вода.

Указанное свойство гравитационного поля выгодно отличает его от электромагнитного в отрасли связи. Действительно, на данный момент общепринятой является передача информации посредством модулированного сигнала, носителем которого является электромагнитное поле, и неудобства, связанные с его недостаточной проникающей способностью, проявляются даже в быту (например, при использовании мобильных телефонов в метро). При организации связи с подземными, подводными и другими труднодоступными для электромагнитного поля объектами приходится прибегать к различным неудобным методам, например увеличению длины волны излучения (до сотен и тысяч метров), что увеличивает дальность связи, но сильно уменьшает пропускную способность, как известно прямо зависящую от частоты, и требует дорогих длинноволновых антенн. Гравитационное поле беспрепятственно проникает через любые препятствия, и поэтому лишено данных недостатков при

рассмотрении его в качестве несущей информацию среды. Также, естественно то, что гравитационное поле не подвержено действию электромагнитных помех.

Скорости распространения электромагнитного и гравитационного поля по современным представлениям равны, поэтому по данному критерию каких-либо преимуществ нет.

Рассмотрим природу гравитационного поля. Согласно общепринятым современным взглядам [2], оно состоит из частиц-переносчиков, называемых гравитонами. Экспериментально гравитоны пока не обнаружены, что поясняется малостью константы гравитационного взаимодействия  $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ , входящей в (1). В свою очередь, отсутствие экспериментальных сведений, подтверждающих гравитонную природу гравитационного поля, обуславливает существование конкурирующих (малоизвестных) гипотез о природе гравитационного поля.

Однако, для технического применения гравитационного взаимодействия (как и любого другого хорошо изученного опытным путем явления) вполне допустимо рассматривать его феноменологически, не вдаваясь при этом в физическую суть.

Отвлекаясь от природы гравитационного взаимодействия, рассмотрим следующий общий принцип построения произвольных новых средств связи. Для этого введем два объекта  $A$  и  $B$ , между которыми нужно установить связь. Назовем  $A$  – трансмиттером (передатчиком или источником), а  $B$  – ресивером (приемником), и будем говорить об однонаправленной связи между ними. Это не ограничивает общности, так как однонаправленную систему связи всегда можно продублировать в инверсном порядке (добавить в  $A$  ресивер, а в  $B$  – трансмиттер), результатом чего будет двунаправленная система.

Для организации связи  $A$  с  $B$  нужно чтобы у объекта  $A$  было по крайней мере 2 устойчивых состояния, которые надежно могли бы различаться с помощью некоторого способа детектирования объектом  $B$ . Детектирование в  $B$  одного из состояний  $A$  будет означать передачу «0», а детектирование другого (инверсного) состояния – передачу «1». Далее можно ввести квантование сигнала по времени с соответствующей синхронизацией источника и приемника, что позволяет создать элементарную систему передачи двоичной информации, т.е. универсальную систему, с помощью которой можно передавать информацию любого характера.

Проектирование системы связи по описанному принципу предполагает описание:

- способа задания двух различных состояний передающего объекта (в общем случае таких состояний может быть несколько, что необходимо для передачи дискретной информации в системах счисления, отличных от двоичной);

- способа детектирования состояния удаленного объекта принимающим объектом.

Применим описанный подход к проектированию средств связи для организации передачи информации с помощью гравитационного поля. Это можно сделать, проанализировав хорошо известный закон всемирного тяготения (1).

Из (1) видно, что на удалении от некоторого объекта, являющегося источником массы, и который может быть принят в качестве передатчика  $A$ , на любое тело, в т.ч. и на приемник  $B$ , будет действовать определенная сила. Регистрация значения этой силы в  $B$  позволяет принимать информацию, передаваемую от  $A$ .

Чтобы определить способ задания двух различных состояний передатчика посмотрим в закон (1), где фигурирует только одна его характеристика – масса. Удобно было бы состояния  $A$  описывать разными значениями этой величины, однако масса передатчика (тела) не может быть переменной, поэтому напрямую передавать с помощью изменения массы информацию нельзя. С другой стороны, любой передатчик не является материальной точкой (как раз, для которой и записан закон (1)), а имеет некоторое распределение массы в своем объеме. Любая такая распределенная масса может быть заменена одной материальной точкой, расположенной в центре тяжести исходного распределения массы, и обладающей некоторой эквивалентной массой,

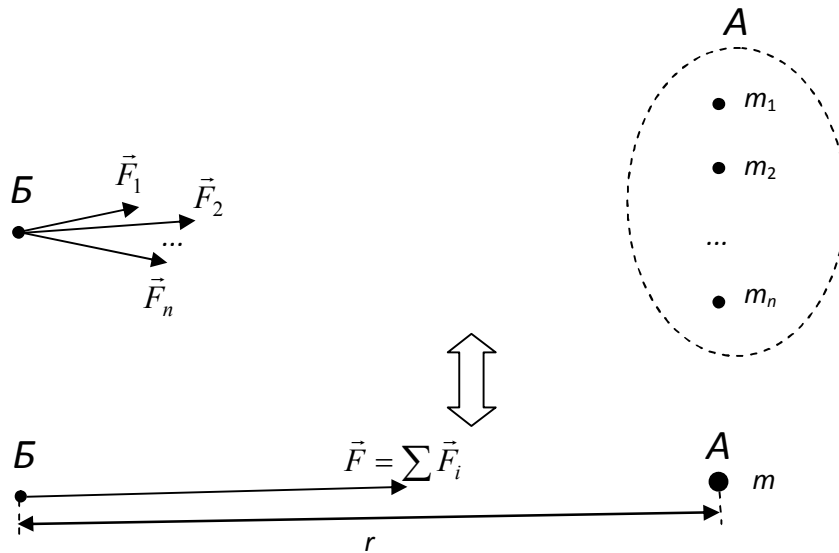


Рис. 1. Представление распределенного объекта-источника  $A$  в виде одной эквивалентной массы, расположенной в центре тяжести исходного  $A$

причем создаваемая ей сила притяжения равна равнодействующей всех сил притяжения, создаваемых составляющими распределенной массы – рис. 1.

Эквивалентная масса  $m$  может быть вычислена из следующих соотношений:

$$\vec{F} = \sum \vec{F}_i = \sum G \frac{m_i M}{r_i^3} \vec{r}_i, \vec{F} = G \frac{m M}{r^3} \vec{r} \rightarrow G \frac{m M}{r^3} \vec{r} = \sum G \frac{m_i M}{r_i^3} \vec{r}_i \rightarrow \frac{m}{r^3} \vec{r} = \sum \frac{m_i}{r_i^3} \vec{r}_i \quad (2)$$

где  $M$  – масса  $B$ .

Как видно из (2), эквивалентная масса будет зависеть от положения в пространстве составляющих масс объекта  $A$ . Это означает, что хотя алгебраическая сумма масс передатчика  $A$  остается неизменной, его эквивалентная (кажущаяся из  $B$ ) масса может быть переменной. Это означает, что и сила притяжения, определяемая по (1) будет разной при разных конфигурациях распределения масс в  $A$ . Исходя из вышесказанного, достаточно двух различных конфигураций, дающих как можно больше отличающиеся значения эквивалентной массы.

Простейший пример двух таких распределений массы объекта  $A$  – два массивных тела, которые могут двигаться вдоль оси, перпендикулярной направлению на объект  $B$  – рис. 2. Первое устойчивое состояние (например, «0») – при максимально разнесенных телах, второе («1») – при соединении тел вместе.

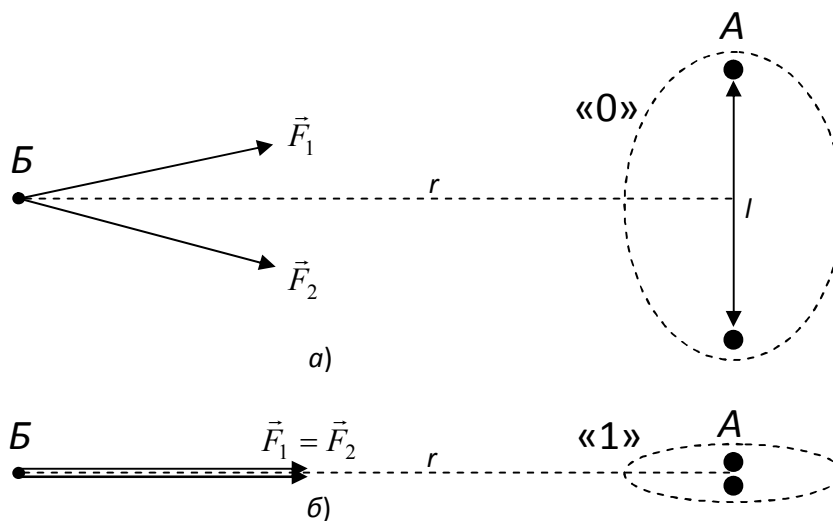


Рис. 2. Простейший пример двух устойчивых различных состояний передатчика  $A$  (а – передача ноля; б – передача единицы)

Отметим, что при таком задании обоих состояний положение центра масс системы  $A$  не меняется, то есть  $\vec{r} = const$ .

Определимся теперь со способом детектирования, с помощью которого нужно каким-то образом фиксировать на удалении от передатчика  $A$  посылаемые им сигналы. Как выяснено ранее, передатчик  $A$ , состоя, в конечном счете, из некоторой материи, действует (притягивает) с определенной силой  $\vec{F}$  приемник  $B$ . Измеряя силу такого притяжения высокочувствительным динамометром, можно фиксировать ее изменения, тем самым, формируя получаемый сигнал.

Оценим чувствительность динамометра, необходимую для работы системы связи, в которой положения передатчика реализуются способом, показанным на рис.2.

В первом случае общая сила, действующая на принимающий объект  $B$ :

$$F = 2F_1 \cos \alpha = 2G \frac{Mm_0}{r^2 + l^2/4} \cdot \frac{r}{\sqrt{r^2 + l^2/4}} = 2G \frac{Mm_0}{(r^2 + l^2/4)^{3/2}} r. \quad (3)$$

При передаче второго символа:

$$F' = 2F_1 = 2G \frac{Mm_0}{r^2}. \quad (4)$$

Отнимая от (4) (3) получаем разность двух значений силы, которая должна уверенно определяться динамометром:

$$\Delta F = F' - F = 2G \frac{Mm_0}{r^2} - 2G \frac{Mm_0}{(r^2 + l^2/4)^{3/2}} r = 2GMm_0 \left( \frac{1}{r^2} - \frac{r}{(r^2 + l^2/4)^{3/2}} \right). \quad (5)$$

Оценим значение (5) при следующих допущениях:

- масса приемника  $B$  равна  $M=1000$  кг;
- масса одного шара  $m_0=100$  кг;
- расстояние от передатчика до приемника  $r=20$  м (организация связи с подземным пунктом, лежащим на такой глубине, с помощью электромагнитных волн представляется затруднительной);
- расстояние между шарами в передатчике (база)  $l=2$  м.

При таких параметрах, как легко убедиться по (5),  $\Delta F$  имеет порядок  $10^{-10}$ , что лежит за пределами измерений современных датчиков усилий (наименьшее измеряемое значение имеет порядок  $10^{-8}$  Н). При создании действующих моделей по предложенной схеме дальность связи с их помощью при данном уровне точности измерений датчиков усилий не более 10 м (при такой величине измеряемое усилие имеет порядок  $10^{-8}$  Н).

Проанализировав (5) можно сделать вывод, что уменьшить требования к точности регистрирующего прибора при заданной дальности связи можно путем:

- увеличения количества движущихся в передатчике шаров  $K$  (линейная зависимость), разместив их, например, в виде креста;
- увеличения массы шаров и приемника (линейная зависимость);
- увеличения базы (сложная зависимость, показанная на рис.3).

Из анализа рис. 3 видно, что увеличение базы свыше примерно 20 метров не имеет смысла, так как рост графика в данной области сильно замедляется. В то же время по возможности желательно воспользоваться крутым его возрастанием в области 0-5 м.

Оценим затраты энергии, необходимые для передачи заданной информации. Для оценки можем принять, что движение шаров подвержено гармоническому закону. Тогда сила, перемещающая шар массой  $m_0$  за одно перемещение выполняет работу:

$$A = \int_0^{T/4} F dt = \int_0^{T/4} m_0 a dt = m_0 \int_0^{T/4} a_m \sin \omega t dt = m_0 a_m \int_0^{T/4} \sin \frac{2\pi t}{T} dt = m_0 x_m \omega^2 \left. \frac{-\cos \frac{2\pi t}{T}}{\omega} \right|_0^{T/4} =$$

$$= m_0 x_m \frac{2\pi}{T} \left( -\cos \frac{\pi}{2} + \cos 0 \right) = m_0 x_m \frac{2\pi}{T} = m_0 \frac{l}{2} \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{m_0 l \pi}{T}.$$

При принятых ранее значениях величин затраты энергии на перемещение массы  $m_0$  для передачи одного символа будут  $W=1571/T$ . Дополнительно следует учесть, что перемещать нужно  $K$  шаров (в рассмотренном выше примере  $K=2$ ), однако при

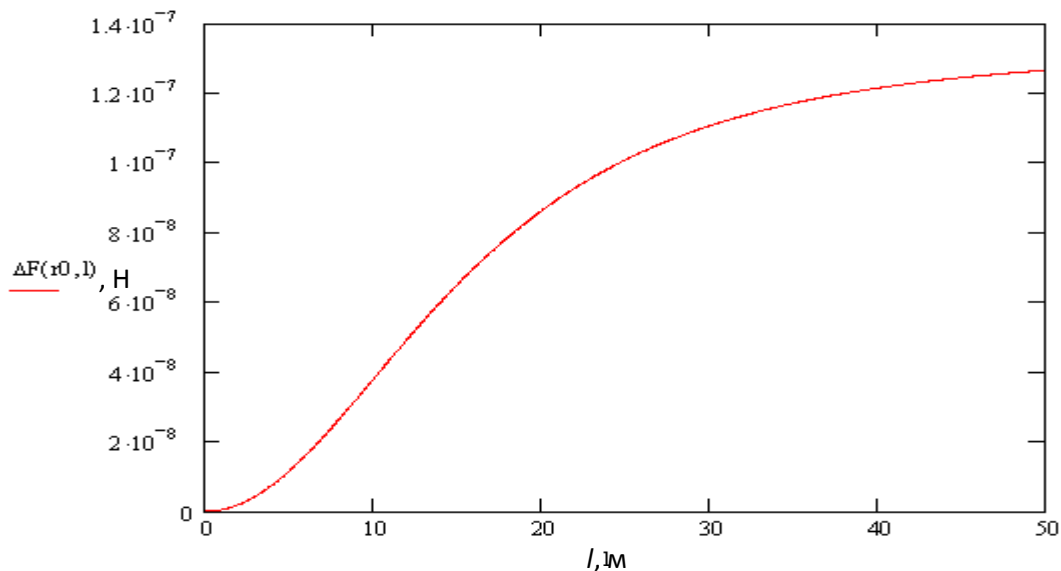


Рис. 3. Зависимость необходимой точности регистрирующего прибора - динамометра (Н) от величины базы ( $r=20$  м)

передаче информации поток 0 и 1 не чередуется в детерминированной последовательности, и в общем случае появление 0 или 1 является случайным событием. Поэтому вероятность того, что перемещение шаров нужно выполнять, равна 0,5. После учета этих поправок получим все же, что для передачи одного бита информации за одну секунду нужно потратить 1571 Дж энергии (мощность - 1,5 кВт), что, конечно, является весьма неэкономичным показателем даже при такой малой скорости передачи. При передаче со скоростью 1 Кбит/с потребляемая мощность будет порядка 1,5 МВт, что вряд ли приемлемо.

В качестве выводов следует отметить:

- в статье обоснована возможность применения принципиально нового способа передачи информации, при котором в качестве передающей среды используется гравитационное поле, и предложена конкретная схема соответствующей системы связи;

- система связи, построенная по предложенному принципу обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционной связью с помощью электромагнитных волн, а именно, чрезвычайно высокой проникающей способностью и малой чувствительностью к помехам;

- обозримыми недостатками предложенного устройства являются необходимость использования высокоточной регистрирующей аппаратуры (динамометра с точностью хотя бы порядка  $10^{-8}$  Н) и очень высокое энергопотребление (при скоростях порядка Кбит/с – мощность порядка мегаватт).

Учитывая приведенные доводы, создание реальных систем связи, работающих по предложенной схеме, может быть обусловлено только отсутствием возможности организации дешевой связи другими методами. Также целесообразно исследование и



проектирование систем, работающих с использованием предложенных принципов передачи информации с помощью гравитационного поля, но реализуемых по другим схемам. По мнению авторов именно это направление исследований является наиболее перспективным, в частности при рассмотрении гравитационных взаимодействий для передачи информации на уровне нанотехнологий.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учебник для студ. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 432 с.
2. Савельев И.В. Курс физики: учебник для вузов. Том 1. – М.: Астрель, 1998. – 358 с.

**Рецензент: д.т.н., проф. Мочалов О.О.**

## ПОИСК ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

*Здійснено критичний аналіз сучасних способів вимірювання вологості діелектричних речовин з метою вибору оптимального способу для конкретного об'єкту та умов вимірювання. Виділено перспективний спосіб з точки зору експресності вимірів та компенсації додаткових похибок. Сформульовано висновки і рекомендації.*

*Выполнен критический анализ современных способов измерения влажности диэлектрических веществ с целью выбора оптимального способа для конкретного объекта и условий измерения. Выделен перспективный способ с точки зрения экспрессности измерений и компенсации дополнительных погрешностей. Сформулированы выводы и рекомендации.*

*Critical analysis of modern ways of humidity measurements in dielectric materials is obtained to choose an optimal way of humidity measurements in a concrete object and conditions of measurements. A perspective way of measurements is chosen according to the criteria of fast measurements and additional error compensation. Conclusions and recommendations are formulated.*

**Постановка проблеми.** Вода является составной частью многих материалов, в связи с этим контроль влажности просто необходим во многих отраслях народного хозяйства. Так, среди большого числа параметров контроля и управления в технологических процессах при производстве важнейших видов сельскохозяйственной продукции (зерна и кормов) влажность играет определяющую роль. Влажность зерна влияет на обобщенный показатель травмирования при обмолоте, требует непрерывного учета при его хранении и, кроме того, зерно в процессе технологической переработки проходит операции гидротепловой обработки и отволаживания [1, 2], в ходе которых влажность должна поддерживаться на заданном оптимальном уровне.

Данной проблемой занимаются сравнительно давно, и в результате научной деятельности в этом направлении в настоящее время разработано значительное количество методов и средств измерения влажности сыпучих, жидких, твердых и пастообразных материалов. Дискуссии относительно оптимального метода измерения влажности ведутся до сих пор, так как у каждого из них есть достоинства и недостатки. Но, тем не менее, небольшая группа методов измерения влажности применяется намного чаще остальных. Если рассмотреть классификацию, взятую, например, из источника [3], можно выделить группу электрических методов, обеспечивающих достаточную точность и диапазон, а также экспрессность измерений. В настоящее время широко распространены кондуктометрический, диэлькометрический и инфракрасный методы измерения влажности, а также метод сверхвысоких частот (СВЧ).

**Анализ последних достижений и публикаций.** На кафедре авиационных приборов и измерений в течение ряда последних лет выполняются работы по измерению влажности различных материалов с помощью диэлькометрии. Веским аргументом в пользу выбора этого метода измерения также является анализ тенденций развития влагометрии сельскохозяйственных материалов за рубежом, представленный в источнике [4]. Состояние практической влагометрии авторы представляют в форме диаграммы, представленной на рис. 1.

Авторами статьи [4] было проанализировано около 160 рекламных проспектов, а временной интервал с 1960 по 1987 год разбит на четыре диапазона, как показано на рис. 1. По данным на 1990 год диэлькометрические влагомеры занимали доминирующее

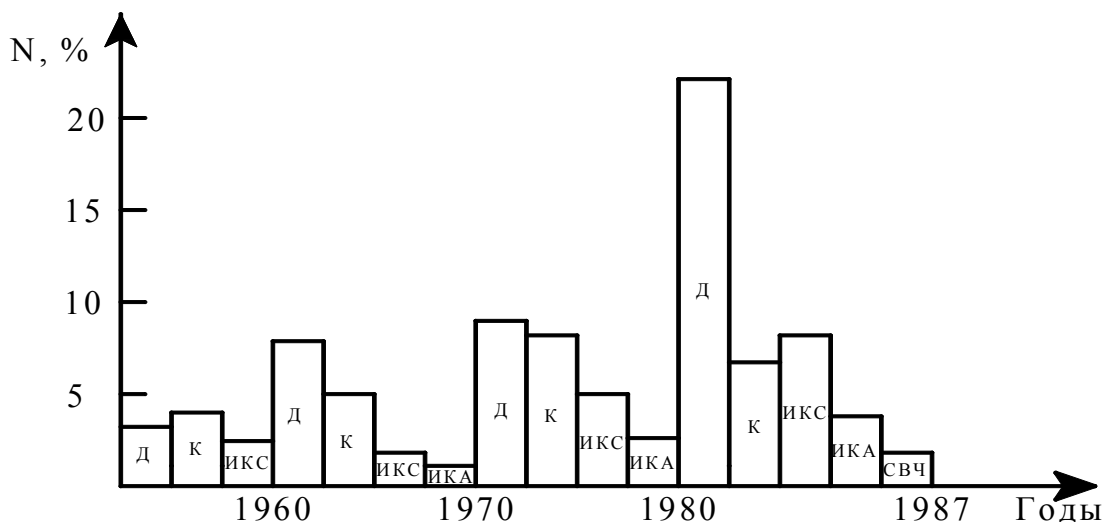


Рис. 1. Рынок влагомеров сельскохозяйственных материалов за рубежом: N – количество влагомеров; Д, К, СВЧ – соответственно диэлектрические, кондуктометрические и СВЧ влагомеры; ИКС – инфракрасные влагомеры-сушилки, ИКА – инфракрасные анализаторы спектра

положение на рынке, в настоящее время ситуация мало изменилась. Несколько увеличилась доля СВЧ и инфракрасных влагомеров, но диэлектрических приборов по-прежнему большинство. Наряду с известными достоинствами: простота и высокая надежность, достаточно широкий диапазон измерения, экспрессность и достаточно высокая точность, - метод имеет ряд недостатков. На результат измерения влияет изменение температуры пробы, изменение гранулометрического состава, плотности, химического состава, вида или типа сыпучего вещества и т.д. Все эти параметры вносят дополнительные погрешности в результат измерения и требуют компенсации.

Таким образом, **целью данного исследования** является отыскание наиболее эффективного способа измерения влажности в пределах диэлектрического метода, позволяющего максимально снизить влияние «мешающих» факторов на результат измерения и обеспечивающего экспрессность измерений. Учитывая современные тенденции, требующие постоянного повышения точности измерения влажности сыпучих материалов в различных технологических процессах [5,6], данная проблема является актуальной.

**Основные результаты исследований.** Для решения поставленной задачи авторами были проанализированы способы измерения влажности различных материалов (не только сыпучих). Источниками информации для исследования и анализа являлись авторские свидетельства СССР начиная с 1980 года издания, патенты Украины и Российской Федерации. В ходе обработки данной информации авторам удалось выявить значительное количество способов измерения влажности и классифицировать последние. Предложенная классификация имеет следующий вид (табл. 1).

Для отображения так называемой «популярности» способов каждой группы, пропорциональной количеству способов измерения влажности, входящих в группу, целесообразно построить диаграмму, представленную на рис. 2.

Для проведения сравнительного анализа необходимо оговорить ряд условий. Способ должен обеспечивать возможность проведения измерений в условиях технологического процесса (в потоке материала); иметь высокую точность за счет компенсации максимально возможного количества дополнительных погрешностей, главные из которых – от изменения температуры, плотности, гранулометрического состава, типа материала; обладать высоким быстродействием для получения результатов измерения в реальном времени.

Таблица 1. Классификация способов измерения влажности

№	Название группы способов	Перечень источников информации
1	Определение диэлектрической проницаемости путем измерения угла поворота диполей исследуемого вещества.	SU 1520429.
2	Определение влажности материала по его массе.	SU 991276.
3	Измерение емкости первичного преобразователя до термического воздействия на исследуемое вещество и после него (охлаждение пробы с материалом до замерзания влаги или ее нагрев).	SU 1434351; SU 1144045; SU 1599748; SU 1718091.
4	Измерение емкости первичного преобразователя с исследуемым веществом в исходном и обезвоженном состоянии или с исследуемым и образцовым веществом.	SU 1807373; SU 1827614.
5	Способы с измерением нескольких параметров, таких как диэлектрическая проницаемость, плотность, сорт, молекулярный вес, температура, скорость прохождения ультразвука и т. д.	SU 1265569; SU 1479863; SU 1567952; SU 1583816; SU 1636757; SU 1670561; SU 1822963; RU 2174678; RU 2109277.
6	Измерение емкости первичного преобразователя на двух или нескольких частотах.	SU 828053; SU 857840; SU 1822964; UA 17939; RU 2092824.
7	Измерение емкости первичного преобразователя в пустом и заполненном состоянии.	SU 1056029; SU 1453296; RU 2168719.
8	Воздействие на исследуемый материал высокими напряжениями (несколько киловольт).	SU 834489; SU 934341; SU 1061031; SU 1300373; SU 1352334; RU 2006847.
9	Определение влажности по сдвигу фаз.	UA 55453; SU 1627964; SU 1700457.
10	Измерение диэлектрической проницаемости материала вдоль и поперек его структуры.	SU 1778661.
11	Способы измерения влажности с уплотнением материала.	SU 842542; SU 1330533; SU 1509715; SU 1518763.
12	Способы с добавкой в исследуемое вещество известного количества воды или эталонного вещества с известной диэлектрической проницаемостью.	SU 1157439; SU 1265571; SU 1332216; SU 1423952.
13	Способы, требующие предварительного построения градуировочных кривых, АЧХ, регрессионных зависимостей и т. д.	SU 1206671; SU 1283638; SU 1439478; SU 1555655; SU 1681221; SU 1718089; SU 1728764; SU 1728765; SU 1732247; SU 1746282; RU 2065603.

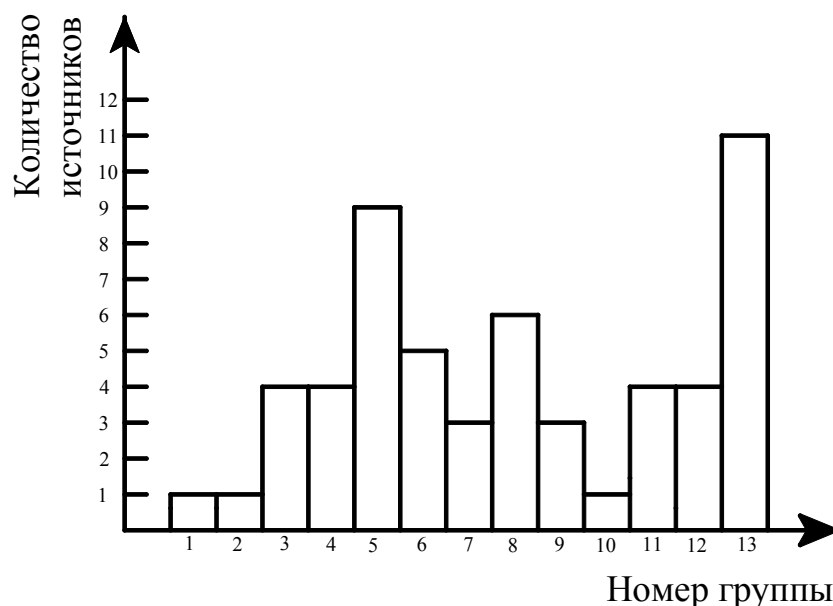


Рис. 2. Распределение способов измерения влажности по группам

Теперь вернемся к нашей классификации.

Первую группу представляет один способ измерения диэлектрической проницаемости материалов, описанный в авторском свидетельстве № 1520429 бывшего СССР. Его суть заключается в измерении среднего угла поворота диполей под воздействием внешнего электрического поля и температуры окружающей среды. На основании макроскопической модели, предложенной авторами, по измеренным параметрам определяется диэлектрическая проницаемость вещества. Для определения угла поворота диполей через ячейку с исследуемым веществом пропускают световой поток, значит, способ применим лишь для прозрачных сред. Кроме того, исследуемый материал должен быть полярным диэлектриком и иметь изотропную дипольную структуру. Даже без анализа влияния дополнительных погрешностей на результат измерения, полученный данным способом, можно сделать вывод о непригодности для наших условий ввиду узкой специализации.

Вторая группа также представлена одним авторским свидетельством № 991276. Способ заключается в использовании двух пластин, расположенных в горизонтальной плоскости одна над другой. В верхней пластине имеется отверстие, через которое сыпучий материал высыплют на нижнюю пластину до тех пор, пока конус сыпучего материала не перекроет отверстие в верхней пластине. После этого измеряют вес материала, который после просыпания должен сформировать фигуру в виде усеченного конуса. Способ требует предварительного построения калибровочной кривой в координатах вес усеченного конуса – влажность. Авторы указывают на возможность применения способа в автоматизированных системах, но, даже в случае успеха, на результат измерения будет существенно влиять изменение плотности и гранулометрического состава исследуемого вещества.

Группа № 3 включает четыре источника. В авторском свидетельстве № 1434351 предложен способ измерения влажности нефтепродуктов, суть которого заключается в измерении емкости первичного преобразователя с исследуемым веществом в исходном состоянии и после замораживания до полного замерзания влаги. Аналогичную операцию предполагает способ, описанный в авторском свидетельстве № 1599748. Ввиду резкого отличия диэлектрических проницаемостей воды и льда действительно появляется возможность повысить точность измерения за счет компенсации дополнительных погрешностей от изменения плотности и типа материала, при этом температурная погрешность возрастет. Для наших условий способы неприменимы ввиду низкого

быстродействия и того факта, что даже при глубокой заморозке часть воды в некоторых сыпучих материалах (например, зерне) остается в жидком состоянии и не замерзает. Кроме того, технически осуществить заморозку движущегося в потоке материала не всегда возможно.

Другие способы этой группы предусматривают комбинации операций нагрева материала (№ 1144045); охлаждения, нагрева и последующей добавки известного количества воды (№ 1599748); размола и охлаждения (№ 1718091). Данные операции требуют значительных временных затрат и не позволяют получать результаты измерения в экспрессном режиме без запаздывания, что делает все способы этой группы также непригодными для наших условий.

Способы группы 4 включают два источника. В авторском свидетельстве № 1807373 предлагается измерять емкость незаполненного первичного преобразователя, потом емкость первичного преобразователя, заполненного образцовым веществом и уже потом – с исследуемым веществом. По данным этих трех измерений рассчитывают значение диэлектрической проницаемости исследуемого вещества. Понятно, что способ чисто лабораторный. В источнике № 1827614 предлагается измерять емкость первичного преобразователя с исследуемым веществом до и после его обезвоживания. Теоретически это действительно оптимальный вариант, но процедура обезвоживания не является простой так как: первое – требует определенного времени; второе – обезвоживание должно быть гарантированно полным (ниже порога чувствительности средства измерения). К сожалению, применить данный способ в условиях технологического потока не представляется возможным хотя бы потому, что процедура обезвоживания в современных вакуумных сушильных установках занимает минимум пол часа.

Группа № 5 наполнена большим количеством способов измерения влажности, которые объединяет необходимость измерения кроме диэлектрической проницаемости вещества еще одного или нескольких параметров. Например, способ, представленный в авторском свидетельстве № 1265569, подразумевает измерение диэлектрической проницаемости, плотности и сжимаемости исследуемого вещества и расчет влажности по аналитической зависимости. В свидетельстве № 1479863 для расчета влажности необходимо кроме активной и реактивной составляющей диэлектрической проницаемости знать температуру, плотность и сорт вещества, а в свидетельстве № 1567952 – диэлектрическую проницаемость, сжимаемость и молекулярный вес исследуемой жидкости. В источнике № 1583816 кроме емкости первичного преобразователя с исследуемым веществом измеряют емкость пустого преобразователя, удельную электропроводность вещества и активную проводимость первичного преобразователя с веществом. В авторском свидетельстве № 1636757 измеряется диэлектрическая проницаемость, плотность, температура, а в источнике № 1822963 электрическая емкость первичного преобразователя с веществом и масса контролируемого вещества. В свидетельстве № 1670561 представлен способ измерения диэлектрической проницаемости, в котором исследуемое вещество подвергают вертикальной вибрации и при этом измеряют емкость и активную проводимость первичного преобразователя с этим веществом. Патент РФ № 2174678 представляет способ, предусматривающий определение плотности и использование дополнительных эталонных веществ. В патенте РФ № 2109277 предлагается измерять диэлектрическую проницаемость исследуемого вещества, его температуру и скорость прохождения ультразвука через исследуемый материал. Большинство представленных здесь способов может быть успешно применено для указанных в начале условий (№ 1265569, № 1583816, № 1636757, № 2174678, № 2109277), если дополнительные параметры будут измеряться экспрессно и математические модели, связывающие эти параметры с влажностью, будут достаточно адекватны. Недостатком является неизбежная сложность

принципиальных схем ввиду необходимости организации нескольких измерительных каналов.

Группа № 6 представлена способами, в которых емкость первичного преобразователя измеряется на двух и более частотах. В авторском свидетельстве № 828053 предложен способ измерения емкости первичного преобразователя на частотах в интервале  $10^2 \dots 10^4$  Гц, где эта емкость будет высокой из-за сильного влияния поляризации, а затем на частотах в интервале  $10^5$ - $10^6$  Гц, где поляризация влажного вещества влияет на емкость не так сильно и она будет меньше. По соотношению этих емкостей и вычисляют влажность исследуемого вещества. Способ достаточно прост в реализации и позволяет определить массовую долю влаги. Имеет место компенсация паразитных емкостей и токов утечки первичного преобразователя, температурной погрешности, но изменение плотности, сорта и гранулометрического состава вещества могут в значительной степени влиять на результаты измерения емкости первичного преобразователя на двух частотах. Похожими свойствами обладают способы, описанные в источниках № 857840, № 1822964, патенте Украины № 17939 и патенте РФ № 2092824. В принципе способы данной группы удовлетворяют нашим условиям, но точность измерений для сыпучих материалов различных сортов и структуры может быть не очень высокой.

Группа № 7 содержит три документа, а для представленных в ней способов измерения влажности общим является то, что измеряется емкость пустого первичного преобразователя и первичного преобразователя, заполненного исследуемым материалом. Это в полной мере касается авторских свидетельств № 1056029, № 1453296 и патента РФ № 2168719. Подобный прием позволяет компенсировать влияние на результат измерения паразитной емкости первичного преобразователя, токов утечки через электровводы, влияние краевых эффектов. Но изменение сорта, плотности и гранулометрического состава исследуемой пробы таким образом компенсировать нельзя. Кроме этого, необходимо продумать операции заполнения и опустошения первичного преобразователя с точки зрения интеграции в технологический процесс.

Группу № 8 представляют способы, предусматривающие использование в процессе измерения высокого напряжения порядка нескольких киловольт. Применением высоких напряжений добиваются уплотнения сыпучих материалов непосредственно в потоке (авторские свидетельства № 1061031, № 1300373, № 1352334), формирования замыкающих проводящих цепочек (свидетельство № 934341) или электрического пробоя в жидком исследуемом материале (патент РФ № 2006847). В свидетельстве № 834489 для измерений применяют электролюминисцентный конденсатор, для работы которого также необходимо переменное высоковольтное напряжение. Способы данной группы являются энергозатратными и требуют применения специальных мер по электробезопасности, что значительно снижает их привлекательность.

В группе № 9 находятся три способа, использующие в качестве информативного параметра сдвиг фаз между током и напряжением в измерительной ячейке (патент Украины № 55453, авторские свидетельства № 1627964 и № 1700457). В принципе данные способы обладают экспрессностью измерений, но компенсацию интересующих нас дополнительных погрешностей не обеспечивают.

Способ, формирующий группу № 10, предусматривает измерение диэлектрической проницаемости материала вдоль и поперек его структуры. Понятно, что он применим лишь для материалов с явно выраженной ортогональной анизотропией и при использовании в сыпучих веществах будет неэффективен.

Группа № 11 образована способами, предусматривающими уплотнение материала для повышения воспроизводимости измерений. Так, в авторских свидетельствах № 842542, № 1330533 и № 1509715 применяется вибрационное уплотнение материала. Даже если и удастся реализовать процедуру уплотнения в непрерывном технологическом процессе, данные способы лишь в некоторой степени компенсируют

изменение гранулометрического состава сыпучего вещества и влияние переменной плотности, но сортовая погрешность не компенсируется. Способ, описанный в авторском свидетельстве № 1518763 предлагает определять влажность материала по степени его уплотнения, что тоже неудобно и неточно.

Способы измерения влажности, представленные в группе № 12, как раз предназначены для компенсации изменения начальной диэлектрической проницаемости контролируемого объекта, и поэтому представляют особую ценность. Их суть заключается во введении в исследуемый материал, находящийся в пространстве первичного преобразователя, диэлектрического вещества с известной диэлектрической проницаемостью в известном количестве и дальнейшем расчете влажности исходного материала с использованием тестового метода. Изложенной методике полностью соответствует способ, описанный в авторском свидетельстве № 1423952. Исследуемое вещество делят на два потока, каждый из которых пропускают через свой первичный преобразователь. При этом в один из потоков непрерывно подают заданный расход воды и по измерениям диэлектрической проницаемости обеих потоков рассчитывают значение влажности исходного материала. В авторском свидетельстве № 1332216 предлагается кроме добавки воды выполнять добавку безводного вещества с известной диэлектрической проницаемостью для повышения адекватности сформированных тестов и более точного определения влажности. Весомым преимуществом обеих способов является максимальная адекватность с точки зрения физической модели. Кроме того, использование двух первичных преобразователей позволяет в достаточной степени компенсировать все дополнительные погрешности, оговоренные в наших условиях.

Для двух представленных выше способов характерны и существенные недостатки. Непрерывное добавление воды требует использования дополнительного оборудования: насосов, расходомеров, дозаторов и т.д. Состав добавляемой воды и воды в исходном материале не должен отличаться, а сама вода должна распределяться равномерно. Кроме того, во многих технологических процессах, где влажность материала поддерживается на заданном уровне, добавление «лишней» воды недопустимо. Также сложно реализовать и добавку безводного диэлектрического вещества.

Эти технологические трудности нехарактерны для способов, представленных авторскими свидетельствами № 1157439 и № 1265571. В первом из них предлагается вводить в пространство первичного преобразователя капсулу с водой вытянутой формы известного объема, а форма измерительного конденсатора позволяет измерять емкость межэлектродного пространства вдоль и поперек ампулы. Второй способ предполагает введение в пространство первичного преобразователя определенного количества цилиндров с известным объемом и диэлектрической проницаемостью, имитирующих добавку безводной среды. Оба способа позволяют проводить измерения в потоке без дополнительных громоздких технических решений, а точность измерения будет зависеть от адекватности сформированных тестов. Поэтому эту группу способов измерения влажности с технической и метрологической точек зрения можно считать самой перспективной.

И, наконец, последнюю группу представляют способы, требующие построения различного рода математических зависимостей, создания образцовых проб, получения градуировочных кривых и т.д. В первую подгруппу можно включить способы, требующие предварительного изготовления образцовых смесей обезвоженного вещества с водой или предварительное измерение диэлектрических проницаемостей каждого компонента, входящего в исследуемую смесь (авторские свидетельства № 1206671, № 1555655, № 1732247). Следующие два способа измерения влажности объединяет необходимость предварительного построения АЧХ первичного преобразователя (свидетельства № 1283638 и № 1746282). В третью подгруппу входят способы, в которых влажность материала определяется по предварительно полученным регрессионным зависимостям (свидетельства № 1439478, № 1681221, № 1728764). И,



наконец, четвертая подгруппа включает способы, требующие построения калибровочных или градуировочных кривых (авторские свидетельства № 1718089, № 1728765 и патент РФ № 2065603).

Ввиду того, что способы данной группы не обладают экспрессностью и нам не подходят, рассматривать их подробно нет смысла.

**Выводы и рекомендации.** Проведенный анализ всех выявленных авторами способов измерения влажности позволяет составить их классификацию и в результате сделать вывод о перспективности трех групп. Это способы с одновременным измерением нескольких параметров (группа № 5), способы с измерением емкости первичного преобразователя на двух или нескольких частотах (группа № 6) и, наконец, группа способов измерения влажности с добавкой в исследуемое вещество известного количества воды, или эталонного вещества с известной диэлектрической проницаемостью (группа № 12).

Одновременное измерение нескольких параметров неизбежно подразумевает организацию нескольких измерительных каналов и косвенное вычисление измеряемой величины, что усложнит принципиальную схему. В случае, когда физические и математические модели реальных процессов описаны недостаточно адекватно и учет корреляционных связей выполнен небрежно, вероятны существенные потери точности и упомянутая выше сложность схмотехнических решений будет неоправданной.

В рассмотренных способах группы № 6, предлагающих проводить измерения диэлектрической проницаемости пробы на двух или нескольких частотах и вычисление по их соотношению параметра, пропорционального объемному содержанию воды в материале, не учитывается тот факт, что на значения этих частот будет влиять тип материала. Следовательно, вопрос компенсации сортовой погрешности для способов этой группы остается открытым.

Таким образом, из отобранных групп группа № 12 представляет особый интерес. При качественно сформированных тестах обеспечивается возможность значительного снижения влияния сортовой погрешности на результат измерения. Поэтому с точки зрения авторов группа № является наиболее перспективной, так как позволяет выполнять измерения непосредственно в технологическом потоке и обеспечивает высокую точность за счет компенсации широкого спектра дополнительных погрешностей, в том числе и сортовой.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Егоров Г.А. Технологические свойства зерна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 334с.
2. Корниенко А.И., Ваньчик Я.Л., Кушков В.Н. Автоматическое увлажнение зерна на предприятиях мукомольной промышленности // Хранение и переработка зерна. – 2002. – № 9. – С. 39-40.
3. Лидерман И.С. Методы и приборы для измерения влажности жидких сред в нефтепереработке и нефтехимии. – М.: Министерство нефтеперерабат. и нефтехим. пром-ти СССР, 1972. – 89 с.
4. Секанов Ю.П. Некоторые тенденции развития влагометрии сельскохозяйственных материалов за рубежом // Измерительная техника. – 1990. - № 6. – С. 58-61.
5. Грюнвальд Н.В. Перспективы применения экспрессных методов анализа в зерновой отрасли // Хранение и переработка зерна. – 2007. - № 9. – С.36-38.
6. Просянык А.В., Каблуков В.Ф., Соснин К.В. Влагомер зерна в потоке – мал золотник, да дорог // Хранение и переработка зерна. – 2002. - №9. – С. 44-46.

Рецензент: д.т.н., проф. Кулик А.С.

## ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КІЛЬЦЕВИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК НА ОСНОВІ НИЗЬКОПРОФІЛЬНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ НАД ЦИЛІНДРИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

*У статті розглянуті особливості розрахунку зовнішніх характеристик кільцевих антенних решіток на основі низькопрофільних випромінювачів над циліндричною поверхнею. Наведено приклади розрахунку двох- та трьохелементної антенної решітки.*

*В статье рассмотрены особенности расчета внешних характеристик кольцевых антенных решеток на основе низкопрофильных излучателей над цилиндрической поверхностью. Приведены примеры расчета двух- и трехэлементной антенной решетки.*

*In the article the features of calculation of external descriptions of circular arrays are considered on the basis of low profile emitters above a cylindrical surface. The examples of calculation of two- and three-element antenna are resulted.*

**Постановка проблеми.** Використання низькопрофільних випромінювачів над циліндричною поверхнею при створенні антен базових станцій (БС) для різноманітних систем мобільного радіозв'язку надає розробникам антенної техніки досить широкі можливості щодо створення оптимальних технічних рішень. Одним з напрямків розробок є унікальна властивість низькопрофільних випромінювачів змінювати геометричні розміри за рахунок введення діелектрика в об'єм між екраном та верхньою пластиною в  $1/\sqrt{\epsilon'}$  разів (де  $\epsilon'$  – відносна діелектрична проникність матеріалу заповнювача). Тоді з'являється практична можливість на фіксованій за діаметром циліндричній поверхні розмістити по периметру  $N$  – випромінювачів, тобто відповідно реалізувати в азимутальній площині задану характеристику направленості, починаючи з секторної (потрібної ширини) і закінчуючи всенаправленою.

Крім того при переході на кільцеве розміщення випромінювачів низькопрофільних випромінювачів над циліндричною поверхнею, а по суті на кільцеві антенні решітки (КАР), отримуємо можливість реалізації схемно-просторового способу складання НВЧ сигналів чи розділення між собою приймально-передаючих трактів. КАР відносяться до класу багатовходових антен, які дозволяють суттєво збільшити каналну ємність радіотехнічної системи, зменшити масо-габаритні показники антенно-фідерного пристрою базової станції в цілому і які досить детально описані в роботах [1, 2].

**Аналіз отриманих результатів.** У відповідності з результатами, отриманими в [3], КАР на низькопрофільних випромінювачах можливо представити як сукупність синфазних поперечних щілин, які розташовані на металевому циліндрі через рівні кутові проміжки.

Структурна схема такої випромінюючої системи подана на рис. 1, де введені такі позначення: 1 – випромінюючий елемент; 2 – циліндрична поверхня;  $a$  – радіус циліндра;  $\varphi_n$  - кутова різниця між випромінювачами.

Характеристика направленості (ХН) в азимутальній площині такої антени визначається виразом:

$$f_N(\varphi) = \sum_{n=1}^N f_n(\varphi + \varphi_n) e^{ika \cos(\varphi + \varphi_n)} \quad f_n(\varphi) = F(m_i), \quad (1)$$

де  $f_n(\varphi + \varphi_n)$  - характеристика направленості одиночної поперечної щілини на циліндрі.

$$\varphi_n = \frac{2(n-1)\pi}{N} - \text{кутова різниця між щілинами.}$$

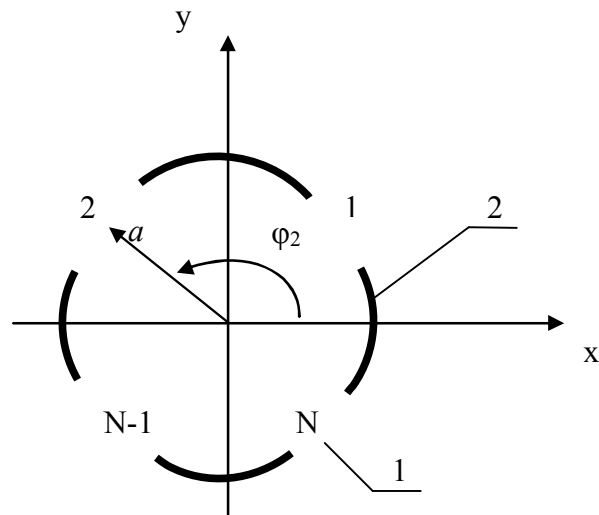


Рис. 1. Структурна схема кільцевої антенної решітки

На першому етапі рішення задачі про поле випромінювання КАР на щілинних випромінюючих елементах доцільно розглянути найбільш загальний випадок – формування ненаправленого випромінювання в азимутальній площині.

Очевидно, що ХН такої антенної решітки в азимутальній площині буде в першу чергу залежати від  $N$  – числа випромінюючих елементів,  $2a$  – діаметра циліндра, амплітудно-фазового збудження кожного випромінювача, а також форми ХН кожного окремого випромінювача.

Для відносно невеликих діаметрів циліндричної поверхні ( $ka=1$ ) формування ненаправленої ДН за допомогою низькопрофільних випромінювачів є задачею вирішеною [3]. Одинарний випромінювач довжиною в півхвилі утворює поле випромінювання, вигляд якого зображено на рис. 2.

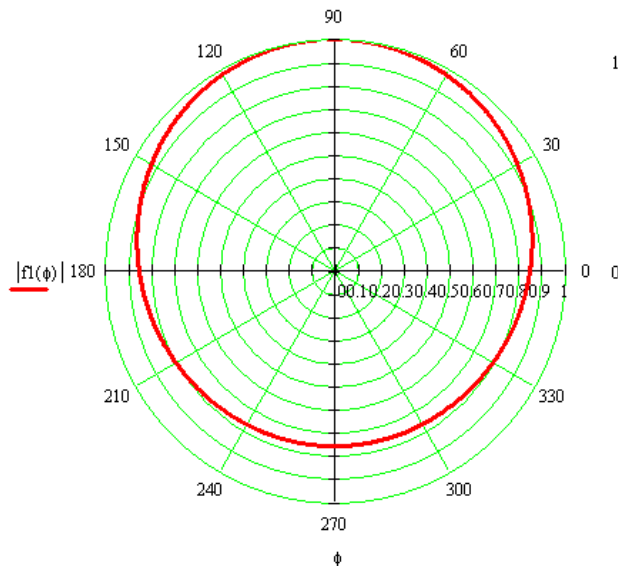


Рис. 2. Поле випромінювання одинарного випромінювача при  $ka = 1$

З цих теоретичних результатів робимо висновок, що для відносно невеликих діаметрів циліндричної поверхні ( $ka \leq 1$ ) одинарний низькопрофільний випромінювач дозволяє формувати в азимутальній площині квазіненаправлене випромінювання з припустимим коефіцієнтом нерівномірності.

При збільшенні діаметра (проявляється екрануючий ефект циліндра) характеристика направленості (ХН) одинарного випромінювача в силу відомих причин зазнає «спотворень». Виходячи із вимог, які пред'явлені до антен базових станцій щодо забезпечення кругової характеристики направленості (ХН) в азимутальній площині, логічно зауважити, що необхідну ДН можливо створити за допомогою антенної решітки низькопрофільних випромінювачів над циліндричною поверхнею.

Для оцінки рівномірності ХН в азимутальній площині вводиться параметр  $SF\%$  - коефіцієнт рівномірності, який визначається виразом:

$$SF\% = \frac{f_{\min}(\varphi)}{f_{\max}(\varphi)} \cdot 100, \quad (2)$$

де  $f_{\min}(\varphi)$ ,  $f_{\max}(\varphi)$  - мінімальне й максимальне значення ХН в азимутальній площині.

В [4] були проведені ретельні дослідження про вплив діаграми направленості одинарного випромінювача на  $SF\%$  КАР в азимутальній площині. Було встановлено, що  $SF\%$  буде мінімальним, якщо ширина ДН одинарного випромінювача на рівні  $-6$  dB буде пов'язана з  $N$  - кількістю випромінювачів наступним співвідношенням:

$$2\Delta\varphi_{-6dB} = \frac{2\pi}{N} \quad (3)$$

Це означає, що для КАР з  $N=2$  ширина ДН одинарного випромінювача на рівні  $-6$  dB повинна дорівнювати  $180^\circ$ , для  $N=3$   $2\Delta\varphi_{-6dB}=120^\circ$ , а для  $N=4$   $2\Delta\varphi_{-6dB} = 90^\circ$ ,

На рис. 3 представлена залежність ширини ДН одинарної поперечної щілини на циліндричній поверхні від діаметру цієї поверхні.

$2\Delta\varphi_{-6dB}$ , град

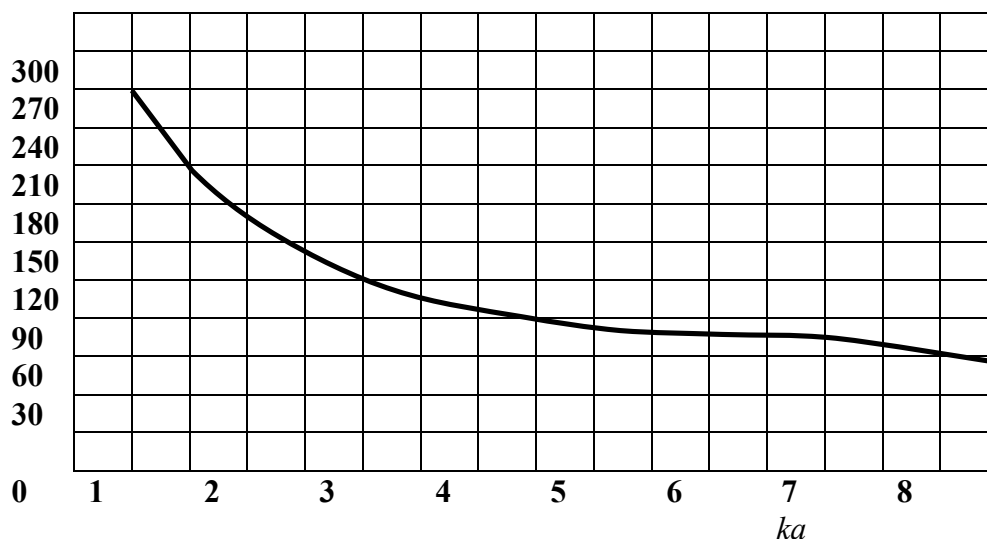


Рис. 3. Графік залежності ширини ДН одинарної поперечної щілини на циліндричній поверхні від діаметру цієї поверхні

Отримані результати дозволяють сформулювати рекомендації з компоновки кільцевої антенної решітки на низькопрофільних випромінювачах, а саме – яку кількість  $N$  випромінювачів слід вибирати при заданому (фіксованому) діаметрі циліндра для формування ненаправленого випромінювання в азимутальній площині з прийнятним

$SF\%$  - коефіцієнтом рівномірності. Мається на увазі те, що для циліндричної поверхні діаметром  $ka \approx 2,2$  число випромінювачів ( $N$ ) для формування ненаправленого випромінювання в азимутальній площині повинно дорівнювати 2; для  $ka \approx 4$ ;  $N=3$ , для  $ka \approx 8$ ;  $N=4$ . В якості приклада наведено теоретичний аналіз ХН КАР для  $N=2$  при  $ka \approx 2$  і для  $N=3$  при  $ka \approx 5$ .

Користуючись результатами розрахунків, які викладені в [4] та застосовуючи формулу (1) поле випромінювання КАР буде дорівнювати:

$$E_2(\phi) = \frac{U}{\pi} \frac{e^{-jkR}}{R} \sum_{p=1}^2 \left[ \frac{e^{\frac{j\pi}{2}}}{2 \cdot k \cdot H_n^{(2)}(0, ka \cos(\frac{\pi}{2.1}))} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{\frac{j(n+1)\pi}{2}} \Phi_2(\phi)}{H_n^{(2)}(0, ka \cos(\frac{\pi}{2.1})) \cdot n} \right] \cdot e^{ika \cos(\phi + \frac{2\pi(p-1)}{2})}$$

для двох випромінюючих елементів,  
де

$$\Phi_2(\phi) = \left[ (\sin(\frac{3}{4}\pi n) - \sin(\frac{1}{4}\pi n)) \cos \left[ n(\phi - \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi(p-1)}{2}) \right] + ((\cos(\frac{1}{4}\pi n) - \cos(\frac{3}{4}\pi n)) \sin \left[ n(\phi - \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi(p-1)}{2}) \right] \right]$$

$$E_3(\phi) = \frac{U}{\pi} \frac{e^{-jkR}}{R} \sum_{p=1}^3 \left[ \frac{e^{\frac{j\pi}{2}}}{2 \cdot k \cdot H_n^{(2)}(0, ka \cos(\frac{\pi}{2.1}))} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{\frac{j(n+1)\pi}{2}} \Phi_3(\phi)}{H_n^{(2)}(n, ka \cos(\frac{\pi}{2.1})) \cdot n} \right] \cdot e^{ika \cos(\phi + \frac{2\pi(p-1)}{3})}$$

для трьох випромінюючих елементів,  
де

$$\Phi_3(\phi) = (\sin(\frac{2}{3}\pi n) - \sin(\frac{1}{3}\pi n)) \cos \left[ n(\phi - \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi(p-1)}{3}) \right] + ((\cos(\frac{1}{3}\pi n) - \cos(\frac{2}{3}\pi n)) \sin \left[ n(\phi - \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi(p-1)}{3}) \right])$$

Побудовані за допомогою програми *Mathcad* графіки ДН для різних значень  $ka$  представлені на рис.4а і 4б.

Для двох розглянутих варіантів КАР на низькопрофільних випромінювачах був проведений розрахунок  $SF\%$  - коефіцієнта нерівномірності в залежності від співвідношення  $a/\lambda$ .

На рис. 5 представлено залежності коефіцієнта нерівномірності від радіуса циліндричної поверхні для КАР з різною кількістю випромінюючих елементів. Побудовані графіки дозволяють оцінити, в яких межах потрібно обирати радіус циліндра для створення антенної системи у вигляді кільцевої решітки з заданою величиною коефіцієнта рівномірності.

Схематично антенні решітки з кількістю низькопрофільних випромінювачів  $N=2$ , та  $N=3$  представлені на рис. 7,а і 7,б.

Підводячи підсумки, слід зауважити, що в даній роботі ми розглянули можливість створення всенаправленого випромінювання електромагнітного поля в азимутальній площині за допомогою антен, створених на основі низькопрофільних випромінювачів над циліндричною поверхнею.

Для антен, створених на відносно тонких трубах (циліндричних поверхнях), за допомогою одного випромінювача утворюється майже рівномірна ХН, вигляд якої подано на рис. 2.

Але при збільшенні параметру  $ka$  (тобто при переході на товсті труби) рівномірність випромінювання забезпечити вдається лише шляхом збільшення числа  $N$  - елементарних випромінювачів навколо циліндра. Іншими словами створенням кільцевої антенної решітки.

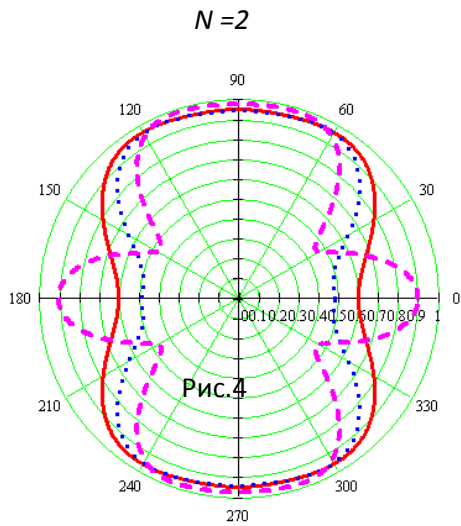


Рис. 4



Рис. 4а. Діаграма направленості двохелементної решітки

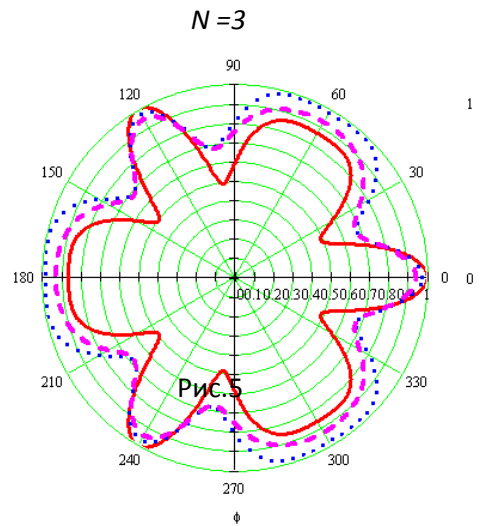


Рис. 5

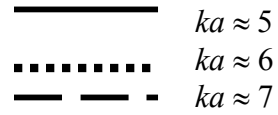


Рис. 4б. Діаграма направленості трьохелементної решітки

SF, %



Рис. 5. Графік залежності коефіцієнта нерівномірності для двох - та трьохелементної КАР від діаметру цієї поверхні

**Висновки.** Особливість вибору кількості випромінювачів та залежність коефіцієнта нерівномірності було досліджено та представлено в даній статті.

Таким чином показано, що за допомогою низькопрофільних антен можливо створювати антенні системи базових станцій з всенаправленим випромінюванням в азимутальній площині в досить широкому діапазоні частот.

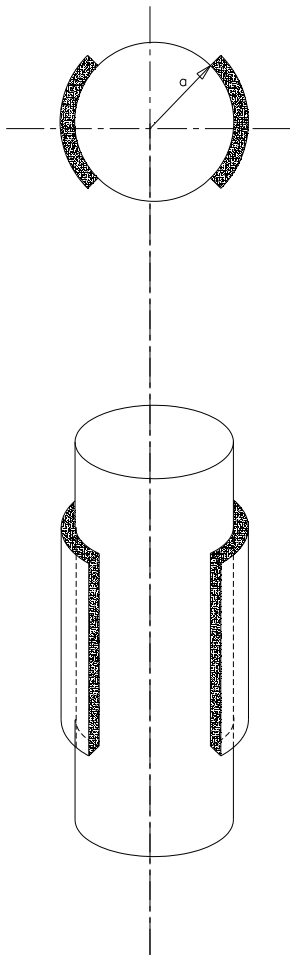


Рис. 7а. Кільцева АР з двома випромінювачами

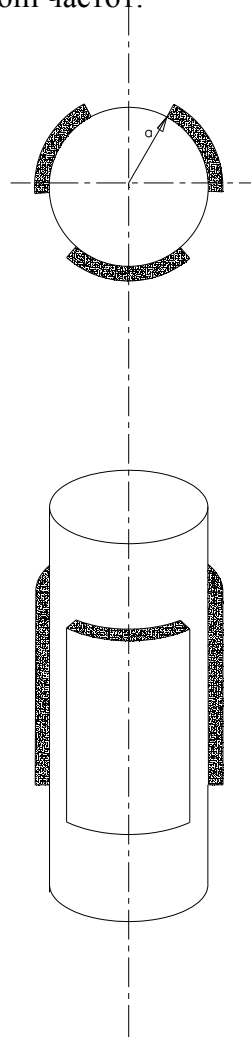


Рис. 7б. Кільцева АР з трьома випромінювачами

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Панченко Б.И. Нефедов Е.И. Микрополосковые антенны. М.: Радио и связь. - 1986.
2. Кузнецов В.Д., Носов Ю.Н. Уменьшение числа вибраторов в кольцевой антенной решетке. М.: Радиотехника. 1989 г.
3. Цыбизов К.Н. Ильинов М.Д. Микрополосковые антенны. Киев, «Знание». - 1990.
4. Шерedyкo Е.Ю. Антенна центральної станції системи «Алтай- 3М» М. Радио и связь.- 1991.

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С.В.

## ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ТЕРМІНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*У статті обговорюються проблемні питання синтезу систем термінального управління озброєння та військової техніки. Основна увага приділяється таким особливостям функціонування цих систем як нефіксований час управління, апріорна невизначеність щодо їх параметрів, наявність завад в каналах виміру координат. Надається формалізована постановка проблеми побудови адаптивних систем термінального управління.*

*В статье обсуждаются проблемные вопросы синтеза систем терминального управления вооружения и военной техники. Основное внимание отводится на такие особенности функционирования этих систем как нефиксированное время управления, априорная неопределенность относительно их параметров, наличие помех в каналах измерения координат. Предоставляется формализованная постановка проблемы построения адаптивных систем терминального управления.*

*In this paper the problem questions of synthesis of systems of terminal management of arms and military engineering are discussed. The basic attention is allocated on such features of functioning of these systems as the not fixed time of control, a priori uncertainty concerning their parameters, presence of handicaps in channels of measurement of coordinates. The formalized statement of a problem of synthesizing of adaptive systems of terminal control is given.*

Вступ. Оснащення сучасним, конкурентоздатним озброєнням та військовою технікою (ОВТ) є важливою складовою військово-технічної політики держави, направленою на забезпечення необхідного рівня боєздатності Збройних Сил України. Така політика реалізується через механізм державного оборонного замовлення на створення або модернізацію ОВТ [1]. Сам же процес його створення повинен спиратися на тенденції розвитку озброєння, які склалися в світі. Головними тенденціями створення та модернізації ОВТ є надання йому інтелектуальних властивостей та його автоматизація (роботизація) при одночасному підвищенні якісних показників [2, 3].

Як відомо [4, 5], методи підвищення якісних показників озброєння базуються на принципах побудови термінальних систем управління. При цьому в якості критерія оптимізації виступають похибки попадання об'єкта управління в задану область за певний час. Типовими завданнями, що реалізуються озброєнням, є завдання супроводження або ураження цілі, причалування кораблів, стикування літальних апаратів та інші. Особливістю побудови таких систем є наявність замкненого контуру управління. Значущість систем с замкненими контурами управління зараз зростає настільки, що вони стали найважливішою складовою більшості систем озброєння.

Практична реалізація термінальних систем управління показала, що досягти суттєвих результатів можливо тільки за умови, якщо відомі параметри керованих об'єктів [4]. В протилежному випадку, тобто коли параметри об'єктів невідомі чи відомі з наближеною мірою невизначеності, отримати розрахункові характеристики в системах озброєння принципово неможливо. Причини цього тісно пов'язані з умовами проектування та експлуатації систем. Серед них слід виділити апріорну невизначеність параметрів об'єктів управління, дію завад по каналам вхідного сигналу, зворотного зв'язку, а також невизначеність щодо статистичних характеристик завад [6, 7].

Зазначимо, що для побудови систем автоматичного управління в умовах невизначеності природно звертатися до адаптивного підходу. В рамках цього підходу в [8, 9], були вирішені окремі задачі побудови адаптивних систем термінального управління. При вирішенні цих задач звертається увага на отримання гарантованого результату, що є характерним для детермінованих методів. Це дає можливість окреслити



проблемні питання побудови систем термінального управління в межах детермінованих методів, поставити загальну проблему побудови цих систем, показати можливі шляхи їх вирішення.

Таким чином, в статті розглядаються детерміновані методи побудови систем термінального управління, показуються проблемні питання їх застосування, формулюється загальна постановка проблеми побудови адаптивних систем термінального управління, окреслюються можливі шляхи її вирішення.

Постановка задачі. В якості приклада системи термінального управління розглядається контур управління ЗКР зенітного ракетного комплексу (ЗРК) [10]. Відомо, що ефективність поразки цілі зенітним ракетним комплексом істотно залежить від знаходження цілі відносно зони ураження. ЗРК має найбільшу ефективність, коли ціль знаходиться в середині зони ураження. Суттєве зниження ефективності відбувається на границях зони ураження за дальністю та висотою. Зрозуміло, що підвищення ефективності на границях зони ураження можна досягти за рахунок такого настроювання контуру управління, при якому забезпечуються потенціальні можливості контуру управління, насамперед за швидкодією. Отримання найкращих показників контуру управління ЗКР можливе тільки, якщо параметри його елементів апріорі відомі точно.

З метою аналізу та синтезу контуру управління польотом ракети розглянемо типову систему управління замкненого типу, що складається з пристрою управління (контролера) та виконавчої частини. Динаміка цієї системи може описуватися системою диференціальних рівнянь в формі Фробеніуса зі скалярним входом

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t - \tau). \quad (1)$$

В (1)  $x \in \mathcal{R}^n$  – вектор стану системи, початковий стан  $x(0)$  якого відомий;  $t$  – змінна часу;  $u(t)$  – управляюча дія (вхід системи управління), обмежена за рівнем, тобто  $u(t) \in [\underline{u}, \bar{u}]$ ;  $\tau$  – довільне запізнювання сигналу управління;  $n, m$  – деякі відомі цілі числа; матриця  $A$  та вектор  $b$  мають вигляд

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & \dots & -a_1 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ \dots \\ k \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Вважається, що коефіцієнти  $a_i$  та  $k$  матриці  $A$  та вектора  $b$  та параметр  $\tau$  невідомі, але відомо, що вони можуть знаходитися в інтервалах

$$0 < \underline{a}_i \leq a_i \leq \bar{a}_i, \quad 0 < \underline{k} \leq k \leq \bar{k}, \quad 0 < \underline{\tau} \leq \tau \leq \bar{\tau}, \quad (3)$$

де  $\underline{a}_i, \bar{a}_i, \underline{k}, \bar{k}, \underline{\tau}, \bar{\tau}$  – нижня та верхня границі параметрів  $a_i, k$  і  $\tau$ . Будемо вважати далі, що замість сигналів  $x(t)$  вимірюються сигнали  $x'(t)$ , які являють собою адитивну суміш корисного сигналу та сигналу завади

$$x'(t) = x(t) + \xi(t). \quad (4)$$

Про завади відомо тільки те, що вони обмежені за амплітудою (рівнем), тобто  $|\xi(t)| \leq N$ , де  $N$  – рівень обмеження завади.

Ціль управління можна виразити двома критеріями  $I_1, I_2$ ;  $I_1$  – визначає час управління системою, та  $I_2$  – виставляє вимоги до координат кінцевого положення об'єкта управління

$$I_1 = \int_0^{t_k} dt, \quad I_2 = \min_{t=t_k} y(t_k). \quad (5)$$

Таким чином, задача побудови системи термінального управління може бути сформульована в термінах теорії автоматичного управління так: побудувати закон управління об'єктом (1) з апріорною невизначеністю параметрів виду (3) за умови

виміру координат  $x'(t)$  (4) з так званими нестохастичними завадами  $\xi(t)$ , про які вважається відомим тільки рівень обмеження  $N$ . Ціль управління вважається досягнутою, якщо виконуються умови (5). В статті розглядаються проблемні питання, що виникають при рішенні зазначеної задачі.

Синтез закону управління. Процес синтезу складається з визначення закону управління в символічній формі, за якою можна уявити структуру системи управління. Структура системи встановлює повний набір функціонально необхідних елементів системи та порядок їх взаємодії. Ступінь відповідності синтезованої структури поставленим задачам визначається за показниками перехідного процесу (руху зображувальних точки).

Розповсюджені закони управління базуються на принципах зворотного зв'язку, зв'язку за похідною вхідної дії, релейного управління та їх можливі комбінації [5]. Аналіз цих законів показує, що за наявності значних відхилень від кінцевого стану більш доцільним є релейний закон управління в системі, який дозволяє отримати максимальну швидкодію в системі, тобто найменші часові характеристики. При управлінні система стає еквівалентною розімкненій, тому при її реалізації відсутня проблема забезпечення стійкості. Система управління має досить просту технічну реалізацію. Але вона в значній мірі зазнає вплив дії завад, що виникають при управлінні. Відпрацювання незначних відхилень за цим законом управління не є доцільним, тому що при релейному управлінні сигнал управління змінюється з високою частотою. Цей режим називається ковзним (вібраційним). В більшості випадків цей режим є небажаним як з точки зору управління, оскільки приводить до збільшення тривалості управління на 20-50% [11], так і погіршує надійність системи за рахунок скорішого зносу виконавчої частини системи. В режимі з незначними відхиленнями більш доцільним є закон управління, який реалізується за принципом зворотного зв'язку.

Особливістю побудови закону управління систем термінального управління озброєння та військової техніки є нефіксованість часу управління, що впливає з необхідності задовольняння цілі управління за критерієм  $I_1$ . Тому закон оптимального термінального управління в цьому випадку визначається рівняннями

$$u(t) = \begin{cases} -1, & \text{якщо } f(x(t), c) < 0, \\ +1, & \text{якщо } f(x(t), c) > 0, \end{cases} \quad (6)$$

$$u(t) = \begin{cases} -1, & \text{якщо } |f(x(t), c)| = 0 \text{ та } \dot{x}_1 > 0, \\ +1, & \text{якщо } |f(x(t), c)| = 0 \text{ та } \dot{x}_1 < 0. \end{cases} \quad (7)$$

Функція  $f(\cdot)$  у виразах (6), (7) має зміст розділяючої функції, яка проходить через точку з координатами  $(0, \dots, 0)$  та поділяє фазовий простір  $(x_1, \dots, x_n)$  на пару підпросторів, один з яких відповідає управлінню  $u$  позитивного знаку, а в інший негативному; вектор параметрів  $c$  функції  $f(\cdot)$  – пов'язаний з параметрами  $a_i, k, \tau$  математичної моделі (1). В теоретичних розрахунках зручно використовувати нормовану вхідну дію як і в (6), (7), що не впливає на зміст закону управління. Число інтервалів управління у випадку, коли матриця  $A$  відповідає певним умовам, визначається відомою теоремою про  $n$ -інтервалів О.А. Фельдбаума. При формуванні управління увага повинна приділятися вибору початкового значення управління  $u(0)$ . Тільки при правильному виборі управління на початковому етапі система управління здатна привести зображувальну точку керованого об'єкта до цілі.

Розділяюча функція отримується з рівняння (1) шляхом виключення змінної  $t$ . Виключення змінної  $t$  – процес надто складний, його можна виконати для ліченої кількості простих випадків. Тому, за звичай, в загальному випадку до рівняння (1) для

аналітичного визначення функції  $f(\cdot)$  доцільно застосувати перетворення координат за співвідношенням

$$y(t) = P^{-1}x(t) \quad (8)$$

з матрицею перетворення  $P$ . В новому просторовому базисі рівняння (1) має вид

$$\dot{y}(t) = \Lambda y(t) + P^{-1}bu(t), \quad (9)$$

де  $\Lambda$  - матриця в діагональній або жордановій формі,  $\Lambda = P^{-1}AP$ . В базисі  $y$  знаходження функції  $f(\cdot)$  значно спрощується.

В практиці проектування аналітичний вигляд функції  $f(\cdot)$  може бути отриманий тільки у випадку  $n \leq 3$ . У випадку якщо  $n > 3$  аналітичне визначення функції  $f(\cdot)$  знайти практично неможливо. В цьому випадку необхідно зменшувати порядок математичної моделі (1), використовуючи відоме правило О.Ю. Ішлинського, згідно якому лінійна система як завгодно високого порядку в перехідному режимі поводить себе, як і система другого чи третього порядку.

Якщо параметри  $c$  функції  $f(\cdot)$  невідомі (див. (3)), то отримати оптимальне термінальне управління неможливо. Наявність обмежень виду (3) приводять до появи обмежень параметрів функції  $f(\cdot)$

$$\underline{c}_j \leq c_j \leq \bar{c}_j, \quad (10)$$

де  $j=1, 2, \dots$

Слід зазначити, що закон управління (6), (7) реалізувати на практиці не можливо у зв'язку з тим, що параметри об'єкта (1) невідомі, а оптимальне адаптивне керування за кінцеве число іспитів отримати неможливо, тому перехідний процес в системі необхідно будувати як субоптимальний.

Під субоптимальним перехідним процесом (рух зображувальної точки) будемо розуміти такий перехідний процес, за яким час цього процесу відрізняється від оптимального на будь-яку як завгодно малу величину, а число інтервалів керування таке ж, як і при оптимальному. При субоптимальному керуванні виникає необхідність призначення деякої області досяжності  $\Omega$  кінцевого стану  $x(t_k)$ , тобто  $x(t_k) \in \Omega$ .

На рис. 1 показані приклади можливих фазових траєкторій об'єкта: траєкторія 1 – субоптимальна траєкторія об'єкта, при цьому об'єкт переводиться з початкового стану  $x_0$  у кінцевий  $x(t_k) \in \Omega$  з однократним перемиканням знака керування,  $f(c^*, x, \tau^*)$  – субоптимальна розділяюча функція; 2 – об'єкт переводиться з початкового стану  $x''_0$  у кінцевий  $x(t_k) \in \Omega$  у ковзному режимі,  $f(c'', x, \tau'')$  - розділяюча функція цього режиму; 3 – об'єкт переводиться з початкового стану  $x'_0$  у кінцевий  $x(t_k)$  за встановлене число змін знаку керування та не досягає області  $\Omega$ ,  $f(c', x, \tau')$  - розділяюча функція цього режиму;  $f(c, x)$  – розділяюча функція для об'єкта з відомими параметрами  $c$  без запізнювання,  $\tau=0$ ;  $f(c, x, \tau)$  - розділяюча функція для об'єкта з відомими параметрами  $c$  та запізнюванням  $\tau \neq 0$ .

Відповідно до стандартного прийому закон термінального керування будується таким чином, що замість відомих параметрів в функції  $f(\cdot)$  використані їх оцінки, які отримують відповідно з деяким законом адаптації

$$u(t) = \begin{cases} -1, & \text{якщо } f(x(t), \hat{c}) < 0, \\ +1, & \text{якщо } f(x(t), \hat{c}) > 0. \end{cases} \quad (11)$$

В (11)  $\hat{c}$  - оцінки невідомого параметра  $c^*$ , достатньо близькі до  $c^*$ .

Таким чином, визначення функції  $f(\cdot)$  в (11) та вибір початкового управління  $u(0)$  є

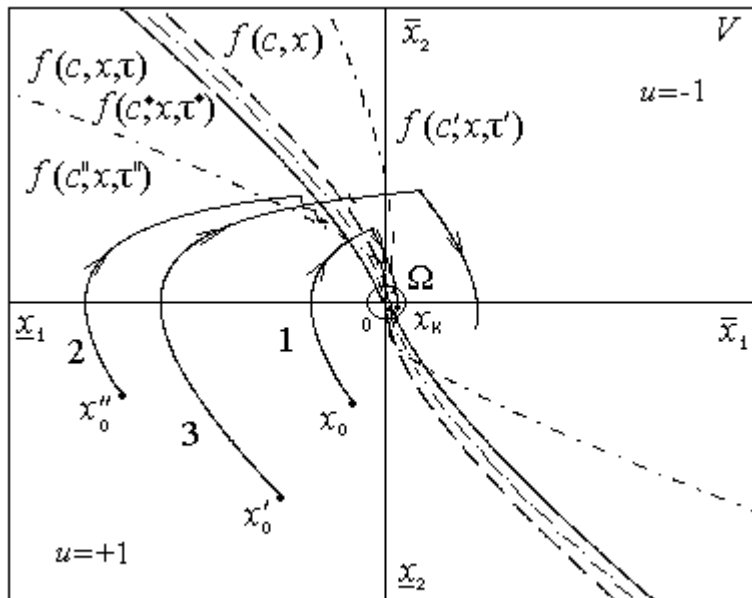


Рис. 1. Можливі фазові траєкторії зображуваної точки при різних  $f(c_i, x)$

головними складовими етапу розробки закону термінального управління об'єкта (1). Якість термінального управління суттєво залежить від її вектору параметрів  $c$ . Для підвищення якості термінального управління необхідно здійснювати корекцію вектора  $c$  методами адаптації.

Синтез закону адаптації. Аналіз робіт [8-10], показує, що адаптивні методи, що застосовані там, умовно можна поділити на методи з лінійною та нелінійною залежністю параметрів  $c$  функції  $f(\cdot)$ . Якщо функція  $f(\cdot)$  має лінійну залежність від параметрів  $c$  виду

$$f(x, c) = c^T x, \quad (12)$$

то при використанні звичайних алгоритмів навчання розпізнаванню зразків перцептронного типу

$$c_n = \begin{cases} c_{n-1}, & \text{якщо } f(\cdot) = 0, \\ c_{n-1} - x(t'), & \text{якщо } f(\cdot) > 0, \\ c_{n-1} + x(t'), & \text{якщо } f(\cdot) < 0 \end{cases} \quad (13)$$

можуть бути отримані задовільні оцінки вектору параметрів. Однією з проблем застосування методів з лінійною залежністю функції  $f(\cdot)$  за параметрами  $c$ , що взагалі властиво і методам з нелінійною  $f(\cdot)$  за параметрами, це вибір точки  $x(t')$  фазової траєкторії, за якою буде проводитися корекція вектору параметрів  $c$ . Загальна рекомендація до вибору цієї точки складається в тому, що вона повинна бути помилкою навчання (класифікації) управління, яка на наступному кроці адаптації має бути виправленою. Зауважимо, що помилковою є не кожна точка фазової траєкторії об'єкта, в та, по якій здійснено не правильний вибір знаку сигналу управління. Класифікація ситуацій управління може здійснюватися ще й за додатковими ознаками режимів функціонування, так коли здійснюється помилка вибору знаку сигналу управління та виникає ковзний режим роботи, тоді класифікацію цього помилкового режиму можна здійснювати по кількості числа разів зміни знаку сигналу управління.

В результаті функціонування алгоритму можуть бути отримані довільні оцінки, за якими поверхня перемикачів може зайняти таке просторове положення, що реалізація зміни знаку в принципі не може здійснитися та система не попадає в область цілі. Це є ознакою того, що отримані оцінки вектора параметрів не реалізуються фізично.

Можливим виходом в цієї ситуації є введення в алгоритм адаптації операції проектування оцінок на деяку область допустимих значень. Така операція не впливає на швидкість збіжності процесу адаптації.

За умови нелінійної залежності вектору параметрів слід обирати такі алгоритми, за якими можна отримати надійні оцінки вектору параметрів. Відомі градієнтні методи не дозволяють розрізняти локальні мінімуми функції  $f(\cdot)$ . Це може приводити до передчасного закінчення процесу адаптації. Виходом з даного становища може бути попереднє вивчення властивостей функції  $f(\cdot)$  та визначення інтервалів можливих локальних мінімумів з метою їх скорішого проходження та знаходження глобального мінімуму функції  $f(\cdot)$ .

Проблемним питанням адаптації може бути також високий порядок системи. Так, якщо порядок математичної моделі об'єкта управління  $n \geq 2$ , то в такому разі число інтервалів збільшується, при цьому звичайною лічбою числа змін знаків інтервалів управління не можна розрізнити на якому виникає ковзний режим. Тоді для встановлення номеру інтервалу ковзного режиму та визначення точки  $x'(t)$ , за якою буде проводитися класифікація, потрібно притягувати додаткову інформацію про перехідний процес.

Зрозуміло, що адаптація відбувається правильно тоді, коли відповідним чином змінюється критерій збіжності. Якщо критерій збіжності обрано квадрат відстані між істинним вектором та його оцінками, то в процесі адаптації така відстань повинна крок від кроку зменшуватися. В іншому випадку процес адаптації повинно піддавати додатковій перевірці.

Таким чином, до основних проблемних питань побудови алгоритмів адаптації є вибір фазової точки, за якою буде проводитися корекція; виключення режимів роботи в процесі корекції параметрів, що фізично не реалізуються; виключення передчасної зупинки корекції за локальними мінімумами функції  $f(\cdot)$ ; визначення конструктивних критеріїв збіжності процесу адаптації, які дають однозначну оцінку процесу адаптації. Звичайно, що процес адаптації повинний задовольняти конструктора системи управління за швидкістю.

Формулювання проблеми. Проблема побудови систем термінального керування формулюється так:

визначити керуючий вплив в системі, математична модель якої представляється системою з  $n$  диференціальних рівнянь із апріорі невідомими параметрами, що забезпечує переклад фазових координат  $x_i$  зображувальної точки  $x(x_1, \dots, x_n)$ , які характеризують вихідну величину, її швидкість, прискорення, а також вищі похідні вихідної величини, та контролюються за допомогою фізично реалізованих датчиків стану системи, у деяку досить малу околицю кінцевого положення (область досяжності) за мінімально можливий час.

Передбачається, що в системі відомо:

1. Початковий стан  $x(t_0)$ , в якому може перебувати динамічна система, повинен знаходитися в межах області  $V$ :

$$x(t_0) \in V = [x_1, \bar{x}_1] \times \dots \times [x_n, \bar{x}_n], \quad (14)$$

$t_0$  – початковий момент часу дослідження системи.

2. Кінцевий стан системи повинен належати області досяжності  $\Omega$ ,  $x(t_k) \in \Omega$ ; крапка з координатами  $(0, \dots, 0) \in \Omega$ , причому  $\Omega \in V \setminus x(t_0)$ ;

3. Параметри моделі можуть перебувати в інтервалах

$$0 < \underline{a}_i \leq a_i \leq \bar{a}_i, \quad 0 < \underline{k} \leq k \leq \bar{k}, \quad 0 < \underline{\tau} \leq \tau \leq \bar{\tau}. \quad (15)$$

4. Вимір вихідних координат системи є адитивною сумішшю сигналу вихідної координати  $x_i$  і сигналу завади  $\xi_i$

$$x'_i = x_i + \xi_i, \quad (16)$$

де  $\xi_i$  – нестохастична, обмежена за рівнем завада,  $|\xi_i(t)| \leq N_i$ , де  $N_i$  – рівень обмеження  $i$ -го каналу виміру, апіорі відомий,  $i = 1, n$ .

Передбачається, що сигнал керування в системі термінального управління повинний визначатися тільки за поточною інформацією про динаміку системи. Сигнал управління виступає в якості дії, за якою отримується навчальна послідовність для системи адаптації.

Рішення проблеми в даній постановці невідомо. Повний перебір всіх можливих варіантів вихідних даних при прямій підстановці в рівняння (6), (7) регулятора є нереальним. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок використання ітераційно-пошукових алгоритмів, які задовольняють умовам поставленої проблеми.

Таким чином, пошук можливого рішення проблеми підвищення ефективності системи термінального керування з невідомими параметрами необхідно здійснити за такими напрямками.

1. Розробка методів термінального управління за відсутності завод.
2. Розробка методів термінального керування за наявністю обмежених завод.
3. Аналіз шляхів удосконалення розроблених методів.
4. Оцінка технічної ефективності розробленої системи термінального управління.

**Висновки.** Представлені в статті проблемні питання стосуються побудови законів управління в умовах апіорної невизначеності відносно параметрів об'єктів ОВТ та наявності неконтролюємих обмежених завод в каналах виміру координат. За результатами аналізу проблемних питань побудови систем термінального управління сформульовано проблему побудови адаптивних систем термінального управління в формальному вигляді, позначені можливі шляхи її вирішення.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Біла книга 2007: оборонна політика України / [авторський колектив Міністерства оборони України та Генерального штабу України] – К.: МОУ, 2008. – 136 с.
2. Кучеров Д.П. Использование искусственного интеллекта – современная тенденция развития вооружения / Д.П. Кучеров, Б.М. Герасимов, З.Н. Копылова, В.Г. Мякухин // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2007. – Спецвыпуск. – С. 36-42.
3. Кучеров Д.П. Перспективы развития роботизованных систем военного назначения / Д.П. Кучеров, З.М. Копылова, Ю.В. М'якухін // Системи озброєння і військова техніка. – №1 (9). – Харків: ХУПС, 2007. – С.44-46.
4. Батенко А.П. Системы терминального управления / Батенко А.П. – М.: Радио и связь, 1984. – 160 с.
5. Справочник по теории автоматического управления / [Александров А.Г., Артемьев В.М. и др.]; под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
6. Красовский Н.Н. Современные проблемы оптимизации и устойчивости неопределенных и стохастических систем / Н.Н. Красовский, А.Б. Куржанский, А.И. Кибзун // Автоматика и телемеханика. – 2007. – №10. – С.3-4.
7. Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации / Кунцевич В.М. – К.: Наук. думка, 2006. – 264 с.
8. Кучеров Д.П. Адаптивная система сопровождения по угловым координатам радиолокационного измерительного комплекса / Д.П. Кучеров // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2008. – №1 (26). – С.24-29.
9. Кучеров Д.П. Синтез алгоритма адаптивного терминального управления инерционной системой второго порядка при наличии ограниченных помех / Д.П. Кучеров // Проблемы управления и информатики. – 2007. – № 5. – С.20-28.
10. Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами / Ф.К. Неупокоев. – М.: Воениздат, 1991. – 343 с.
11. Дунаев В.И. Квазиоптимальные по быстродействию системы автоматического регулирования / Дунаев В.И. – М.: Энергия, 1970. – 64 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Герасимов Б.М.

## ФОРМАЛІЗОВАНЕ ПОДАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗА СТАНОМ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ОРГАНАХ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ

*У статті запропоновано математичну модель технічного обслуговування автомобільних транспортних засобів органів охорони державного кордону з часовою надмірністю, враховуючи стратегію технічного обслуговування за станом*

*В статье предложена математическая модель технического обслуживания автомобильных транспортных средств органов охраны государственной границы с временной избыточностью, учитывая стратегию технического обслуживания по состоянию*

*In article the mathematical model of maintenance service of automobile vehicles of bodies of protection of frontier with time redundancy is offered, considering maintenance service strategy on a condition.*

Реалізація складових сучасної моделі охорони державного кордону, яка визначена Концепцією розвитку Державної прикордонної служби України на період до 2015 року передбачає широке застосування автомобільних транспортних засобів (АТЗ) під час виконання завдань з охорони державного кордону, а особливо під час проведення спеціальних заходів з пошуку правопорушників прикордонного законодавства, а також швидкого реагування на зміну обстановки на кордоні в різних фізико-географічних, природно-кліматичних та індустріальних умовах [1]. Це обумовлює необхідність інтенсивного використання моторесурсів АТЗ в органах охорони державного кордону (ООДК), зміну періодичності їх технічного обслуговування (ТО). Об'єктивність такого становища спонукає до приведення у відповідність системи ТО АТЗ до поточного рівня їх технічного стану з метою забезпечення нормативного рівня готовності до їх використання за призначенням.

Аналіз науково-методичних праць в області експлуатації автомобілів, зокрема організації ТО АТЗ показав, що достатньо ефективною, за умови коректного впровадження може бути система ТО за станом [2]. Разом із тим питання ТО за станом АТЗ вивчено недостатньо, а особливо в системах з часовою надмірністю, які враховують багато факторів, що характеризують процеси функціонування АТЗ в реальних умовах експлуатації.

Окрім того, завдання оптимізації системи ТО АТЗ ООДК ускладнюється необхідністю враховування показників безвідмовності та ремонтпридатності АТЗ, особливостей способів контролю за технічним станом АТЗ, прогнозування та визначення відмов, кваліфікації та продуктивності праці персоналу, що обслуговує АТЗ, а також характеристику організації відновлення працездатності, режимів використання АТЗ за призначенням, наявність і порядок використання різних видів надмірності (зокрема часової) для забезпечення нормального функціонування АТЗ в умовах дії дестабілізуючих факторів.

**Мета статті.** Подання в формалізованому вигляді задачі оптимізації ТО за станом АТЗ ООДК. Відмінною особливістю математичних моделей ТО з часовою надмірністю, що визначає їх новизну, є урахування резервів часу, що витрачається не тільки на відновлення (ремонт) працездатності об'єктів АТЗ, а і на проведення ТО.

Характерним для математичної моделі, яка побудована на стратегії ТО за технічним станом є врахування контролю технічного стану АТЗ що проводиться через визначені проміжки часу (пробігу), метою чого є встановлення фактичного (реального) технічного стану зразка та проведення прогнозованого контролю для виявлення передумов виникнення потенційних відмов та встановлення необхідності проведення ТО з метою усунення таких передумов.

### **Математична модель.**

Особливістю математичної моделі є те, що в ній розглядається клас систем (АТЗ ООДК) які використовуються не безперервно, а епізодично, тобто виконують певні візницькі завдання, що поступають в випадкові моменти часу та потребують певного часу на їх виконання.

Слід надати характеристику особливостей, що притаманні моделі:

- розглядається система короткочасної дії, в якій завдання виконується з ймовірністю одиниця, якщо застає об'єкт в працездатному стані (при цьому протяжністю виконання завдання можна знехтувати);

- допустиме запізнювання в виконанні завдання на деякий час  $t_D = const$ , якщо в момент його надходження об'єкт знаходиться на ТО. В цьому випадку здійснюється екстрене переведення системи в основний (робочий) режим протягом випадкового часу  $t_{ПГ}$ , розподіленого за експоненціальним законом з параметром  $\gamma_{ПГ}$ ;

- в системі в режимі очікування надходження завдання призначається контроль технічного стану об'єкту через час  $T_K = const$ , основною метою якого є виявлення потенційних відмов [ 3, 4 ]. Якщо до призначеного моменту  $T_K$  система не відмовила (критерії відмови сформульовані нижче), то в цей момент починається контроль технічного стану, протяжність якого – випадкова величина  $t_K$  є функцією розподілу  $F(t) = 1 - \exp(-\gamma_K t)$ ;

- в ході проведення контролю за результатами прогнозування визначається доцільність проведення ТО. Якщо під час проведення прогнозуючого контролю в об'єкті виявляється існування потенційних відмов (ймовірність цієї події задана), то об'єкт переводиться в режим ТО для виконання операцій із запобігання цих відмов. В протилежному випадку після закінчення контролю ТО не проводиться, а система переводиться в режим очікування застосування.

Критерієм відмови являється виконання однієї із наступних умов:

- якщо в момент надходження завдання на об'єкті проводиться контроль технічного стану або відновлення працездатності;

- якщо перевід об'єкта з режиму ТО в основний режим здійснюється на час який перевищує допустиме значення  $t_{Д1}$ .

Для сформульованих вище умов визначимо коефіцієнт технічного використання системи. З метою вирішення задачі побудови математичної моделі введемо в розгляд напівмарківський процес (НМП)  $X(t)$ , який описує функціонування системи, граф станів і переходів якої представлені на рис.1, де  $e_0$  стан, в якому об'єкт працездатний, знаходиться на першому рівні запасу працездатності та очікує надходження завдання;  $e_1$  - стан, в якому проводиться контроль технічного стану об'єкта на першому рівні працездатності;  $e_2$  - стан, в якому об'єкт володіє другим рівнем працездатності;  $e_3$  - стан, в якому проводиться контроль технічного стану об'єкта на другому рівні запасу працездатності;  $e_4$  - стан, в якому проводиться відновлення працездатності об'єкта, який відмовив;  $e_5$  - стан, в якому проводиться ТО об'єкта;  $e_6$  - стан, в якому здійснюється перевід системи з режиму ТО в основний режим (здійснюється витрата



допустимого часу);  $e_{7,9}$  - стан, в якому система простоює на контролі технічного стану після надходження завдання;  $e_8$  - стан, в якому система простоює під час переходу з режиму ТО в основний режим після витрачання резерву часу  $t_{Д1}$ ;  $e_{10}$  - стан, в якому система простоює на відновленні працездатності після надходження завдання;  $E_+, E_-$  - області працездатних та непрацездатних станів систем відповідно.

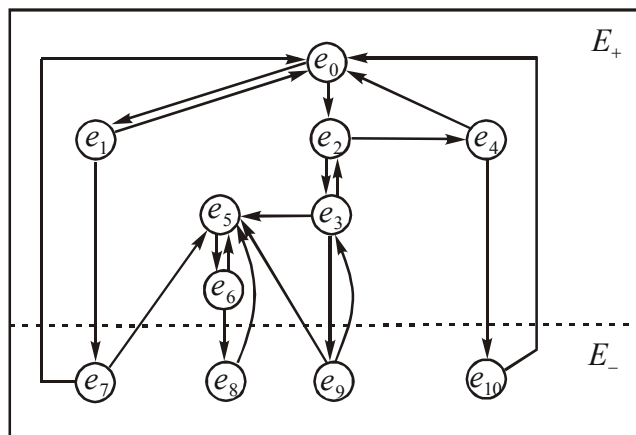


Рис. 1. Граф станів та переходів

З метою визначення коефіцієнта технічного використання парку АТЗ ООДК використаємо загальну формулу [5]:

$$K_{ТВ}(\tau_D) = \frac{\bar{T}_0(\tau_D)}{\bar{T}_0(\tau_D) + \bar{T}_{ПР}(\tau_D) + \bar{T}_B(\tau_D)}. \quad (1)$$

де  $\bar{T}_0(\tau_D)$  - середнє напрацювання на відмову обслугованої системи з часовою надмірністю;

$\bar{T}_{ПР}(\tau_D)$  - середній час простою в ТО, віднесений до однієї відмови;

$\bar{T}_B(\tau_D)$  - середній час відмовлення системи з часовим резервуванням.

Середнє напрацювання на відмову визначається як середній час перебування НМП в підмножині працездатних станів  $E_+$  після чергового переходу з підмножини непрацездатних станів  $E_-$  в підмножину  $E_+$ . Для вираховання  $\bar{T}_0(\tau_A)$  використаємо формулу:

$$\bar{T}_0(\tau_A) = \sum_{n \in A_+} \pi_n \dot{a}_n \left( \sum_{z \in e_+} \pi_z \sum_{j \in A_-} P_{zj} \right)^{-1}. \quad (2)$$

де  $\dot{a}_i$  - середній час перебування НМП в стані,  $a_i = \int_0^{\infty} x dF_i(x)$ ;

$P_{ij}$  - стаціонарні перехідні в ймовірності вкладеного ланцюга Маркова,  $P_{ij} = \lim_{t \rightarrow \infty} P_{ij}(t)$ ;

$\pi_i$  - стаціонарні ймовірності вкладеного ланцюга Маркова, що визначається із системи рівнянь  $\pi_i = \sum_{j \in E} P_{ij} \pi_j$ , з урахуванням умов нормування  $\sum_{j \in E} \pi_j = 1$ ;

$e_+$  - підмножина граничних станів, що належить  $E_+$ , тобто таких станів, з яких можна потрапити в  $E_-$  за один перехід.

Середній час простою на ТО  $\bar{T}_{ID}(\tau_A)$  визначається як середній час перебування НМП в підмножині станів  $G(G \in E_-)$  після чергового переходу процесу з підмножини станів  $E_+$  в підмножині станів  $G$ . Значення  $\bar{T}_{ID}(\tau_A)$  визначається за формулою :

$$\bar{T}_{IP}(\tau_D) = \sum_{n \in G} \pi_n a_n \left( \sum_{i \in e_+} \pi_i \sum_{j \in G} P_{ij} \right)^{-1}. \quad (3)$$

Середній час відновлення  $\bar{T}_A(\tau_A)$  системи є середнім часом перебування НМП в підмножині станів  $W(W \in E_-)$  після чергового переходу процесу з підмножини станів  $E_+$  в підмножину станів  $W$  :

$$\bar{T}_B(\tau_D) = \sum_{n \in W} \pi_n a_n \left( \sum_{i \in e_+} \pi_i \sum_{j \in W} P_{ij} \right)^{-1}. \quad (4)$$

Таким чином коефіцієнт технічного використання  $\hat{E}_{\hat{O}_A}(\tau_A)$  визначається як стаціонарна ймовірність перебування НМП в підмножині працездатних станів  $E_+$  [ 5 ]:

$$K_{TB}(\tau_D) = \frac{\bar{T}_0(\tau_D)}{\bar{T}_0(\tau_D) + \bar{T}_{IP}(\tau_D) + \bar{T}_B(\tau_D)} = \sum_{i \in E_+} \pi_i a_i \left( \sum_{i \in E_+} \pi_i a_i + \sum_{i \in W} \pi_i a_i + \sum_{i \in G} \pi_i a_i \right)^{-1}. \quad (5)$$

З урахуванням графу станів та переходів залежність (5) прийме вигляд:

$$K_{TB}(z, \tau_D) = \sum_{i=0}^6 \pi_i a_i \left( \sum_{i=0}^{10} \pi_i a_i \right)^{-1}. \quad (6)$$

Стаціонарні ймовірності вкладеного ланцюга Маркова  $\pi_i (i = \overline{0,10})$ , що входять до виразу  $\pi_i = \sum_{i \in E} P_{ij} \pi_j$ , визначимо із системи рівнянь:

$$\begin{aligned} \pi_0 &= \pi_1 P_{10} + \pi_4 P_{40} + \pi_5 P_{50} + \pi_{10} P_{10,0} \\ \pi_1 &= \pi_0 P_{01} \\ \pi_2 &= \pi_0 P_{02} + \pi_3 P_{32} + \pi_9 P_{92} \\ \pi_3 &= \pi_2 P_{23} \\ \pi_4 &= \pi_2 P_{24} \\ \pi_5 &= \pi_1 P_{15} + \pi_3 P_{35} + \pi_6 P_{65} + \pi_8 P_{85} + \pi_9 P_{95} \\ \pi_6 &= \pi_5 P_{56} \\ \pi_7 &= \pi_1 P_{17} \\ \pi_8 &= \pi_6 P_{68} \end{aligned}$$

$$\pi_9 = \pi_3 P_{39}$$

$$\pi_{10} = \pi_4 P_{4,10}$$

$$\text{з урахуванням умови нормування } \sum_{i=0}^{10} \pi_i = 1$$

Під час вирішення даної системи рівнянь за умови заміни знайдених значень  $\pi_i$  ( $i = \overline{0,10}$ ), з формули (6), отримуємо:

$$K_{TB}(z, \tau_D) = \frac{A(a_0 + P_{01}a_1) + a_2 + P_{23}a_3 + P_{24}a_4 + \frac{B}{P_{50}}(a_5 + P_{56}a_6)}{A(a_0 + P_{01}a_1) + a_2 + P_{23}a_3 + P_{24}a_4 + \frac{B}{P_{50}}[a_5 + P_{56}(a_6 + P_{68}a_8)] + AP_{01}P_{17}a_7 + P_{23}P_{39}a_9 + P_{24}P_{4,10}a_{10}}. \quad (7)$$

$$\text{де } A = \frac{1}{P_{02}}[1 - P_{23}(P_{32} + P_{39}P_{92})]$$

$$B = A[1 - P_{01}(P_{10} + P_{17}P_{70})] - P_{24}(P_{40} + P_{4,10}P_{10,0}).$$

Шляхом використання залежностей щодо визначення  $a_i$  та  $P_{ij}$  та враховуючи вихідні умови задачі, а також прийняті припущення та обмеження, можна записати наступні формули для стаціонарних ймовірностей переходу  $P_{ij}$  та середніх часів  $a_i$  перебування в станах  $e_i$ , ( $i, j = \overline{0,10}, i \neq j$ ):

$$P_{01} = e^{-n\lambda T_k}; \quad P_{02} = 1 - e^{-n\lambda T_k}; \quad P_{03} = \frac{(1 - \eta_1)\gamma_k}{\gamma_k + \gamma_3}; \quad P_{23} = e^{-\lambda T_k}; \quad P_{17} = \frac{\gamma_3}{\gamma_k + \gamma_3};$$

$$P_{15} = \frac{\eta_1\gamma_k}{\gamma_k + \gamma_3}; \quad P_{24} = 1 - e^{-\lambda T_k}; \quad P_{32} = \frac{(1 - \eta_2)\gamma_k}{\gamma_k + \gamma_3}; \quad P_{35} = \frac{\eta_2\gamma_k}{\gamma_k + \gamma_3}; \quad P_{39} = \frac{\gamma_3}{\gamma_k + \gamma_3};$$

$$P_{40} = \frac{\mu}{\mu + \gamma_3}; \quad P_{4,10} = \frac{\gamma_3}{\mu + \gamma_3}; \quad P_{50} = \frac{\Theta}{\Theta + \gamma_3}; \quad P_{56} = \frac{\gamma_3}{\Theta + \gamma_3}; \quad P_{65} = 1 - e^{-\gamma_{\Pi r} t_{D1}};$$

$$P_{68} = e^{-\gamma_{\Pi r} t_{D1}}; \quad P_{70} = 1 - \eta_1; \quad P_{75} = \eta_1; \quad P_{92} = 1 - \eta_2; \quad P_{95} = \eta_2.$$

де  $\eta_1, \eta_2$  - ймовірності виявлення потенційних відмов під час проведення прогнозуючого контролю автомобільного транспортного засобу, який має перший чи другий рівень запасу працездатності.

Підставляючи знайдені значення  $P_{ij}$  та  $a_i$  в формулу (7), отримуємо вираз для коефіцієнта технічного використання парку АТЗ, що обслуговується за станом:

$$K_{TB} = \frac{A \left[ \frac{1}{n\lambda} (1 - e^{-n\lambda T_k}) + e^{-n\lambda T_k} / (\gamma_k + \gamma_3) \right] + \left( 1 - e^{-\lambda T_k} \right) \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu + \gamma_3} \right) + e^{-\lambda T_k} / (\gamma_k + \gamma_3) + \frac{B}{\Theta} \left[ 1 + \frac{\gamma_3}{\gamma_{III}} \left( 1 - e^{-\gamma_{III} t_{Д1}} \right) \right]}{A \left[ \frac{1}{n\lambda} (1 - e^{-n\lambda T_k}) + e^{-n\lambda T_k} / (\gamma_k + \gamma_3) \right] + \left( 1 - e^{-\lambda T_k} \right) \left[ \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu + \gamma_3} \left( 1 + \frac{\gamma_3}{\mu} \right) \right] + e^{-\lambda T_k} / (\gamma_k + \gamma_3) + \frac{B}{\Theta} \left( 1 + \frac{\gamma_3}{\gamma_{III}} \right) + \frac{\gamma_3}{\gamma_k (\gamma_k + \gamma_3)} (A e^{-n\lambda T_k} + e^{-\lambda T_k})} \quad (8)$$

де  $A = (1 - e^{-n\lambda T_k})^{-1} (1 - (1 - \eta_2) e^{-\lambda T_k})$ ;

$B = A (e^{-n\lambda T_k} - (1 - \eta_1) e^{-\lambda T_k})$ .

**Висновок.** Таким чином, викладена у статті математична модель дозволяє обґрунтовано підійти до оптимізації системи ТО за станом АТЗ ООДК шляхом визначення розрахункових співвідношень для  $K_{TB}$  різних зразків АТЗ з урахуванням використання резервів часу не тільки під час відновлення працездатності АТЗ, але і під час проведення планових ТО. Запропонований в математичній моделі граф станів та переходів максимально описує всі можливі варіанти перебування зразка АТЗ в експлуатації за рахунок урахування простоїв під час контролю технічного стану, переведення з режиму ТО в основний режим а також просто з причин втрати працездатності.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Концепція розвитку Державної прикордонної служби України на період до 2015 року: – Київ. – Указ Президента України від 19.06.2006 р., № 546.
2. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа. – 1982. – 232 с.
3. Жердев Н.К., Креденцер Б.П., Белоконь Р.Н. Контроль устройств на интегральных схемах / Под ред. Б.П. Креденцера. – К.: Техника, 1986. – 160 с.
4. Kapur P.K., Butani N. L. Optimum inspection policies for a computer system with hidden failure // International Journal System Scientific. – 1987. – V/ 18, № 4. – P. 601-609.
5. Модели технического обслуживания систем с избыточностью / Под ред. Б.П. Креденцера. – Киев, 2002. – 191с.

Рецензент: д.т.н., проф. Жердєв М.К.

## МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ РОЗРОБКИ ВИРОБІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*Запропонована методика проведення формування і обґрунтування перспективних видів озброєння і військової техніки, напрямків їх розвитку шляхом визначення важливіших реально існуючих або штучно сформованих кількісних показників, які в найбільшій мірі відображають ступінь відповідності конкретного виду озброєння його призначенню.*

*Предложена методика проведения формирования и обоснования перспективных видов вооружения и военной техники, направлений их развития путем определения важнейших реально существующих или искусственно сформированных количественных показателей, которые в наибольшей мере отображают степень соответствия конкретного вида вооружения его назначению.*

*The technique of carrying out of formation and substantiation of perspective kinds of arms and the military technics, directions of their development by definition of the major real-life or is artificia generated quantity indicators which in the greatest measure display degree of conformity of a concrete kind of arms to its appointment is offered.*

**Вступ та постановка задачі.** Системи прийняття рішень (СПР) широко застосовуються при управлінні науково-технічним прогресом (НТП). Організація та проведення фундаментальних та прикладних і науково - дослідних робіт починається зі складання технічного завдання (ТЗ) на цю розробку. Від якості виконання цієї частки роботи в певній мірі залежить науково-технічний рівень кінцевого результату, який отримає Замовник. У теперішній час скласти якісне ТЗ являє собою певну трудність, оскільки до його складання допускають спеціалістів, не всі з котрих можуть виступати у якості експертів, досконало знати предметну галузь і бути в курсі всіх аналогічних розробок у світі. Тому частіше за все ТЗ пишеться "під Виконавця" з урахуванням його досвіду та освіченості у науково-технічних питаннях. При такому підході якість розробки за критерієм "ефективність – вартість – реалізованість" не буде максимальною.

Ефективність вкладених у розробку коштів можна було б підвищити, якби існувала інформаційна система, яка за допомогою єдиної системи нормативно-правового та нормативно-технічного забезпечення процесу створення науково-технічного продукту, за допомогою новітніх Інтернет-технологій та інших джерел інформації, дозволила б Замовнику оцінити передовий рубіж науково-технічного прогресу, уявити для себе вимоги до науково-технічного продукту, а також допомогти йому сформулювати вимоги, що ляжуть в основу ТЗ для Виконавця. Рівень підготовки Замовника при цьому може бути невисоким, бо більшість знань предметної області він буде черпати з інформаційної системи.

Розробка складних технічних систем як і будь-якої іншої техніки здійснюється в низку етапів. При виконанні етапу ескізного проектування розробник повинен урахувати перспективи і напрямки розвитку вищевказаної техніки. На жаль, до цього часу цей етап розробки до кінця не формалізовано. Саме на цьому етапі розробник повинен вибрати критерій ефективності техніки, що розробляється. Наприклад, для радіолокаційної техніки такими критеріями можуть бути розрізняльна здатність та дальність виявлення цілей. Вибір критерію ефективності для озброєння, що розробляється – велика відповідальність, тому при обґрунтуванні перспектив і напрямків розвитку стрілецької зброї необхідно проведення критерійних досліджень. Деякі з таких задач розглянуто у [1,2].

**Критеріальні дослідження, як основи методики обґрунтування.** Метою критерійних досліджень є уточнення призначення даного виду озброєння і військової техніки (ОіВТ) та формалізація цього процесу шляхом виявлення важливіших реально

існуючих або штучно сформованих кількісних показників, які в найбільшій мірі відображають ступінь відповідності конкретного варіанта зброї її призначенню. Інші показники, що характеризують з інших позицій перспективний вид ОіВТ, трактуються при цьому у вигляді обмежень (вага зброї, її розміри, енергетичні показники) і називаються екзогенними змінними, або в якості параметрів, що оптимізуються, (мінімальна дальність та висота) і називаються ендогенними змінними. На практиці розробки зброї отримала широке розповсюдження така пара: ефективність – вартість. Проектування ОіВТ часто пропонує оптимізацію конкретних її варіантів з умови найбільш ефективного виконання деякої так званої нелінійної задачі, що опосередковано представляє собою сукупність задач, що виконуються. Такий варіант системи ОіВТ формується під технічне завдання (ТЗ) і називається номінальним. Наприклад, нехай РЛС в якості однієї з критерійних функцій вибрана дальність виявлення цілі. Аргументами цієї критерійної функції будуть тактико-технічні характеристики (ТТХ) всієї РЛС:

- потужність передавача;
- чутливість приймача тощо.

Очевидно, що повний облік ТТХ у критеріях ефективності привів би до неоправданого ускладнення критерійних функцій та до надмірних труднощів вирішення задачі оптимізації.

Тому природним є пошук найбільш інформативних ТТХ – координат критерійного простору, в якому буде здійснюватися оптимізація введених критеріїв.

Критерійні функції, що задають, носять чітко виражений вартісний характер та відшукуються в класі квадратичних поліномів, методи дослідження яких добре відомі [3]:

$$f_i(x) = \langle A_{2i}y, y \rangle + \langle A_{1i}, y \rangle + A_{0i}, \quad (1)$$

де матриця  $A_2 = [a_{kl}]$ ,  $k, l = \overline{a, m}$ ,

вектор-стовпчик  $A_1 = [a_{po}]$ ,  $p = \overline{0, m}$ ,

$m$  – кількість наборів ТТХ зброї.

Елементи  $a_{po}$  – половинні коефіцієнти апроксимуючого квадратичного полінома при перших степенях характеристик,  $a_{oo}$  – рівний вільному членові полінома.

Діагональні елементи  $a_{kk}$ ,  $k = \overline{1, m}$  – числові значення коефіцієнтів полінома при квадратах характеристик, а елементи  $a_{kl}$  – коефіцієнти полінома при добутках характеристик, зменшених у 2 рази.

З урахуванням введених позначень критерійна функція  $f(y)$ , що апроксимується квадратичним поліномом, приймає наступний вигляд:

$$f(y) = \sum_k \sum_l a_{kl} y_k y_l, \quad k = \overline{0, m}, \quad l = \overline{k, m}, \quad y_o \equiv 1, \quad (2)$$

або у матричному вигляді:

$$f(y) = A_o + 2A_1y + y^T A_2y, \quad (3)$$

де  $A_o = a_{oo}$  – скалярна величина, вільний член апроксимуючого полінома;

$y^T = [y_1, y_2, \dots, y_m]$  – вектор концептуальних ТТХ зброї;

$A_1 = [a_1, a_2, \dots, a_m]$  – вектор апроксимуючих коефіцієнтів при перших степенях характеристик;

$$A_2 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{bmatrix} \text{ – симетрична позитивно визначена матриця квадратичної}$$

форми, що складається з апроксимуючих коефіцієнтів при других степенях характеристик.

Для розглянутих вище критерійних функцій визначення коефіцієнтів апроксимуючого квадратичного полінома можна провести за наступною методикою.

Якщо встановлений зв'язок між значеннями концептуальних ТТХ ОіВТ та критерійною функцією, то задача вирішується тривіально складанням системи рівнянь:

$$f_i(y) = \sum \sum a_{kl} y^i_k y^i_l, \quad k = \overline{0, m}, \quad l = \overline{k, m}, \quad y_0 \equiv 1, \quad (4)$$

де  $i$  – число аналогічних варіантів зброї, де пов'язані значення наборів ТТХ зброї зі значенням його критерійної функції.

Для розглянутої методики число невідомих параметрів  $a_{kl}$  рівне

$$N = \frac{m(m+1)}{2} + m + 1 = \frac{m+1}{2}, \quad (5)$$

або у графічному вигляді (рис. 2), тому для визначеності отриманої системи рівнянь необхідно, щоб  $i > N$ . Потім будь-яким із відомих способів рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь визначається потрібне значення коефіцієнтів полінома.

Для забезпечення достатності умов визначеності одержуваної системи рівнянь кількість порівнюваних аналогічних варіантів зброї ( $i$ ) визначається за формулою

$$i \geq \frac{(m+1)(m+2)}{2}, \quad (6)$$

або у графічному вигляді (рис. 1).

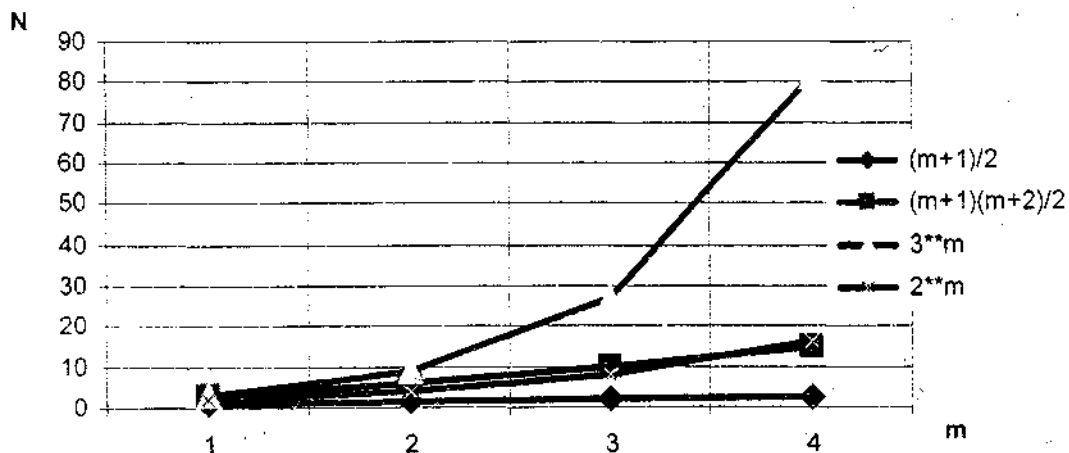


Рис. 1

Так, наприклад, для одномірного простору ТТХ ( $m = 1$ ) необхідно підібрати три аналоги, а для апроксимації за чотирма ТТХ – уже 15 аналогів.

Значення ТТХ та їх кількість вибираються за наступним принципом. Так як ТТХ звичайно задаються допустимим діапазоном своєї зміни  $[y_{\min}, y_{\max}]$ , то очевидно, що найбільш інформативним із точки зору отримання значення критерійних функцій є бінарне задавання ТТХ:

$$\begin{cases} y^1 = y_{\min}, \\ y^2 = y_{\max}. \end{cases} \quad (7)$$

У випадку  $m$ -мірного критерійного простору число можливих комбінацій бінарного способу задавання ТТХ складає  $2^m$ , причому необхідна умова визначеності системи рівнянь

$$2^m \geq \frac{(m+1)(m+2)}{2} \quad (8)$$

починає виконуватися для  $m \geq 4$  (див. рис. 2). У випадку  $m < 4$  можна додати третю точку в область задавання концептуальних ТТХ, при цьому умова визначеності

$$3^m \geq \frac{(m+1)(m+2)}{2} \quad (9)$$

виконується навіть для однієї характеристики (рис. 2).

**Висновки.** Запропонована методика дозволяє провести дослідження по формуванню і обґрунтуванню перспективних видів озброєння і військової техніки, напрямків їх розвитку шляхом визначення важливіших реально існуючих або штучно сформованих кількісних показників, які в найбільшій мірі відображають ступінь відповідності конкретного виду озброєння його призначенню. Це дозволить націлювати розробку на досягнення нового рівня в науці й техніці, дозволить виключити дублювання розробок, дозволить координувати розробки, що у кінцевому рахунку дозволить підвищити конкурентоздатність українських розробок на світовому ринку.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Ковтуненко О.П., Шишанов М.О., Боряк К.Ф., Шевченко В.І. Оцінка якості планового ремонту РЕЗ по вихідних параметрах // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2008. – № 14. – С.79 – 82.
2. Полегенько А.Ф. Методика вибору значень часткових показників якості до перспективного зразка озброєння і військової техніки // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2008. – № 14. – С.101 – 106.
3. Векторна оптимізація динамічних систем / Монографія. А.М. Воронін, Ю.К. Зіатдінов, О.І. Козлов, В.С. Чабанюк; За ред. А.М. Вороніна. – К.: Техніка, 1999. – 284 с.

Рецензент: **д.т.н., проф. Ленков С.В.**



## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЧАСТИН І З'ЄДНАНЬ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*Розроблено методику визначення ефективності відновлення автомобільних транспортних засобів, яка базується на побудові емпіричних функції середнього післяремонтного пробігу і функції ефективності відновлення автомобілів.*

*Разработана методика определения эффективности восстановления автомобильных транспортных средств, которая базируется на построении эмпирических функции среднего послеремонтного пробега и функции эффективности восстановления автомобилей.*

*The methodic determination of efficiency the renewal a motor-car vehicles transpor which is based on construction of empiric to the function the middle run and function of efficiency renewal of the cars, is developed.*

Методика визначення ефективності відновлення виробів автомобільної техніки (АТ) за наявності певної кількості  $n$  відповідних реалізацій процесу їх експлуатації полягає в наступному.

1. Побудова матриці спостережень. Нехай за даними технічної експлуатації вибірки з  $n$  автомобілів складена матриця спостережень з  $k$  рядків і  $m$  стовпців, представлена в табл. 1. При цьому  $i = 1, 2 \dots, k$  - порядковий номер відмови виробу;  $j=1,2,\dots,m$  - порядковий номер інтервалу пробігу  $x_j$ ;  $x_j$  - значення напрацювання АТ (пробіг від початку експлуатації). Інтервали пробігу приймемо рівними по довжині, за  $x_j$  приймаємо середини інтервалів. Елементами  $n_{ij}$  матриці спостережень виражається число виробів, і разів, що відмовили, в інтервалі  $x_j$ ; при цьому серед елементів  $n_{ij}$  можуть бути нульові [1].

Таблиця 1. Матриця спостережень відмов

$i \backslash x_j$	$x_1$	$x_2$	·	$x_m$
1	$n_{11}$	$n_{12}$	·	$n_{1m}$
2	$n_{21}$	$n_{22}$	·	$n_{2m}$
·	·	·	·	·
$i$	$n_{i1}$	$n_{i2}$	·	$n_{im}$
...	·	·	·	·
до	$n_{k1}$	$n_{k2}$	·	$n_{km}$

2. Визначення вибірових середніх і утворення числових виразів для кожного рядка матриці спостережень:

$$\left. \begin{aligned}
 \bar{x}_0 &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m n_{1j} x_j; \\
 \bar{x}_1 &= \frac{1}{n} \left( \sum_{j=1}^m n_{2j} x_j - \sum_{j=1}^m n_{1j} x_j \right); \\
 &\dots\dots\dots \\
 \bar{x}_i &= \frac{1}{n} \left( \sum_{j=1}^m n_{i+1j} x_j - \sum_{j=1}^m n_{ij} x_j \right); \\
 &\dots\dots\dots \\
 \Delta \bar{x}_{k-1} &= \frac{1}{n} \left( \sum_{j=1}^m n_{kj} x_j - \sum_{j=1}^m n_{k-1j} x_j \right).
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Тоді для статистичної оцінки  $\hat{K}_{\sigma_i}$  коефіцієнта відновлення, який вводиться у якості показника ефективності виконаних ремонтів по  $i$ -й відмові та представляє собою відношення пробігу  $\Delta x_i$  між  $i$ -м відновленням і  $(i+1)$ -м відмовою до еталонної міри ефективності – значення пробігу  $\Delta x_0$  до першої відмови, скористаємось наступним виразом:

$$\hat{K}_{\sigma_i} = \frac{\sum_{j=1}^m n_{i+1j} x_j - \sum_{j=1}^m n_{ij} x_j}{\sum_{j=1}^m n_{1j} x_j}. \quad (2)$$

Розрахунки середніх значень пробігу  $\bar{x}_i$  між  $i$ -м і  $(i+1)$ -м відновленнями,  $i = \overline{0, k-1}$ , по приведеній рівності (2) не представляють яких-небудь труднощів [2]. Але обчислення відрядкових вибірових середніх має свою особливість. Ця особливість полягає в наступному.

Проміжок відмов  $[1, k]$  є об'єднання двох інтервалів, таких, що:

$$[1, k] = [1, i_{\max}] \cup (i_{\max}, k), \quad (3)$$

де  $i_{\max}$  - найбільше число відмов, яке на заданому інтервалі пробігу  $(0, x)$  зазнають всі виробу вибірки. В першому з цих інтервалів завжди виконується рівність:

$$n = \sum_{i=1}^{i_{\max}} n_{ij},$$

тому по рядках матриці спостережень (табл. 1) з номерами  $i \in [1, i_{\max}]$  обчислення вибірових середніх здійснюється звичайним порядком. Тоді в другому інтервалі приведенного вище об'єднання буде:

$$n \neq \sum_{i=i_{\max}}^k n_{ij}, \quad n - \sum_{i=i_{\max}}^k n_{ij} = \alpha_i,$$

оскільки, по рядках матриці спостережень з номерами  $i \in [i_{\max}, k]$  відмови  $i > i_{\max}$

випробовують не всі вироби. Щоб врахувати це, треба при розрахунку відрядкових вибірових середніх всім виробам  $\alpha_i$  приписувати значення пробігу по останньому стовпцю (табл. 1). Проте щоб відрізнити ці вироби  $\alpha_i$  від тих, які дійсно відмовили в цьому стовпці, умовимося виробам привласнювати значення пробігу, відповідні не середині інтервалу  $x_m$ , а його правій межі.

3. Побудова емпіричної функції середнього післяремонтного пробігу. За точковими оцінками,  $\bar{x}_i, i=1, k-1$  побудуємо емпіричну модель функції натурального аргументу  $\bar{x}_i(i)$ . Її поведінка дає можливість прослідити в динаміці зміни продуктивності відновлюваного виробу в перебігу тривалої експлуатації.

Використовуючи дані звітів про кількість відремонтованої техніки, потреби в їх ремонті і наявності оборотних агрегатів відповідних ремонтних органів представимо результати їх обробки по значеннях пробігу і раптових відмовах вибірки з  $n=47$  автомобілів марки ЗІЛ-130. Зведена матриця спостережень представлена табл. 2. У верхньому рядку табл. 2. вказані інтервали пробігу в тис. км; для зручності подальших розрахунків середини цих інтервалів виражені в сотнях тис. км.

Безпосередньо з табл. 2 видно, що  $i_{\max} = 4$  тому для значень  $\bar{x}_i(i)$ , як мовилося вище, відрядкові вибірові середні пробігу визначимо по загальному правилу. Зокрема, для четвертої відмови ( $i=4$ ) ці обчислення дають:

$$x_4 = \frac{1}{47}(5 \cdot 1,25 + 7 \cdot 1,75 + 10 \cdot 2,25 + 15 \cdot 2,75 + 9 \cdot 3,25 + 1 \cdot 3,75) = 2,452.$$

Таблиця 2. Зведена таблиця спостережень раптових відмов автомобіля ЗІЛ-130

$x_j$ $i$	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	$\sum n_{ij}$
	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	
1.	1	20	16	10					47
2.		11	11	23	2				47
3.		3	9	15	11	7	2		47
4.			5	7	10	15	9	1	47
5.			1	2	9	10	13	11	46
6.					3	7	13	20	43
7.						1	10	25	36
8.							6	21	27
9.							2	12	14
10.								5	5
11.								4	4
12.								1	1
$\Sigma x$	1	34	42	57	35	40	55	100	364

Для  $i > 4$  середні значення пробігу обчислюються відповідно до процедури викладеної вище. Наприклад,  $i=7$  відмов мали 36 об'єктів з 47, тому кожному з 11 об'єктів, що залишилися, привласнюємо значення пробігу, рівне правій межі останнього інтервалу - 4,0, відрізняючи тим самим ці автомобілі від тих 25, які відмовили у вказаному інтервалі. В результаті отримаємо:

$$x_7 = \frac{1}{47}(1 \cdot 2,75 + 10 \cdot 3,25 + 25 \cdot 3,75 + 11 \cdot 4,0) = 3,681.$$

Аналогічно – по решті рядків табл. 2.

В табл. 3. приведені розрахункові значення середнього пробігу  $x_i$  «усередненого по вибірці» виробу від початку експлуатації до  $i$ -ї відмови і супутнього йому відновлення. По цих пробігах і формулах (4) обчислені середні пробіги  $\hat{x}_i$  між  $i$ -м відновленням і  $(i+1)$ -ою відмовою ( в сотнях тис.км).

На рис. 1 побудовані точки  $(i, \hat{x}_i)$ , відповідні спостереженням, а також крива згладжування, рівняння якої має вигляд:

$$\hat{x}(i) = 0,1823(0,5 + i)^{0,7477} e^{-0,0715i^2 + 0,2591i} \quad i=1,2\dots k. \quad (7)$$

Таблиця 3. Розрахункові значення середніх післяремонтних пробігів  $\hat{x}_i$  автомобіля ЗІЛ-130

$i$	1	2	3	4	5	6
$x_i$	1,122	1,420	1,920	2,452	2,979	3,388
$\bar{x}_i$	0,298	0,5	0,532	0,526	0,409	0,292
$i$	7	8	9	10	11	12
$x_i$	3,681	3,793	3,904	3,973	3,979	3,995
$\bar{x}_i$	0,117	0,112	0,069	0,005	0,016	-

Функцію (7) визначимо як функцію післяремонтних середніх значень пробігу автомобіля, або як функцію середнього пробігу відновленого по  $i$ -му відмові автомобіля (функцію післяремонтної продуктивності виробу). При цьому помітимо, що її графік складається з окремих ізольованих крапок, оскільки  $i$  – число натурального ряду. Суцільна крива на рис. 1. побудована для наочності.

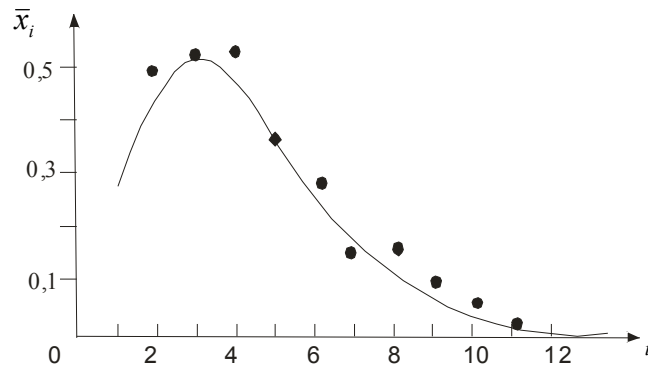


Рис. 1. Графік емпіричної функції післяремонтних середніх значень пробігу автомобіля ЗІЛ-130

Для оцінки адекватності моделі (7) використовуємо критерій Фішера[1, 2, 3]., тобто відношення дисперсії відтворності до дисперсії адекватності, при цьому:

$$\delta_a^2 = \frac{1}{n-l} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \hat{x}_{iT})^2 \quad (8)$$

$$\delta_e^2 = \frac{1}{n-l} \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \hat{x}_{iCP})^2 \quad (9)$$

де  $\hat{x}_i$  - послідовність значень з табл. 3;

$\bar{\delta}_{iT}$  - теоретичні значення пробігу, обчислені по рівнянню (7);

$\hat{x}_{iCP}$  - середнє з табличних значень;

$l$  – число параметрів моделі (7).

Розрахункові значення пробігу, отримані по формулі (7), представлені в табл. 4.

Таблиця 4. Теоретичні значення пробігу, отримані по формулі (7)

$i$	1	2	3	4	5	6
$\hat{x}_{iT}$	0,298	0,458	0,532	0,504	0,399	0,267
$i$	7	8	9	10	11	-
$\hat{x}_{iT}$	0,152	0,074	0,0386	0,011	0,003	-

Далі знайдемо  $\sum(\hat{x}_i - \hat{x}_{iT})^2 \approx 0,433$  і дисперсію адекватності. Обчислення дисперсії відтворності по формулі (9) дають наступні результати:  $\hat{x}_{iCP} = 0,261$ ,  $\sum(\hat{x}_i - \hat{x}_{iCP})^2 \approx 0,433$ ,  $\delta_g^2 \approx 0,043$ . Отже, розрахункове значення критерію Фішера складе  $\Phi_p = 0,023$ .

Табличне значення критерію знаходимо по таблиці критичних точок розподілу Фішера-Снедекора, для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  і ступенів свободи отримаємо, що нерівність підтверджує, що формула (7) є функцією післяремонтних середніх пробігів, відповідних спостережуваним значенням. Отже, оцінка емпірична модель (7) може бути використаний в прогностичній меті оцінки післяремонтних продуктивності автомобіля ЗІЛ-130 і його модифікацій.

4. Побудова емпіричної функції ефективності відновлення автомобіля по  $i$ -му відмові. Статистична оцінка коефіцієнта відновлення, визначувана співвідношенням (5), виражає собою відношення продуктивності виробу АТ по пробігу після ремонту до продуктивності цього виробу по пробігу до першої відмови. Тому, якщо в табл. 3. значення  $\hat{K}_{e_i}$  розділити на пробіг автомобіля до першої відмови і відповідного йому ремонту, то отримаємо ряд значень коефіцієнта відновлення  $\hat{K}_{e_i}$ , представлених в табл. 5.

Таблиця 5. Значення коефіцієнта відновлення за даними спостережень

$i$	1	2	3	4	5	6
$\hat{E}_{\hat{a}_i}$	0,265	0,445	0,474	0,469	0,365	0,260
$i$	7	8	9	10	11	12
$\hat{K}_{e_i}$	0,099	0,099	0,062	0,0047	0,014	-

Крапки зміщені щодо крапок  $(i, \hat{x}_i)$  уздовж осі ординат на одну і ту ж величину, тому емпірична функція  $\hat{E}_{\hat{a}_i}(i)$  виходить з функції  $\hat{x}_i(i)$  лінійним перетворенням: достатньо розмірний коефіцієнт 0,18 помножити на розмірний коефіцієнт 1/1,12234 (їх розмірності взаємно зворотні). Тоді матимемо рівняння:

$$\hat{K}_{e_i}(i) = 0,1624(0,5 + i)^{0,75} e^{-0,07 i^2 + 0,26 i}, \quad (10)$$

яке назвемо функцією ефективності  $i$ -го відновлення автомобіля, або функцією ефективності поточних ремонтів.

На рис. 2 побудовані спостережувані значення  $(i, \hat{K}_{e_i})$  і крива рівняння (10), що апроксимує ці крапки. Безперервний графік функції (10) натурального аргументу і показаний з міркувань наочності. В табл. 6 приведені розрахункові точки графіка функції  $\hat{K}_{e_i}(i)$ .

Таблиця 6. Значення функції ефективності  $i$ -го відновлення автомобіля ЗІЛ-130

$i$	1	2	3	4	5	6
$(i, \hat{E}_{\hat{a}_i})$	0,265	0,408	0,473	0,449	0,355	0,237
$i$	7	8	9	10	11	-
$\hat{E}_{\hat{a}_i}(i)$	0,135	0,065	0,027	0,009	0,003	-

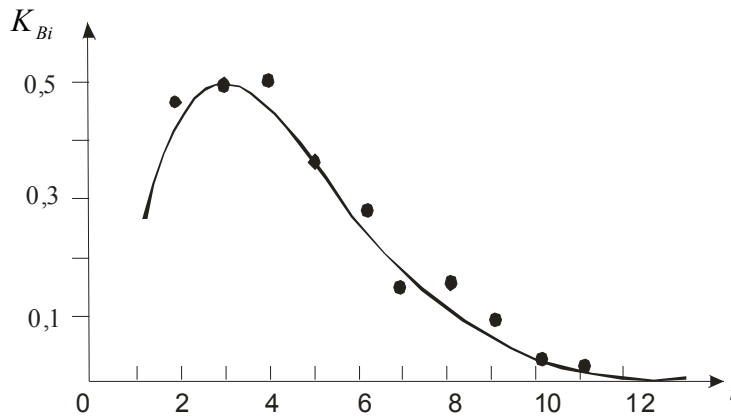


Рис. 2. Функція ефективності поточних ремонтів автомобіля марки ЗІЛ-130

Поведінку функції ефективності поточних ремонтів  $\hat{K}_{e_i}(i)$  в інтервалі спостережень можна охарактеризувати наступними основними властивостями: вона усюди більше нуля і обмежена, немонотонна і досягає найбільшого значення у внутрішній точці інтервалу  $\hat{K}_{e_i(\max)} = 0,4744$ ; при  $i^*=3$ . Ефективність ремонтів монотонно зростає в проміжку від значення 0,265 до максимального, потім монотонно убуває до нуля.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций. - М.: Воениздат, 1987. - 440 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксплуатации при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. – 279 с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. - М.: Наука, 1988. - 480 с.
4. Преснаков В.Ф. Обґрунтування вибору показника ефективності відновлення автомобільних транспортних засобів частин і з'єднань Збройних Сил України // Збірник наукових праць ВІКНУ ім. Т. Шевченка. – Київ: ВІКНУ, 2008. – Вип. 14. – С. 107 – 109.

Рецензент: д.т.н., проф. Шинкарук О.М.

## КОМПЕНСАЦІЯ ТРОПОСФЕРНОЇ РЕФРАКЦІЇ В БАГАТОПОЗИЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ

*Розроблено алгоритм виміру кутових координат повітряних цілей в багатопозиційній системі визначення координат повітряних цілей при застосуванні цифрового НВЧ ампліфазометра, який являє плоску цифрову еквідистантну антенну решітку. Алгоритм розроблено з урахуванням компенсації тропосферної рефракції при визначенні координат повітряних цілей в багатопозиційній РЛС.*

*Разработан алгоритм измерения угловых координат воздушных целей в многопозиционной системе определения координат при применении СВЧ амплифазометра, который представлен плоской цифровой антенной решеткой. Алгоритм разработан с учетом компенсации тропосферной рефракции при определении координат воздушных целей.*

*The algorithm of measurement of angular co-ordinates of air targets in multiitem system of definition of co-ordinates is developed at application SHF amplifazomete which is presented by a flat digital antenna lattice. The algorithm is developed taking into account indemnification of a tropospheric refraction at definition of co-ordinates of air targets.*

**Вступ і постановка завдання.** В теперішній час значна увага приділяється багатопозиційним РЛС з цифровими антенними решітками (ЦАР) [1, 2]. Багатопозиційна система (БПС) будується з використанням декількох РЛС з ЦАР і спеціальних алгоритмів виміру параметрів сигналів, відбитих від повітряної цілі (ПЦ) (див.рис.1). ЦАР являє пристрій НВЧ, який визначає амплітуду та фазу сигналу з будь-якого напрямку від ПЦ та тропосфери. Тоді ЦАР можна розглядати як НВЧ цифровий ампліфазометр (ЦАФ) в БПС визначення координат ПЦ на тлі тропосфери, що актуально. Метою статті є розробка алгоритму компенсації тропосферної рефракції в БПС, в яких реалізовано сучасні цифрові режими обробки радіолокаційної інформації за допомогою цифрової антенної решітки (ЦАР). Постановка наукової проблеми в статті передбачає рішення таких наукових задач з розробки алгоритму виміру кутових координат ПЦ з компенсацією тропосферної рефракції в БПС з НВЧ ЦАФ-ЦАР:

- формування максимуму діаграми спрямованості (ДС) ЦАР в напрямку кутових координат ПЦ ( $\theta, \varphi$ ) у режимі роботи РЛС на передачу;
- визначення відношення  $S/N$  ( $\theta, \varphi$ ) за допомогою НВЧ ЦАФ-ЦАР у режимі роботи РЛС на прийом;
- визначення амплітуди сигналу  $U_{ij}$  ( $\theta, \varphi$ ) та його фази  $\Phi_{ij}$  ( $\theta, \varphi$ ) за допомогою НВЧ ЦАФ-ЦАР у режимі роботи РЛС при цифровій обробці сигналів;
- вимірювання кутових координат ПЦ ( $\theta, \varphi$ ) на тлі тропосфери за допомогою НВЧ ЦАФ-ЦАР у режимі роботи БПС на вимірювання з компенсацією тропосферної рефракції.

**Рішення задачі.** Розв'язання задачі виконується з відзначенням, що подання ЦАР у виді НВЧ ЦАФ можливо тоді, коли вимірювану амплітуду та фазу сигналу від ПЦ, кутові координати якої треба визначати, можна ідентифікувати. Для цього потрібно ідентифікувати ЦАР з НВЧ ЦАФ таким чином.

По-перше, якщо визначити кутові координати ПЦ за допомогою ЦАР у декартовій або сферичній системі координат  $X, Y, Z$  та  $R, \theta, \varphi$ , яка має амплітудну та фазову ДС, можливо здійснювати вимір кутових координат ПЦ за допомогою амплітудно-фазової ДС ЦАР. Необхідно тільки ідентифікувати параметри ЦАР та НВЧ ЦАФ, що складає першу частину розробки алгоритму виміру кутових координат ПЦ на тлі тропосфери.

По-друге, якщо згідно з амплітудно-фазовою ДС ЦАР визначити амплітудно-фазовий розподіл поля по апертурі ЦАР, який формує вказані ДС ЦАР, тоді можливо контролювати амплітуду та фазу сигналу в каналах кожного випромінювача ЦАР в заданих системах координат  $X, Y, Z$  та  $R, \theta, \varphi$  і для НВЧ ЦАФ. Необхідно тільки ідентифікувати параметри амплітудно-фазової ДС з параметрами амплітудно-фазового розподілу поля по апертурі ЦАР та параметрами амплітуди та фази сигналів в каналах кожного випромінювача ЦАР (в заданих системах координат) і для НВЧ ЦАФ, що складає другу частину алгоритму виміру кутових координат ПЦ на тлі тропосфери.

По-третє, якщо ідентифіковані параметри амплітудно-фазової ДС з параметрами амплітудно-фазового розподілу поля по апертурі ЦАР та параметрами амплітуди та фази сигналів в каналах кожного випромінювача ЦАР (по координатах) і НВЧ ЦАФ, тоді розподіл сигналів напруги  $U_{ij}(\theta, \varphi)$  та їх фаз  $\Phi_{ij}(\theta, \varphi)$  по приймальних каналах ЦАР-НВЧ ЦАФ визначають кутові координати ПЦ, які є нормованими відносно  $\max U_{ij}(\theta, \varphi)$  та  $\min \Phi_{ij}(\theta, \varphi)$ . Необхідно тільки ідентифікувати параметри амплітудно-фазової ДС ЦАР з параметрами амплітудно-фазового розподілу поля по апертурі ЦАР та параметрами амплітуди та фази сигналів в каналах кожного випромінювача ЦАР-НВЧ ЦАФ (по координатах), відносно фазових центрів випромінювачів, як окремих каналів складання сигналів з напругою  $U_{ij}(\theta, \varphi)$  та їх фаз  $\Phi_{ij}(\theta, \varphi)$  по приймальних каналах ЦАР-НВЧ ЦАФ, що визначають кутові координати ПЦ на тлі тропосфери, згідно з розподілом сигналів з напругою  $U_{ij}(\theta, \varphi)$  та їх фаз  $\Phi_{ij}(\theta, \varphi)$  на низькій частоті (НЧ).

Алгоритм перемикання та складання сигналів з напругою  $U_{ij}(\theta, \varphi)$  та фазою  $\Phi_{ij}(\theta, \varphi)$  згідно з цільовими функціями  $\max U_{ij}(\theta, \varphi)$  та  $\min \Phi_{ij}(\theta, \varphi)$ , за допомогою яких контролюється вимір кутових координат ПЦ, складає третю частину алгоритму виміру кутових координат ПЦ на тлі тропосфери.

Наведені три частини алгоритму виміру кутових координат ПЦ при використанні ЦАР-НВЧ ЦАФ можуть бути реалізовані як один алгоритм виміру кутових координат ПЦ при компенсації тропосферної рефракції в БПС.

Для ідентифікації структурних схем ЦАР та НВЧ ЦАФ необхідно зробити аналітичну формалізацію процесів виміру кутових координат ПЦ на тлі тропосфери в цих пристроях та їх порівняння, яке визначить компенсацію тропосферної рефракції.

При цьому зв'язок між амплітудою та фазою хвильового поля як в ЦАР, так і в НВЧ ЦАФ встановлюється, виходячи із співвідношення [1]:

$$\ln F(\theta, \varphi) = \ln |F(\theta, \varphi)| + j \arctg F(\theta, \varphi). \quad (1)$$

Перевірка зв'язку дійсної та уявної частин функції  $F(\theta, \varphi)$  проводиться за умовами Коші - Римана [1]:

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \ln |F(\theta, \varphi)| = \frac{\partial}{\partial \varphi} \arg F(\theta, \varphi), \quad \frac{\partial}{\partial \varphi} \ln |F(\theta, \varphi)| = -\frac{\partial}{\partial \theta} \arg F(\theta, \varphi).$$

Знаходження  $\arg F(\theta, \varphi)$  здійснюється за [1-3], і таким чином встановлюється зв'язок між амплітудною та фазовою ДС ЦАР, що адекватно зв'язку між амплітудою та фазою сигналу в НВЧ ЦАФ.

За результатами аналізу роботи ЦАР-НВЧ ЦАФ робиться висновок про ідентифікацію їх структурних схем відповідно до алгоритму виміру кутових координат ПЦ в контурі РЛС.

Системна методологія розробки алгоритму виміру кутових координат ПЦ при використанні ЦАР-НВЧ ЦАФ виконана на основі методу парціальних діаграм.

В цьому випадку апроксимація заданої ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ проводиться за допомогою парціальних діаграм, для кожної з яких може бути знайдено точне розв'язання задачі синтезу, тобто синтезовано амплітудну ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ в режимі роботи РЛС на передачу-прийом, виходячи з наданих умов [1].

В цьому випадку ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ



$$|f(U)| = f(U) f_l(U), \quad (2)$$

де  $f(U)$  - ДС одного випромінювача ЦАР-НВЧ ЦАФ;  $f_l(U)$  – ДС множника ЦАР-НВЧ ЦАФ.

ДС множника ПЕЦАР-ЦСВЧА

$$f_l(U) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} a_n a_m e^{ijk(\rho_n + \rho_m)R_i R_j}, \quad (3)$$

де  $n, m$  – порядкові номери випромінювачів;  $a_n, a_m$  – коефіцієнти пропорційності комплексних амплітуд струму  $n$ -го,  $m$ -го випромінювачів;  $N \times M$  – кількість випромінювачів по двох координатах ЦАР-НВЧ ЦАФ;  $\rho_n, \rho_m$  – радіус-вектор, який визначає положення центра  $n$ -го та  $m$ -го випромінювачів ЦАР-НВЧ ЦАФ;  $R_i = R/R'$ ,  $R = R/R''$  – радіуси-вектори точок спостереження по двох координатах (див. рис. 2).

Ступень наближення двох функцій  $|f(U)|$  та  $F(\theta, \varphi)$  в двох площинах для двох цілей визначається величиною [1] (див. рис.2)

$$\delta_{\text{ц}} = \int_{-\pi}^{\pi} P(U_n) [F(U_n) - |f(U_n)|]^2 dU_n, \quad (4)$$

де  $P(U_n)$  – вагова функція, яка регулює ступінь наближення  $|f(U)| \approx F(\theta, \varphi) \cong F(U_n)$  для різних кутових напрямків спостереження, наприклад 2 цілей (див. рис. 2) по величинах  $\delta_{\text{ц}}^1$  і  $\delta_{\text{ц}}^2$ , які враховують вплив тропосфери.

Вимірювання координат ПЦ за допомогою ЦАР-НВЧ ЦАФ повинне проводитися в режимі "передача - прийом". Тому необхідно провести порівняння їх адекватності реальному вимірюванню кутових координат ПЦ в РЛС з ЦАР-НВЧ ЦАФ, коли вимірюються максимум відношення сигнал/шум (S/N) з заданого просторового напрямку ДС  $(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  знаходження цілі на тлі тропосфери та одночасно її кутові координати, відповідні цьому максимуму (S/N), і відносно якого нормована ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ.

При цьому оцінка енергетичних співвідношень між сигналами та завадами проводиться за допомогою максимуму S/N для заданих: імовірності виявлення і помилкової тривоги, точності вимірювання кутових координат цілі в РЛС з ЦАР-НВЧ ЦАФ, коли максимум ДС встановлено в напрямку на ціль [3]:

$$\max S/N(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = \frac{P_T(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) G_T(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) G_R(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) \lambda^2 \sigma(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) \tau(\theta_{mn}, \varphi_{mn})}{(4\pi)^3 k T R_1^2(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) F_1(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) R_2^2(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) F_2(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) L(\theta_{mn}, \varphi_{mn})}, \quad (5)$$

де  $P_T(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – потужність передавача в напрямку координат цілі, кВт;

$k = 1,37 \cdot 10^{-23}$  Дж/К (постійна Больцмана);  $T(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = (T_A / L_R + T_R + T_E)$  – ефективна температура каналу приймача для заданого напрямку, К;  $T_A(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – температура шумів антени для заданого напрямку, К;  $L_R(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – втрати між антеною і приймачем для заданого напрямку, дБ;

$T_R(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – ефективна температура шумів антена – приймач для заданого напрямку,  $T_R = T_T(1 - 1/L)$ , К;  $\Phi(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – фазова ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ;  $T_T(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – температура лінії антена-приймач для заданого напрямку, К;  $T_E(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – ефективна температура шумів приймача для заданого напрямку,  $T_E = (NF - 1)T_n$ , К;  $T_n(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – температура, відносно якої визначається коефіцієнт шуму NF для заданого

напрямку;  $K$ ;  $\tau(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – час спостереження за ціллю для заданого напрямку, с;  $F_1(\theta_{mn}, \varphi_{mn}), F_2(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – коефіцієнти поширення радіохвиль для заданого напрямку, дБ;  $L$  – коефіцієнт втрат в антенно-фідерній системі для заданого напрямку, дБ;  $\sigma$  – ефективна поверхня відбиття цілі для заданого напрямку, м<sup>2</sup>;  $\lambda$  – довжина хвилі РЛС, м;  $R_1^2, R_2^2$  – відстані від РЛС до цілей і від цілей до РЛС, км;  $G_T(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – підсилювання ЦАР-НВЧ ЦАФ в режимі роботи РЛС на передачу, дБ;  $G_R(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – підсилювання ЦАР-НВЧ ЦАФ в режимі роботи РЛС на прийом, дБ.

Для визначення максимуму  $S/N(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  необхідно враховувати загальні умови забезпечення  $\max Gr(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = D(\theta_{mn}, \varphi_{mn})\eta$ , де  $D(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  – коефіцієнт спрямованої дії (КСД), а  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії (ККД) антени. Амплітудна ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ, яка задовольняє умові  $\max D(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$ , може бути знайдена за формулою

$$F(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = FR(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) + j FJ(\theta_{mn}, \varphi_{mn}). \quad (6)$$

Фазова ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ

$$\Phi(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = \arctg \frac{F_j(\theta_{mn}, \varphi_{mn})}{F_R(\theta_{mn}, \varphi_{mn})} \quad (7)$$

характеризується частковим фазовим центром та його стійкістю. Вважається також, що окремі випромінювачі ЦАР-НВЧ ЦАФ мають фазові центри, які визначаються координатами їх розташування в площині XOY (див. рис. 2).

**Результати рішення задачі.** Для прикладу обрана БПС з ЦАР-НВЧ ЦАФ, який побудовано відповідно до структурної схеми на рис.3, і тоді:

1. ЦАР-НВЧ ЦАФ містить  $2N+1$  рядів, які паралельні осі Y, та  $2M+1$  рядів, які паралельні осі X.

2. Випромінювач ЦАР-НВЧ ЦАФ з номером  $mn$  має координати  $x_m = md_x$  і  $y_n = nd_y$ , при цьому  $-M \leq m \leq M$  і  $-N \leq n \leq N$ .

3. Множник ЦАР-НВЧ ЦАФ

$$F_k(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = f_x(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) f_y(\theta_{mn}, \varphi_{mn}), \quad (8)$$

$$\text{де } f_x(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = \sum_{m=-M}^M I_m e^{im\beta d_x \sin\theta \cos\varphi};$$

$$f_y(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = \sum_{n=-N}^N I_n e^{in\beta d_y \sin\theta \sin\varphi};$$

$$I_m = I_{m0}/I_{00} \quad I_n = I_{n0}/I_{00}$$

для прийнятих обмежень на розподіл струмів по випромінювачах.

4. Коли струм по випромінювачах має закон розподілу

$$I_{mn} = I_{00} e^{-i(m\psi_x + n\psi_y)}, \quad (9)$$

тоді множник ЦАР-НВЧ ЦАФ

$$F_k(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = I_{00}^2 \left[ \sum_{m=-M}^M e^{im(\beta d_x \sin\theta \cos\varphi_m - \psi_x)} \right] \left[ \sum_{n=-N}^N e^{in(\beta d_y \sin\theta \sin\varphi_m - \psi_y)} \right], \quad (10)$$

де  $\psi_{X_m}, \psi_{Y_n}$  – зсуви фаз по осях X та Y між сусідніми випромінювачами.

5. ЦАР-НВЧ ЦАФ має максимум ДС в напрямку на ціль 1 ( $\theta_{m1}, \varphi_{m1}$ ) та на ціль 2 ( $\theta_{m2}, \varphi_{m2}$ ) і, згідно з рис. 2, алгоритм виміру кутових координат цілей 1 і 2 за допомогою ЦАР-НВЧ ЦАФ визначає відповідні співвідношення

$$\varphi_{m1} = \arctg\left(\frac{\Psi_{y1} dx_1}{\Psi_{x1} dy_1}\right); \quad (11)$$

$$\theta_{m1} = \arctg \sqrt{\left(\frac{\Psi_{x1}^2}{\beta^2 dx_1^2}\right) + \left(\frac{\Psi_{y1}^2}{\beta^2 dy_1^2}\right)}; \quad (12)$$

$$\varphi_{m2} = \arctg\left(\frac{\Psi_{y2} dx_2}{\Psi_{x2} dy_2}\right); \quad (13)$$

$$\theta_{m2} = \arctg \sqrt{\left(\frac{\Psi_{x2}^2}{\beta^2 dx_2^2}\right) + \left(\frac{\Psi_{y2}^2}{\beta^2 dy_2^2}\right)}. \quad (14)$$

6. Формування та зміщення головних пелюстків ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ по цілях 1 і 2 в режимах передачі-прийому виконується згідно з алгоритмом і [3]:

$$\chi_{x1} = \beta \cos \gamma_{x1}, \quad \chi_{y1} = \beta \cos \gamma_{y1}; \quad (15)$$

$$\chi_{x2} = \beta \cos \gamma_{x2}, \quad \chi_{y2} = \beta \cos \gamma_{y2}, \quad (16)$$

$$F_{K1}(\chi_{x1}, \chi_{y1}) = \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N \frac{I_{mn}^1}{I_{001}} e^{im_1 d_{x1} \chi_{x1} + in_1 d_{y1} \chi_{y1}}; \quad (17)$$

$$F_{K2}(\chi_{x2}, \chi_{y2}) = \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N \frac{I_{mn}^2}{I_{002}} e^{im_2 d_{x2} \chi_{x2} + in_2 d_{y2} \chi_{y2}}. \quad (18)$$

7. Поведінка множників  $F_{K1}$ ,  $F_{K2}$  для  $0 \leq \theta_m \leq \pi/2$  і  $0 \leq \varphi_m \leq 2\pi$  враховується в алгоритмі [2].

8. КСД ЦАР-НВЧ ЦАФ в напрямку на цілі 1 і 2 будуть

$$\max D_1(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = \pi \cos \theta_{mn}^1 D_{X1}(\theta_{mn}^1, \varphi_{mn}^1) D_{Y1}(\theta_{mn}^1, \varphi_{mn}^1);$$

$$\max D_2(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = \pi \cos \theta_{mn}^2 D_{X2}(\theta_{mn}^2, \varphi_{mn}^2) D_{Y2}(\theta_{mn}^2, \varphi_{mn}^2).$$

9. Для знаходження  $\max S/N_1(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  і  $\max S/N_2(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  необхідно представити  $\max G_r(\theta_m, \varphi_m)$  для режиму роботи на передачу:

$$G_r(\theta_m, \varphi_m) = f^2(\theta_m, \varphi_m) \left[ \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N \frac{I_{mn}}{I_{00}} e^{im d_x \chi_x + in d_y \chi_y} \right]^2 \eta(\theta_{mn}, \varphi_{mn}),$$

та  $\max G_R(\theta_m, \varphi_m)$  для режиму роботи на прийом:

$$G_{R1}(\theta_{m1}, \varphi_{m1}) = f^2(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) \left[ \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N \frac{I_{mn}^1}{I_{00}^1} e^{im_1 d_{x1} \chi_{x1} + in_1 d_{y1} \chi_{y1}} \right]^2 \eta(\theta_{mn}, \varphi_{mn}),$$

$$G_{R2}(\theta_{m2}, \varphi_{m2}) = f^2(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) \left[ \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N \frac{I_{mn}^2}{I_{00}^2} e^{im_2 d_{x2} \chi_{x2} + in_2 d_{y2} \chi_{y2}} \right]^2 \eta(\theta_{mn}, \varphi_{mn}).$$

10. Необхідно також враховувати взаємний вплив випромінювачів в режимі прийому згідно з [2], коли визначаються  $Z_{mn}$ ,  $|I_{mn}|$ ,  $|U_{mn}|$ , зв'язані формулою

$$[Z_{mn}] \times |I_{mn}| = |U_{mn}|, \quad (19)$$

де  $[Z_{mn}]$  – матриця власних та взаємних опорів випромінювачів для кожної цілі на тлі тропосфери;  $|I_{mn}|$  – вектор-стовбець-рядок комплексних амплітуд струмів

випромінювачів по координатах X або Y;  $|U_{mn}|$  - вектор-рядок-стовбець комплексних напруг випромінювачів по координатах X або Y.

Для цілі 1 на тлі тропосфери  $[Z_{mn}^1]$ ,  $[I_{mn}^1]$  і  $[U_{mn}^1]$

$$[Z_{mn}^1] = \begin{bmatrix} Z_{11}^1, \dots, Z_{1n}^1 \\ Z_{21}^1, \dots, Z_{2n}^1 \\ \dots \\ Z_{m1}^1, \dots, Z_{mn}^1 \end{bmatrix}, [I_{mn}^1] = \begin{bmatrix} I_{11}^1, \dots, I_{1n}^1 \\ I_{21}^1, \dots, I_{2n}^1 \\ \dots \\ I_{m1}^1, \dots, I_{mn}^1 \end{bmatrix}, [U_{mn}^1] = \begin{bmatrix} U_{11}^1, \dots, U_{1n}^1 \\ U_{21}^1, \dots, U_{2n}^1 \\ \dots \\ U_{m1}^1, \dots, U_{mn}^1 \end{bmatrix}. \quad (20)$$

Для цілі 2 на тлі тропосфери  $[Z_{mn}^2]$ ,  $[I_{mn}^2]$ ,  $[U_{mn}^2]$

$$[Z_{mn}^2] = \begin{bmatrix} Z_{11}^2, \dots, Z_{1n}^2 \\ Z_{21}^2, \dots, Z_{2n}^2 \\ \dots \\ Z_{m1}^2, \dots, Z_{mn}^2 \end{bmatrix}, [I_{mn}^2] = \begin{bmatrix} I_{11}^2, \dots, I_{1n}^2 \\ I_{21}^2, \dots, I_{2n}^2 \\ \dots \\ I_{m1}^2, \dots, I_{mn}^2 \end{bmatrix}, [U_{mn}^2] = \begin{bmatrix} U_{11}^2, \dots, U_{1n}^2 \\ U_{21}^2, \dots, U_{2n}^2 \\ \dots \\ U_{m1}^2, \dots, U_{mn}^2 \end{bmatrix}. \quad (21)$$

11. Складається система рівнянь, які зв'язують комплексні амплітуди струмів у випромінювачах та коефіцієнти при парціальних ДС для двох цілей на тлі тропосфери.

Для цілі 1 на тлі тропосфери

$$\begin{cases} I_{11}^1 d_{11}^1 + I_{12}^1 d_{12}^1 + \dots + I_{1n}^1 d_{1n}^1 + I_{11}^2 d_{11}^2 + I_{12}^2 d_{12}^2 + \dots + I_{1n}^2 d_{1n}^2 = N_{1n}^1; \\ I_{21}^1 d_{21}^1 + I_{22}^1 d_{22}^1 + \dots + I_{2n}^1 d_{2n}^1 + I_{21}^2 d_{21}^2 + I_{22}^2 d_{22}^2 + \dots + I_{2n}^2 d_{2n}^2 = N_{2n}^1; \\ I_{31}^1 d_{31}^1 + I_{32}^1 d_{32}^1 + \dots + I_{3n}^1 d_{3n}^1 + I_{31}^2 d_{31}^2 + I_{32}^2 d_{32}^2 + \dots + I_{3n}^2 d_{3n}^2 = N_{3n}^1; \\ \dots \end{cases} \quad (22)$$

$$I_{m1}^1 d_{m1}^1 + I_{m2}^1 d_{m2}^1 + \dots + I_{mn}^1 d_{mn}^1 + I_{m1}^2 d_{m1}^2 + I_{m2}^2 d_{m2}^2 + \dots + I_{mn}^2 d_{mn}^2 = N_{mn}^1.$$

Для цілі 2 на тлі тропосфери

$$\begin{cases} I_{11}^1 d_{11}^1 + I_{12}^1 d_{12}^1 + \dots + I_{1n}^1 d_{1n}^1 + I_{11}^2 d_{11}^2 + I_{12}^2 d_{12}^2 + \dots + I_{1n}^2 d_{1n}^2 = N_{1n}^2; \\ I_{21}^1 d_{21}^1 + I_{22}^1 d_{22}^1 + \dots + I_{2n}^1 d_{2n}^1 + I_{21}^2 d_{21}^2 + I_{22}^2 d_{22}^2 + \dots + I_{2n}^2 d_{2n}^2 = N_{2n}^2; \\ I_{31}^1 d_{31}^1 + I_{32}^1 d_{32}^1 + \dots + I_{3n}^1 d_{3n}^1 + I_{31}^2 d_{31}^2 + I_{32}^2 d_{32}^2 + \dots + I_{3n}^2 d_{3n}^2 = N_{3n}^2; \\ \dots \end{cases} \quad (23)$$

$$I_{m1}^1 d_{m1}^1 + I_{m2}^1 d_{m2}^1 + \dots + I_{mn}^1 d_{mn}^1 + I_{m1}^2 d_{m1}^2 + I_{m2}^2 d_{m2}^2 + \dots + I_{mn}^2 d_{mn}^2 = N_{mn}^2.$$

12. У цих системах  $d_{mn}^{12}$  - значення  $f(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  для кожної цілі 1 і 2 з заданих напрямків  $\theta_{mn}, \varphi_{mn}$ . А  $N_{mn}^{12}$  - коефіцієнти парціальних діаграм випромінювачів  $f(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  у кутових секторах спостереження максимуму ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ по двох цілях 1 і 2 на тлі тропосфери (див. рис.4) з заданих напрямків  $\theta_{mn}, \varphi_{mn}$ .

13. Всі обчислювальні операції у приймальних каналах ЦАР-НВЧ ЦАФ є знаходженням спільних розв'язків систем рівнянь за допомогою розробленого алгоритму. Він включає такі дії щодо визначення часткових фазових центрів ЦАР-НВЧ ЦАФ, які є

результатом впливу тропосфери і знаходяться шляхом викреслення кожного з членів системи рівнянь по  $m$  – рядках та  $n$  – стовбцях (рядково-стовбцевий алгоритм обчислювання).

В кожному такому частковому фазовому центрі ЦАР-НВЧ ЦАФ знаходяться відношення амплітуд струмів  $I_{mn}(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  та фазові зсуви між ними, які характеризують вплив тропосфери:  $\psi_{X_m}, \psi_{Y_n}$  по осях  $X$  та  $Y$  сусідніх випромінювачів, за допомогою детермінантів матриці кожного часткового фазового центра ЦАР-НВЧ ЦАФ та матриць визначників  $I_{mn}(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  та  $\psi_{X_m}, \psi_{Y_n}$  по осях  $X$  та  $Y$  для кожної цілі 1 і 2 з заданих напрямків  $\theta_{mn}, \varphi_{mn}$ , які контролюються у НВЧ ЦАФ.

14. Алгоритм визначає  $\max U_{mn}(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  для кожної цілі окремо, що відповідає зсуву максимуму ДС ЦАР-НВЧ ЦАФ  $\max S/N(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  по кожній цілі 1 і 2 за рахунок впливу тропосферної рефракції, тобто еквівалентних  $\max U_{mn}^1(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  і  $\max U_{mn}^2(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  на виході мікропроцесора, і згідно з формулою для двох цілей 1 і 2 (див. рис.4) визначаються амплітудні та фазові характеристики ЦАР-НВЧ ЦАФ, які характеризують вплив тропосферної рефракції:

$$\max U_{mn}(\theta_{mn}, \varphi_{mn}) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N U_{mn}^{12} \exp j(\psi_{Xmn}^{12} + \psi_{Ymn}^{12}). \quad (24)$$

Цим амплітудним максимумам  $\max U_{mn}^1(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  і  $\max U_{mn}^2(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  відповідають фазові кутові координати, які характеризують величину компенсації тропосферної рефракції по двох цілях, визначаються так:

$$\begin{aligned} \varphi_{mn}^1 &= \arctg\left(\frac{\psi_{y1} dx_1}{\psi_{x1} dy_1}\right) \quad \text{і} \quad \theta_{mn}^1 = \arctg\sqrt{\left(\frac{\psi_{x1}^2}{\beta^2 dx_1^2}\right) + \left(\frac{\psi_{y1}^2}{\beta^2 dy_1^2}\right)}, \\ \varphi_{mn}^2 &= \arctg\left(\frac{\psi_{y2} dx_2}{\psi_{x2} dy_2}\right) \quad \text{і} \quad \theta_{mn}^2 = \arctg\sqrt{\left(\frac{\psi_{x2}^2}{\beta^2 dx_2^2}\right) + \left(\frac{\psi_{y2}^2}{\beta^2 dy_2^2}\right)}, \end{aligned}$$

з визначенням дисперсії завад квантування в АЦП мікропроцесора згідно з [3,4] по кожній цілі окремо

$$\sigma_{П.КВ.}^2 \left(\frac{I_{mn}^{12}}{I_{00}^{12}}\right) = \frac{1}{3} \left(\frac{D\{U_{mn}^{12}\}}{2^{B+1}}\right), \quad (25)$$

де  $U_{mn}^{12}$  - динамічний діапазон вхідної напруги АЦП;  $B$  – розрядність АЦП.

### Висновки.

1. Розроблений алгоритм вимірює кутові координати при використанні ЦАР-НВЧ ЦАФ в контурі РЛС за допомогою контролю по виходах приймальних каналів згідно з рис. 4.

2. Розроблений алгоритм вимірює дисперсії  $\delta_{\psi}^1, \delta_{\psi}^2$  по кожній цілі 1 і 2 за встановленими амплітудними значеннями  $\max U_{mn}^1(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  і  $\max U_{mn}^2(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$ , які дорівнюють змінам амплітуд від 2,6 дБ до 7,8 дБ, а також фаз від  $73,5^\circ$  до  $82,3^\circ$ , еквівалентні впливу тропосферної рефракції з визначених напрямків.

3. Розроблений алгоритм вимірює амплітудні зміни  $\max U_{mn}^1(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$  і  $\max U_{mn}^2(\theta_{mn}, \varphi_{mn})$ , для цілей у тропосфері на висотах від 5,6 км до 10,8 км при відстані 60-70 км між двома ортогонально розташованими РЛС у БПС.

4. Компенсація тропосферної рефракції для вищезазначених параметрів БПС здійснюється при адаптивному контролі за змінами амплітуд тропосферних сигналів, які перевищують поріг приймача на 2,6-7,8 дБ.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Справочник по антенной технике / Общ. ред. Бахраха Л.Д., Зелкина Е.Г.- Том 1 / Под ред. Фельда Я.Н., Зелкина Е.Г.-М.: Радиотехника, 1997.-242с.
2. Варюхин В.А. Основы теории многоканального анализа .- К.: ВА ПВОСВ, 1993.-172с.
3. Рудаков В.И. Цифровой амплифазометр СВЧ для радиотехнических систем специального назначения // Известия высших учебных заведений.Сер. Радиоэлектроника/ Военные радиоэлектронные технологии.-Т.49, №4.-К.:НТУУ «Киевский политехнический институт», 2006.-С.68-80.
4. Рудаков В.И. Тропосферные системы связи с адаптивными антеннами .-К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, Авионика, 1999.- 295с.
5. Вендик О.Г. Антенны с немеханическим движением луча (введение в теорию).-М.: Сов. радио, 1965.-360с.
6. Бахрах Л.Д., Кременецкий С.Д. Синтез излучающих систем.-М.: Сов. радио, 1974.-229с.
7. Монзинго Р.А, Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Пер. с англ. /Под ред. В.А. Лексаченко.-М.: Радио и связь, 1986.- 440с.
8. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация: Введение в теорию.-К.: 2000.-472с.

Рецензент: **д.т.н., проф. Лапицкий С.В.**

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА МОБІЛЬНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ТА УКЛАДАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

*У статті розглядається визначення критерію ефективності складально-укладальних технічних засобів, що формуються, з подальшою розробкою методики.*

*В статье рассматривается определение критерия эффективности формируемых сборочно-укладочных технических средств с последующей разработкой методики.*

*The article considers the theoretical grounds of efficiency criterion of assembling-piling complexes formed with further methods development of hardware choice.*

Сучасні операції військових об'єднань характеризуються значним обсягом перевезень особового складу, військової техніки та матеріальних засобів для забезпечення ведення бойових дій і поповнення ресурсів замість витрачених та втрачених. Для забезпечення проведення оборонної операції в ланці центр -- угруповання військ буде потрібно перевозити щодня до десятків тисяч. тонн військових вантажів. У тому числі залізницею - до 70% і автодорогами - до 30%, що підтверджує актуальність дослідження з даного питання.

Комплексне використання транспортних засобів в ході перегрупування військ і маневру силами і засобами завжди мало велике значення в збройній боротьбі.

Необхідно також відзначити, що особливістю сучасних умов удосконалення Державної спеціальної служби транспорту (ДССТ) є необхідність приведення її можливостей у відповідність до умов і характеру виконання завдань щодо відновлення і будівництва залізничної колії.

**Постановка задачі.** В теперішній час існує науково-технічна задача, яка полягає в усуненні деяких протиріч між наявністю засобів для механізації ланцюгового способу виконання робіт та іншими способами, наприклад, роздільним або комбінованим. Однак для їх ефективної реалізації в ДССТ відсутнє необхідне технічне забезпечення. Усунення даного протиріччя – це вироблення обґрунтованих пропозицій з комплектування колійних загонів технікою, яка відповідає вимогам розробленої методики з цього питання.

**Рішення.** Найбільш ефективним рішенням є комплексний підхід до оснащення ДССТ технічними засобами і механізмами, здатними, у залежності від сформованих умов, використовуватися при різних технологічних способах ведення робіт. Створення ефективних складально-укладальних технічних засобів можливо на основі розробки наукової методики. Така методика повинна бути універсальною і, незважаючи на вузьку спрямованість, виявляти і враховувати велике число факторів, що впливають на виконання робіт.

Враховуючи вищевикладене, постає необхідність розв'язання вирішення науково-технічної задачі з теоретичного обґрунтування критерію ефективності формованих складально-укладальних технічних засобів з наступною розробкою методики вибору технічних засобів, перевіркою її ефективності і працездатності.

Підхід до питання найбільш ефективного оснащення частин технічними засобами можна подати як вибір найкращих варіантів машин (комплексів) за конструктивними і технологічними показниками. Вибір припускає наявність двох необхідних основних елементів: параметрів, варіюванням яких одержують різні варіанти створюваної структури, і критерію порівняння, що дозволяє вказати кращий з обраних варіантів.

Формалізація задачі оптимального проектування структури складається в математичному описі основних елементів процесу вибору (варіюваних параметрів

моделі і критерію), зв'язків і обмежень, що накладаються на значення параметрів, з розробкою математичної моделі.

Отже, при моделюванні повинний бути виділений деякий набір показників:  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ , параметри яких обумовлюють створювану структуру моделі.

Набір модельованих  $r$  чисел  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  може бути поданий точкою в  $r$ -вимірному евклідовому просторі  $E^r$ , тоді умови й обмеження, що накладаються на показники моделі, зададуть деяку область  $G \in E^r$ , якій точка  $\alpha$  повинна належати.

Критерій, за яким порівнюються варіанти, наприклад :

$$\alpha_1 = (\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{1n}) \text{ і } \alpha_2 = (\alpha_{21}, \alpha_{22}, \dots, \alpha_{2n})$$

подається у виді числової функції  $\Phi(\alpha) = \Phi(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  від  $r$  перемінних, причому вважається, що  $\alpha_1$  краще  $\alpha_2$ , якщо  $\Phi(\alpha_1) > \Phi(\alpha_2)$ . Таким чином, задача пошуку найкращого варіанта, тобто вибору найкращої комбінації показників  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  полягає в пошуку такої точки (вектора)  $\alpha^* \in G$ , у якій функція  $\Phi$  досягає максимуму, тобто

$$\Phi(\alpha^*) \rightarrow \max \Phi(\alpha), \quad \alpha \in G.$$

**Результати дослідження.** У загальному випадку для коректного розв'язання задачі знаходження оптимального варіанта математичної моделі необхідно в процесі рішення задачі врахувати три види обмежень: параметричні, функціональні і критеріальні.

Параметричні обмеження мають вид

$$\alpha_j^* \leq \alpha_j \leq \alpha_j^{**}, \quad j = 1, r, \quad (1)$$

де  $\alpha_j^*$  - гірше значення параметра,  $\alpha_j^{**}$  - краще значення параметра.

Функціональні обмеження записуються у виді

$$C_1^* \leq f_1(\alpha) \leq C_1^{**}, \quad 1 = 1, t, \quad (2)$$

де  $f_1(\alpha)$  -- функція від  $\alpha, C_1^*, C_1^{**}$  -- обмеження нормативного виду, порушувати які найчастіше просто не можна.

Критеріальні обмеження необхідно вводити, коли окремі критерії стають неприпустимо поганими, тому що є локальні критерії якості: - продуктивність, - енергоємність і т.п., - тобто ці критерії, за інших рівних умов, завжди приводять до локальних екстремумів. Щоб уникнути цих ситуацій, необхідно щоб

$$\Phi_v(\alpha) \leq \Phi_v^{**}, \quad v = 1, k, \quad (3)$$

де  $\Phi_v^{**}$  - гірше значення критерію  $\Phi_v(\alpha)$ , що може бути отримано.

Різниця між критеріальними і функціональними обмеженнями полягає в тому, що значення перших не є твердими, вони залежать від фізичного змісту критеріїв і можуть переглядатися в процесі розв'язання задачі.

Перелічені обмеження (1) - (3) визначають припустиму множину  $D$ . Тобто множину варіантів  $\alpha^i$  розв'язання, що задовольняють цим обмеженням так що  $D \subset G$ .

Потрібно знайти таку множину  $P \subset D$ , для якої:

$$\Phi(P) = \min \Phi(\alpha), \quad \alpha \in D, \quad (4)$$

де  $\Phi(\alpha) = (\Phi_1(\alpha), \dots, \Phi_k(\alpha))$  - вектор критеріїв.

Розв'язання даної задачі дозволяє визначити вектор  $\alpha^0 \in P$ , що є найкращим з усіх векторів множини  $P$ . У тих випадках, коли не всі основні критерії якості можуть бути формалізовані, оптимальне рішення варто шукати на всій множині  $D$ .

Отже, у загальному виді математичною моделлю вибору оптимального складу технічних засобів можна вважати завдання цільової функції за критерієм  $\Phi(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$  і рядом обмежень. Оптимальне розв'язання науково-технічної задачі проектування



складається у виборі вектора  $\alpha^*$ , що задовольняє всі обмеження і максимум функції  $\Phi(\alpha)$  [2].

Розроблений алгоритм допускає розв'язання ряду часткових задач, визначених на підставі тактико-технічних вимог до засобів для відновлення залізниць, номенклатури показників якості і параметрів для проведення порівняльного аналізу за обраним критерієм ефективності.

Значення показників якості дозволяє установити параметри комплексів, що впливають на величину критерію ефективності, які підлягають розгляду в ході порівняльного аналізу при розробці методики.

Параметром вважається будь-яка постійна для даної машини величина, що характеризує істотну властивість, яка відрізняє машину, з числовими характеристиками, що виділяють конкретну машину (комплекс) з множини типів і визначає ефективність використання її в конкретних умовах.

Аналіз робіт [2, 4, 5] дає можливість оцінити технічні засоби за визначеними показниками техніки ДССТ: продуктивністю, мобільністю, універсальністю, надійністю, економічністю, питомою енергоємністю, рівню механізації, питомою трудомісткістю.

Таким чином, аналіз комплексів у статті проводиться за 8 визначеними показниками, а критерій ефективності в загальному виді можна виразити як

$$K^* = f(P, M, K_y, K_n, K_m, ПЗУ, N, Э) \rightarrow \max, \quad (5)$$

де:  $P$  - змінна продуктивність (м/змину);  $M$  - показник мобільності (год);  $K_y$  - коефіцієнт універсальності;  $K_n$  - коефіцієнт надійності;  $K_m$  - коефіцієнт, що характеризує рівень механізації;  $ПЗУ$  - приведені витрати на укладання 1 км шляху;  $N$  - питома трудомісткість робіт (люд/д);

$Э$  - питома енергоємність.

Серед даних показників і параметрів є детерміновані і імовірнісні величини. З метою одержання кількісних значень важливо мати часткові методики їхнього визначення.

Визначення чисельних значень окремих показників комплексів зв'язано з констатацією детермінованих і одержанням прогнозованих даних. Їхніми джерелами можуть служити результати розрахунків, випробувань, використання машин, проведення навчань і експериментальних робіт зі створення нових технічних засобів.

Розглянемо визначення показника мобільності (самохідного мобільного колісукладача).

Під показником мобільності  $M$  розуміється здатність машини (комплексу) переміститися на задану відстань (новий об'єкт)  $M(L)$  при заданому режимі маневрування за умов руху  $M(V)$  і приступити до виконання завдання. Загалом показник мобільності має вид

$$M = \frac{M(L)}{M(V)} - t_3 - t_4, \quad (6)$$

де  $t_3$  - загальний простій технічного засобу під час технічного обслуговування;  $t_4$  - затрати на допоміжні роботи.

Можна проаналізувати ефективність даного комплексу за показником мобільності, спрямувавши  $M$  до мінімуму ( $M \min$ ).

При визначенні показника мобільності для універсального комплексу використовуємо вираз

$$M = \sum M_i \cdot k_j, \quad (7)$$

де  $M_i$  -- показник мобільності кожної ведучої машини;  $k_j$  -- коефіцієнт використання машини у залежності від способу виконання завдання.

Для розрахунку показника мобільності необхідно визначитися зі ступенем впливу випадкових величин, що входять до виразу (7). Показник мобільності є лінійною функцією двох випадкових величин  $T_0$  і  $L$ , отже, легко можна одержати дисперсію  $D(M)_{T_0L}$ :

$$M(M) = \Pi \cdot M(T_0) - \frac{\Pi}{V} M(L) - \Pi(t_3 + t_4), \quad (8)$$

$$D(M)_{T_0L} = \Pi^2 D(T_0) - \frac{\Pi^2}{V^2} D(L) + 2 \frac{\Pi^2}{V} \cdot K_{T_0L}, \quad (9)$$

де  $K_{T_0L}$  - кореляційний момент величин  $T_0$  і  $L$ .

Обчислюємо за найбільш типовими числовими характеристиками  $T_0$  і  $L$  кореляційний момент  $K_{T_0L}$ .

Коефіцієнт кореляції величин  $T_0$  і  $L$

$$r_{T_0L} = \frac{K_{T_0L}}{\sigma_{T_0} \cdot \sigma_L}.$$

Отже, між величинами  $T_0$  і  $L$  мається позитивна кореляція і досить тісна лінійна залежність.

За визначеною дисперсією  $D(M)$  можна визначити середнє квадратичне відхилення  $\sigma_M$  і його відносне значення (коефіцієнт варіації)

$$\Delta\sigma_M = \frac{\sigma_M}{M(M)}. \quad (10)$$

Очевидно, що числові характеристики  $M$  як системи випадкових величин  $T_0$  і  $L$  залежать від значень постійних величин  $\Pi$  і  $V$ .

За даними розрахунків можна зробити висновок, що зміни величини продуктивності не позначаються на величині відносного середнього квадратичного відхилення, і це відхилення є порівняно стійким при найбільш різких коливаннях значень  $\Pi$  і  $V$ .

Отже, значення показника мобільності досить стійкі при коливаннях величин  $T_0$  і  $L$ , тому за вихідні дані для розрахунків можна приймати будь-які величини  $T_0$  і зв'язані з ними дальності переміщення машин.

#### **Висновки.**

1. Використовуючи розроблену методику визначення окремих показників (у даному випадку мобільності), можна одержати їхні кількісні значення для порівняння комплексів між собою і прийняття рішень.

2. Після обчислення значення  $K^*$  для кожного з них визначається розрахункове значення ефективності кожного комплексу стосовно табельного.

3. Розроблена методика дозволяє ефективніше формувати таблиць до штату колійних загонів ДССТ.

4. Обгрунтовані і розраховані параметри дозволяють не тільки вибирати найбільш ефективні машини, які випускаються на сьогоднішній день, але й складати технічні завдання на розробку перспективних технічних засобів.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Мальков М.І. Державна спеціальна служба транспорту – складова частина Воєнної організації держави. // Наука і оборона. – 2004. - №4 – С.18.

2. Вентцель Е.С. Исследование операций задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988. – 206с.

3. Завадскас Э.К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства. – Л.: Стройиздат, 1991. – 256с.

4. Сендецький М.М. Модель реформування управління залізничним транспортом та її вплив на Збройні Сили України // Збірник наукових праць. - №11. - К.: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2002. - С. 209-221.

5. Сендецкий Н.Н. Обоснование методики определения показателя мобильности комплекса для сборки и укладки железнодорожного пути // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту.- 2006.- №12. – С.198.

**Рецензент: д.т.н., проф. Лапицький С.В.**

## МЕТОД СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ПІДСИСТЕМИ СЕЙСМОЛОКАЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Розроблено метод синтезу структури підсистеми сейсмолокаційного визначення місцеположення з компенсацією системної похибки швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі, який відрізняється поєднанням алгоритмів виключення і автоматичної корекції похибки швидкості за рахунок використання у топології системи триади дискретних і розподіленого сейсмічних волоконно-оптичних датчиків, а також більш повного використання інформаційних ознак сейсмічного сигналу, що дозволяє реалізувати функцію наведення групи оперативного реагування на порушника при пересуванні його через чутливу зону.*

*Разработан метод синтеза структуры подсистемы сейсмолокационного определения местоположения с компенсацией системной погрешности скорости распространения сейсмической волны, который отличается сочетанием алгоритмов исключения и автоматической коррекции погрешности скорости за счет использования в топологии системы триады дискретных и распределенного сейсмических волоконно-оптических датчиков, а также более полного использования информационных признаков сейсмического сигнала, что позволяет реализовать функцию наведения группы оперативного реагирования на нарушителя при передвижении его через чувствительную зону.*

*The method of synthesis structure the subsystem of seismic determination of the location is developed with compensation of system error of speed of distribution of seismic wave, which differs by combination at algorithms of exception and automatic correction the errors the speed due to the use in the topology system of triad discrete and distributed seismic fiber-optical sensors, and also more complete use informative signs of seismic signal, that allows to realize the function of aiming group operative reaction on a violator at the movement him through a sensible area.*

**Вступ та постановка завдання.** Із упровадженням сучасної моделі охорони кордону, згідно якій одним із етапів її створення є технічна розбудова сухопутного кордону, особливої ваги набуває процес отримання інформації про перетин кордону правопорушниками у масштабі реального часу. Ефективність цього процесу значною мірою визначається базовими моделями функціонування системи інженерно-технічного контролю. На відміну від існуючих моделей, які описують функціонування системи щодо виявлення правопорушників, перспективним є реалізація у ній також функцій визначення місцеположення і ускладнення пересування правопорушників. Функції виявлення і визначення місцеположення направлені на отримання інформації про правопорушників у масштабі реального часу. Розглянемо підсистему визначення місцеположення правопорушника, яка є основою складовою системи інженерно-технічного контролю державного кордону.

**Основний зміст.** Дослідження вказують на те, що потенційну можливість щодо визначення місцеположення на сухопутній ділянці кордону з різними географічними умовами мають сейсмічні засоби охорони. Не зважаючи на достатньо високу чутливість таких засобів моделі, які описують їх роботу направлені на реалізацію функцій виявлення правопорушників. Аналіз робіт [1–3] у галузі сейсмолокаційних засобів охорони дозволив виділити такі основні задачі, вирішення яких забезпечить реалізацію функцій виявлення і визначення місцеположення правопорушників:

1. Усунення неоднозначності під час точного визначення місцеположення, що виникає при рішенні системи ірраціональних рівнянь, за якою визначають координати.

2. Компенсація системної похибки визначення місцеположення, яка виникає при невідповідності розрахункового значення швидкості сейсмохвилі її істинному значенню.

Недостатня дослідженість визначених задач обумовила актуальність їх вирішення. Встановлено, що точне визначення місцеположення сейсмолокаційними засобами має такі особливості:

1. Використовуються тільки пасивні засоби.
2. Відсутня точна апріорна інформація про параметри сеймосигналу від правопорушника і його координати.
3. Необхідність у визначення місцеположення в усіх точках чутливої зони сейсмолокатора.
4. Інваріантність топології сеймоприймачів на місцевості.

Врахування розглянутих особливостей потребує використання у математичних моделях визначення координат точного значення швидкості сейсмохвилі. Отже суттєвою проблемою побудови топології сейсмічної локаційної системи охорони є компенсація системної похибки розрахунків у процесі визначення місцеположення порушника, яка виникає при не співпаданні істинної швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі та розрахункової, що використовується як стала у математичному апараті обчислення координат [1, 2].

Відомо такі напрямки компенсації зазначеної похибки [1]:

- 1) використання методів, у яких параметр швидкості виключається із обчислень;
- 2) використання методів автоматичної корекції розрахунку координат.

Основою методів, у яких швидкість виключається із системи рівнянь розрахунку координат є уведення додаткових рівнянь з функціональною залежністю між координатами порушника і швидкістю розповсюдження сейсмічної хвилі. Технічна реалізація таких методів виражається у збільшенні кількості дискретних сейсмодатчиків у одному сеймоприймачі. Різниця часу приходу фронту сейсмічної хвилі до двох датчиків є параметром, по якому оцінюються координати порушника із застосуванням різницево-дальномірного методу локації. У загальному вигляді рівняння, яке пов'язує координати і параметр запишемо у вигляді:

$$R(x, y) = V_c t_{mn} \quad (1)$$

де  $R(x, y)$  – функція, яка описує залежність координат порушника  $x, y$  від параметру, що вимірюється;

$t_{mn}$  – час затримки надходження сейсмічного сигналу між  $m$  та  $n$  датчиками;

$V_c$  – швидкість сейсмічної хвилі у напрямку на датчики сеймоприймача.

При цьому допускають, що  $V_c$  для напрямків на датчики  $m$  та  $n$  однакова. Для виключення швидкості із обчислення, тобто реалізації першого напрямку компенсації системної похибки швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі, необхідно скласти систему рівнянь (2) у випадку вирішення її методом підстановки і систему (3) у випадку вирішення її методом ділення

$$\begin{cases} R_1(x, y) = V_c t_{12} \\ R_1(x, y) = V_c t_{13} \\ R_1(x, y) = V_c t_{14} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} R_1(x, y) = \frac{V_c t_{13}}{V_c} \\ R_2(x, y) = \frac{V_c t_{23}}{V_c} \\ R_3(x, y) = \frac{V_c t_{43}}{V_c} \\ R_4(x, y) = \frac{V_c t_{53}}{V_c} \end{cases} \quad (3)$$

У системах рівнянь (2), (3) після підстановки або ділення швидкість виключається із подальших обчислень. Технічне рішення реалізації математичної моделі сейсмічного локатора, яких функціонує за системою (2) базується на використанні 4 сейсмодатчиків, системи (3) – 5 сейсмодатчиків [1, 4, 5]. Екстенсивність рішення проблеми компенсації систематичної похибки, на основі методу із виключенням параметру швидкості із обчислень, збільшує вартість системи у 1,5 – 2 рази.

Слід також звернути увагу на припущення, яке приймається при функціонуванні системи за таким методом: сейсмодатчики повинні розміщуватися відносно близько один від одного для забезпечення однорідності умов розповсюдження сейсмічної хвилі у напрямку на датчики.

У дослідженні [1] указується на те, що раціональною є величина бази датчиків, тобто відстані між ними, яка складає половину максимального значення координат, що вимірюються. Слід очікувати, що можливі випадки неадекватності прийнятого припущення, тобто

$$V_{cm} \neq V_{cn},$$

де  $V_{cm}$ ,  $V_{cn}$  – швидкість сейсмічної хвилі у напрямку на  $m$  та  $n$  датчики сейсмоприймача відповідно.

У такому випадку в (2)  $V_c$  замінюється на чотири різні швидкості, а у (3) на п'ять. Отже, у загальному розглянутий метод із виключенням параметру швидкості із обчислень може застосовуватися для однорідної ділянки охорони щодо швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі. Також рішенням систем (2), (3) є складна аналітична залежність третього порядку, яка потребує процедури визначення дійсних коренів, що становить певні труднощі отримання точних значень координат [1, 2]. Іншим напрямком є використання методу автоматичної корекції розрахунку координат. Розглянемо його детальніше.

При установці і налагодженні системи використовують вимірювання затримки між сейсмічною і акустичною хвилями, остання розповсюджується у всіх напрямках, на відміну від сейсмічної, з однаковою швидкістю, що дозволяє адаптувати роботу сейсмічних датчиків. Технічне рішення такого методу потребує проведення підриву заряду вибухівки у точці з відомими координатами [6]. Зрозуміло, що у масштабі реального часу впливу порушника на сейсмічні датчики такий метод недоцільно застосовувати, а отже похибка визначення швидкості буде мати місце під час природних змін властивостей ґрунту.

Перспективним є адаптація значення швидкості сейсмічної хвилі відповідно до зміни електропровідності ґрунту, значення якої корелює до зміни швидкості. Недоліком такого методу є також екстенсивність розв'язання проблеми компенсації похибки швидкості, що виражається у необхідності дообладнання сейсмічної системи локації системою телеконтролю датчиків електропровідності ґрунту [7, 8].

В значній мірі похибка вимірювання координат визначається топологією системи. Розроблений метод побудови сейсмічної локаційної системи дозволяє компенсувати системну похибку швидкості розповсюдження сейсмічної швидкості за рахунок поєднання у структурі системи волоконно-оптичних дискретних і розподіленого



$$\begin{cases} V = \frac{V_g + V_{12}b_{12} + V_{13}b_{13} + V_{23}b_{23}}{1 + b_{12} + b_{13} + b_{23}} \\ y = \frac{sb_1 \sin \gamma}{\theta} \\ x = x_0 + \frac{sb_1 \cos \gamma}{\theta} \end{cases}, \quad (4)$$

де  $b_1$  – параметр гіперболи;

$s, \theta$  – змінні, які залежать від параметрів гіперболи;

$V$  – середньоарифметичне значення швидкості розповсюдження сейсмохвилі;

$x_0$  – точка перетину лінії пеленгу і вісі абсцис;

$\gamma$  – кут пеленга правопорушника;

$x, y$  – координати місцеположення правопорушника;

$V_g, V_{12}, V_{13}, V_{23}$  – швидкість розповсюдження сейсмохвилі при перетині характерних ліній чутливої зони сейсмоприймача;

$b_{12}, b_{13}, b_{23}$  – бульові змінні, які вказують на факт перетину характерних ліній чутливої зони сейсмоприймача.

Координати місцеположення правопорушника  $x, y$  визначають як точку перетину гіперболічної лінії положення і лінії пеленга правопорушника (рис. 2).

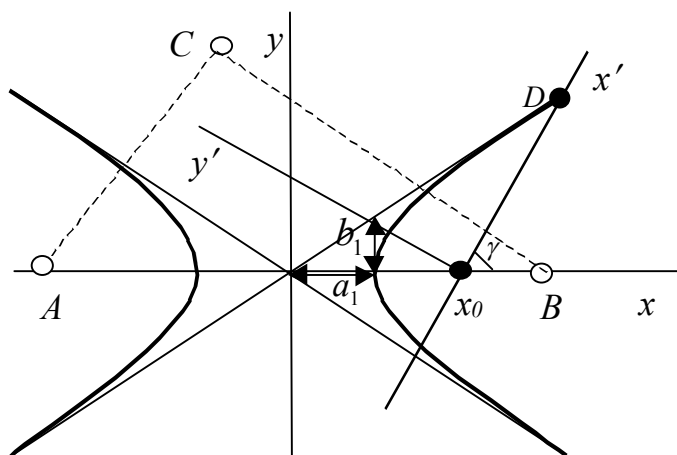


Рис. 2. Визначення місцеположення правопорушника в точці  $D$ :  $A, B, C$  - точки розміщення сейсмодатчиків

У системі (4), для визначення координат, може бути використаний підхід, який описано в [2].

Якщо порушник перетинає чутливу зону через місце встановлення тріади сейсмічних датчиків, у такому випадку топологія системи не забезпечить компенсацію системної похибки швидкості при визначенні прямокутних координат. Проте у полярній системі, при умові наближеного визначення пеленгу, функціонування тріади датчиків описується рівнянням із виключенням параметру швидкості з обчислень [3]



$$\alpha = \arctg \frac{\sqrt{3}k}{2+k} + \frac{1}{2} \arctg \frac{\sqrt{3}k}{2-k}, \quad (5)$$

де  $\alpha$  – пеленг порушника;

$k = \frac{t_{23}}{t_{12}}$  – коефіцієнт.

Кут  $\alpha$  визначається відносно медіани трикутника (рис. 3).

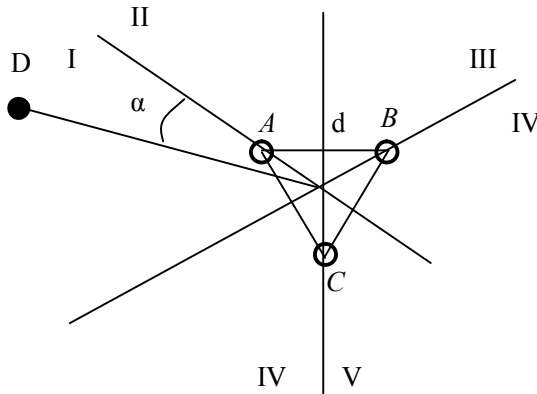


Рис. 3. Топологія сейсмоприймача при розрахунку пеленга

Вся чутлива зона у цьому випадку розбивається на шість секторів [3]. Проте у роботі [3] не зазначається порядок визначення секторів. Оскільки відомо, що в кожному трикутнику три перпендикуляри до його сторін, які проходять через середини цих сторін, перетинаються в центрі описаного кола, отже, три лінії, перпендикулярні сторонам трикутника  $ABC$  (рис. 3) і проходять через їх середини, розбивають площу на шість секторів. Для кожного з секторів складемо систему нерівностей, що зв'язують положення правопорушника відносно тріади датчиків із значеннями різниць дальностей. З урахуванням зазначеного можна вказати на існування закономірностей, табл. 1.

Таблиця 1. Закономірності місцеположення правопорушника у чутливій зоні сейсмолокаційного засобу

Сектор місцеположенн я правопорушник а	I	II	III	IV	V	VI
Умова розміщення правопорушник а в секторі	$\begin{cases} \Delta r_{AB} < 0, \\ \Delta r_{AC} < 0, \\ \Delta r_{BC} > 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} < 0, \\ \Delta r_{AC} > 0, \\ \Delta r_{BC} > 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} > 0, \\ \Delta r_{AC} > 0, \\ \Delta r_{BC} > 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} > 0, \\ \Delta r_{AC} > 0, \\ \Delta r_{BC} < 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} > 0, \\ \Delta r_{AC} < 0, \\ \Delta r_{BC} < 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} < 0, \\ \Delta r_{AC} < 0, \\ \Delta r_{BC} < 0. \end{cases}$

Примітка:  $\Delta r_{AB} = Vt_{12}$ ,  $\Delta r_{AC} = Vt_{13}$ ,  $\Delta r_{BC} = Vt_{23}$ .

Перед початком розрахунку по знакам часових затримок визначають сектор, у якому перебуває порушник. Далі сейсмодатчики нумеруються у порядку віддалення їх від порушника (датчик у точці  $A$  перший, в точці  $C$  третій) і після цього визначається

пеленг [6]. При віддаленні порушника від тріади пеленг співпадає з його курсом, визначення якого дозволить здійснити наведення групи оперативного реагування на правопорушника. Загалом функціонування пасивної сейсмічної системи локації описується математичною моделлю, яка складається із формул (4), (5).

**Висновки.** Отже розроблено метод синтезу структури підсистеми сейсмолокаційного визначення місцеположення правопорушника з компенсацією системної похибки швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі, який відрізняється поєднанням методів виключення і автоматичної корекції похибки швидкості за рахунок використання у топології системи дискретних і розподіленого сейсмічних волоконно-оптичних датчиків, а також більш повного використання інформаційних ознак сейсмічного сигналу, що дозволяє реалізувати функцію наведення групи оперативного реагування на правопорушника при пересуванні його через чутливу зону системи. Новизною методу є компенсація системної похибки швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі при застосування лише трьох дискретних датчиків.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Дудкин В.А. Вариант построения пассивных сейсмических локаторов, основанных на измерении временных задержек // Современные технологии безопасности. – 2005. – № 4. – С. 24 – 29.
2. Иванов В.А. Решение задачи определения местоположения нарушителя на охраняемой площади по сейсмическому каналу в прямоугольной системе координат // Радиотехника. – 2004. – № 2. – С. 85 – 88.
3. Дудкин В.А., Вольсков А.А. Методы определения пеленга объекта, основанные на измерении временных задержек сейсмических сигналов // Современные технологии безопасности. – 2007. - №1. – С. 12 – 19.
4. Сейсмическое устройство определения координат объектов. Пат. RU №2273867 С1, МПК G01V 1/16. Крюков И.Н., Иванов В.А., Козинный А.К., Матвеев В.В.; Оpubл. 10.04.2006.
5. Способ обнаружения и определения текущего местоположения нарушителя охраняемой зоны. Пат. RU №2311686 С2, МПК G08V 13/00 Колигаев С. О.; Оpubл. 27.04.2007.
6. Способ привязки и адаптации сейсмодатчиков к местности. Пат. RU №2202810 С1, МПК G01V 1/16. Крюков И.Н., Иванов В.А., Дюгованец А.П., Афанасенко А.В.; Оpubл. 20.04.2003.
7. Устройство обнаружения классификации сейсмических сигналов с адаптацией по электропроводности. Заявка на изобретение. RU №2003118052 А, МПК G01V 1/00. Крюков И.Н., Иванов В.А., Дюгованец А.П. Онуфриев Н.В., Шуалов А.Г. Оpubл. 20.12.2004.
8. Иванов В.А., Онуфриев Н.В. Развитие принципов адаптации сейсмических средств охраны участков местности // Радиотехника. – 2005. – № 2. – С. 85 – 88.
9. Разностно-дальномерный способ пеленгования источника радиоизлучения и реализующее его устройство. Пат. RU №2258242 С2, МПК G01S3/46, 11/02. Сайбель А.Г.; Оpubл. 20.02.2005.

Рецензент: **д.т.н., проф. Ленков С.В.**

УДК 53.082.5 (045)

Антоненко О.В. (НДІ ГУР МОУ)  
к.ф.-м.н. Комарова Л.О. (ВІКНУ)  
к.т.н., доц. Салімов Р.М. (НАУ)  
к.т.н. Сєлюков О.В. (ДП „НЦТМ”)

## ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОБЛІКУ ПОМИЛОК ФОТОМЕТРИЧНИХ ДАНИХ ПРИ ЦИФРОВОМУ ОБРОБЛЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ

*У статті запропоновано програмні засоби, які враховують помилки фотометричних даних під час цифрового оброблення зображень.*

*В статье предложены программные средства, учитывающие ошибки фотометрических данных при цифровой обработке изображений.*

*The software considering mistakes of photometrical data during digital image processing is offered in current article.*

**Вступ та постановка завдання.** Розвідка візуальними методами – тобто така, що здійснюється неозброєним оком, – має велике значення при знаходженні та ідентифікації відповідних об'єктів, її роль нині не тільки не повинна зменшитися, а навпаки – все більше зростати завдяки ряду незаперечних переваг. Ефективність спостереження об'єктів розвідки залежить від багатьох чинників і в першу чергу від геометричних і світлотехнічних характеристик об'єкта. Залежить вона і від характеристик фону, на тлі якого спостерігається об'єкт, а також від рельєфу місцевості і кулястості земної поверхні. Істотний вплив на ефективність спостереження і розпізнавання об'єктів розвідки мають поглинання, розсіяння і викривлення ходу променів, що йдуть від об'єкта через товщу атмосфери до спостерігача. Крім того, необхідно враховувати стан і рівень чутливості приймача (ока) [1].

**Основні результати.** Отримання розвідінформації про навколишні об'єкти з оперативною метою за допомогою візуальних методів можна розглядати як послідовне або одночасне розв'язування ряду зорових завдань. Такими завданнями є:

1. Пошук і знаходження об'єкта розвідки.
2. Його розпізнавання (ідентифікація) за низкою ознак (форма, колір, наявність тих чи інших деталей тощо).

Успішне розв'язання другої зорової задачі залежить від низки чинників.

Відомо, що оптичні дистанційні методи ідентифікації об'єктів (кількісний, якісний і просторовий аналіз зображення), ґрунтуються насамперед на аналізі розподілу яскравості зображення, побудованого оптичною системою у визначеному спектральному діапазоні електромагнітних хвиль [2–5].

На рис. 1 показана схема утворення оптичною системою зображення елемента поверхні, освітленого джерелом світла, за умови поглинаючого середовища поширення випромінювання. Залежність, що пов'язує яскравість об'єкта з освітленістю його зображення, описуються виразом (1):

$$L = e^{-\alpha(\ell+k)} \frac{\rho \cdot I \cdot D^2 \cdot \cos \beta}{4 \cdot \ell^2 \cdot f^2} \cos^4 \gamma, \quad (1)$$

де  $L$  – яскравість елемента зображення;  $I$  – Інтенсивність випромінювання (сила світла для видимого діапазону) джерела випромінювання;  $\beta$  – кут між напрямком на джерело випромінювання і нормаллю до освітлюваної поверхні;  $D$  – діаметр вхідної зіниці оптичної системи;  $k$  – відстань від джерела світла до освітлюваної поверхні;  $\square$  –

відстань від освітлюваної поверхні до вхідної зіниці оптичної системи;  $f$  – фокусна відстань об'єктива оптичної системи;  $\rho$  – коефіцієнт відбивання освітлюваної поверхні;  $\alpha$  – показник ослаблення середовища поширення випромінювання;  $\gamma$  – кут між оптичною віссю об'єктива і напрямком на освітлювану поверхню.

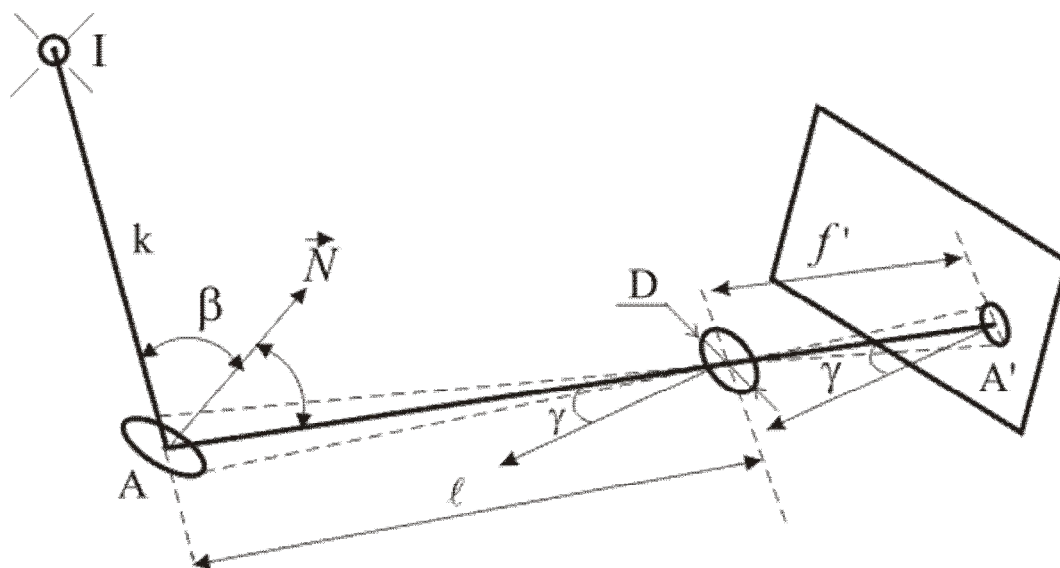


Рис. 1. Схема утворення оптичною системою зображення елемента поверхні, освітленого джерелом випромінювання:

I – джерело випромінювання;  $\beta$  – кут між напрямком на джерело випромінювання і нормаллю до освітлюваної поверхні A; D – діаметр вхідної зіниці оптичної системи; k – відстань від джерела світла до освітлюваної поверхні A;  $l$  – відстань поверхні A до об'єктива оптичної системи;  $f'$  – фокусна відстань об'єктива оптичної системи;  $\gamma$  – кут між оптичною віссю об'єктива і напрямком на освітлювану поверхню A; A' – зображення освітлюваної поверхні A

Яскравість елементів зображення визначається реакцією на освітленість застосованого фотоприймача (фотографічного, електронно-вакуумного, напівпровідникового тощо) при мікрофотометричному обробленні [6–7]. На жаль, фотоприймальний пристрій реагує не тільки на освітленість, створювану самим зображенням, але і на додаткову освітленість, створювану розсіяним оптичними елементами випромінювання. Основним джерелом розсіяного світла у фотореєструвальних пристроях є потік випромінювання, відбитий від поверхні фотоприймача та у меншому обсязі, завдяки застосуванню спеціального багат шарового інтерференційного покриття, відбитий від останньої світлоформувальної поверхні оптичної системи. Рівень розсіяного світла від стінок камери значно нижчий, завдяки чорному матуванню. Загальний рівень розсіяного світла всередині пристрою може перевищувати 1...5 % від загального рівня освітленості, створюваного зображенням. Але локальні додаткові освітленості від розсіяного випромінювання можуть значно перевищувати середні значення освітленості, створюваної самим зображенням. Ця додаткова освітленість не тільки знижує контраст зображення, що реєструється, але і вносить істотну похибку у визначення фотометричних даних, що у свою чергу впливає на вірогідність ідентифікації об'єктів. Тобто ця додаткова (паразитна, шумова) освітленість утворює яскраву вуаль по всьому полю зображення і створює специфічні ореоли навколо найбільш яскравих елементів зображення. Методи обліку рівня розсіяного світла (додаткової вуалюючої освітленості на зображенні) добре розроблені. При аналоговому мікрофотометруванні зображення вуалююча освітленість усереднюється за кількома вимірюваннями, виконаними по досліджуваному

зображенню. Потім це усереднене значення віднімається від величини освітленості, вимірної в області зображення. Складніше зробити облік додаткової локальної оптичної густини, утвореної ореолами навколо яскравих елементів зображення. Подальше оброблення виконується із застосуванням електронно-обчислювальних засобів після введення і перетворення обмірюваних даних у форму “зрозумілу” для ЕОМ.

Останнім часом з’явилися пристрої, що безпосередньо перетворюють зображення в цифрову форму (цифрові фото-, відеокамери) чи такі, що здійснюють перетворення в цифрову форму зображень, записаних аналоговими методами (різного типу сканери і відео аналого-цифрові перетворювачі – відео АЦП) [8–9]. Усі ці пристрої працюють на такому принципі. Між цифровим еквівалентом яскравості елемента зображення і величиною напруги, вимірюваного світлочутливим датчиком при цифруванні, як правило, існує нелінійна залежність, яку потрібно врахувати під час подальшого оброблення і внести відповідні корективи на нелінійність. Показник такої нелінійності  $\chi$  є константою для цього типу пристроїв, і вказує на співвідношення між цифровим еквівалентом яскравості точки зображення  $Y$  і значенням сигналу світлочутливого датчика  $I$ , інколи цей показник називають фактором контрастності. Як правило, ця залежність описується виразом (2):

$$Y = I^{\frac{1}{\chi}}, \quad (2)$$

Внаслідок цього, виміряні значення яскравості точок зображення повинні бути відкоректовані відповідно до виразу (3):

$$Y_{\text{вих}} = \left( \frac{Y_{\text{вх}}}{Y_{\text{max}}} \right)^{\chi} Y_{\text{max}}, \quad (3)$$

де  $Y_{\text{вих}}$  – яскравість елемента вихідного зображення;  $Y_{\text{вх}}$  – яскравість елемента вхідного зображення;  $Y_{\text{max}}$  – максимальна яскравість (при 8-бітній глибині кольору  $Y_{\text{max}} = 255$ );

$\chi$  – фактор контрастності зображення.

Зауважимо, що у цифрових фотокамерах спеціально застосовується первинний алгоритм оброблення цифрованого зображення, відповідно до якого між цифровим аналогом яскравості і дійсною яскравістю зображення встановлюється логарифмічна залежність. Це пояснюється тим, що отримане зображення передбачається розглядати оком, у якого логарифмічна залежність сприйняття закладена природою. Це робиться з метою узгодження сприйманого оком діапазону змін (градацій) яскравості реальних об’єктів фотографування з аналогічним діапазоном яскравості цифрового зображення. Згаданий факт накладає обмеження на застосування цифрових засобів запису зображення (цифрових фотокамер), метою якого є подальше фотометричне оброблення отриманого зображення.

Крім того, у реальних умовах шифрування даних кожен сеанс введення чи передачі вимірної величини супроводжується помилками. Камери, світлочутливі датчики, цифро-аналогові перетворювачі, відеомонітори, принтери — тобто пристрої, що використовуються для введення і відображення цифрової відеоінформації, не гарантовані від помилок, що почасти викликані рядом причин об’єктивного і суб’єктивного характеру (алгоритми і фізичні принципи, закладені у технічні засоби цифрування, компроміс розробника-виготовника фотокамери за критерієм вартість – технічні можливості, навички оператора тощо). Деякі помилки цифрування, передачі й відображення усуваються вибором параметрів у процесі створення зображень, інші ж повинні індивідуально коректуватися при їх фотометричному обробленні. Високоякісне цифрове фотометричне оброблення можливе тільки за умови, що властиві використовуваним пристроям помилки фотометричних даних відомі і скоректовані.

Крім перерахованих вище внесених апаратних помилок інколи виникає необхідність працювати з зображеннями, що мають який-небудь недолік внаслідок помилкових експозиційних параметрів при зйомці або первинному технологічному обробленні отриманих даних. У таких випадках завдання полягає у тому, щоб якнайкраще виправити такі дефекти, як занижений контраст, виражений колірний відтінок, занадто темна чи занадто світла картинка тощо. Ці дії ще називають оптимізацією зображення, головна мета якої складається в такій обробці результату низькоякісної зйомки, що наблизить його до результату зйомки, виконаної без помилок.

Для корекції помилок у деяких випадках (наприклад, при попередній підготовці зображень до друку у поліграфії) використовують ряд програмних пакетів оброблення растрових зображень (Photoshop, Photopaint і безліч інших). На жаль, у цих програмах обробки об'єктивно оцінити дії операцій на зображення можна тільки за пробним зображенням (що іноді важко, а інколи і неможливо). В основному така корекція здійснюється зміною яскравості і контрасту зображення (лінійно або логарифмічно). Реалізація цих функцій досить проста. При лінійному освітленні яскравість кожного елемента змінюється на фіксовану величину. При експонентному освітленні реалізується алгоритм, побудований на математичній залежності, що подібна виразу (3). При цьому програма повинна стежити за тим, щоб яскравість точок зображення не виходила за верхню межу, наприклад 255, і нижню – 0, зумовлену специфікацією графічного файлу.

Зміна контрасту призводить до звуження діапазону градацій сірого в зображенні й відповідно до втрати або перекручування частини фотометричних даних, а також деяких деталей зображення, тобто до зниження його загальної інформативності. Крім того, невідомі точні математичні алгоритми такого оброблення, що завжди ставить під сумнів коректність фотометричних даних після оброблення (оптимізації).

Для коректного обліку апаратних помилок, внесених у фотометричні параметри зображень, прийнято використовувати математичні прикладні програмні пакети типу MathCAD, MathLAB та інші. Відомо, що пакет MathCAD має спеціальний тип даних – файлові дані. По суті, це елементи масивів (одномірних чи N-мірних), що можуть записуватися у вигляді простих текстових файлів, що мають свої імена. Файли даних у пакеті – це запис матриць у їх природній формі. Є операції зчитування таких файлів, що дають змогу привласнювати дані, які містяться в них, перемінним векторам і матрицям по-елементно (для матриць зліва направо і зверху вниз) і за ходом зчитування перетворюють числові включення елементів у їх символічні еквіваленти, що використовують ASCII-коди цифр і чисел. Ці символічні величини і записуються у вигляді файлів.

Пакет MathCAD має ряд файлових операцій (READ, WRITE, APPEND, READPRN, WRITEPRN, APENDPRN READRGB (табл. 1) – детальний опис цих операцій можна прочитати в керівництві користувача пакетом). Створювані або використовувані ними файли легко переглянути будь-яким текстовим редактором, що сприймає тексти у вигляді ASCII-кодів. При зчитуванні файлів система забезпечує зворотне перетворення символічних представлень значень у їх числові значення. Така форма завдання даних дозволяє здійснювати стикування MathCAD із програмами, написаними на будь-яких мовах програмування.

Особливе місце серед згаданих операцій займає операція READRGB. Цю операцію іноді відносять до системних операцій. Вона використовується для обробки графічних файлів і повертає масив із трьох підмасивів, що містять дані стосовно розкладання кольорового зображення на три основні кольори: червоний, зелений, синій. Інакше кажучи, операція виконує функції кольороподілу, що використовується у поліграфії для кольорового друку.

Крім згаданих функцій даних файлового типу (табл. 1), версії пакетів MathCAD з встановленим спеціальним пакетом Image processing extension pack for mathcad мають додатково сервісний пакет функцій (кількістю понад 100), так званого графічного

процесора, що дозволяють працювати з кольірними параметрами зображень, записаних у форматі BMP, GIF, JPEG. Ці функції дозволяють, наприклад, розкласти зображення на окремі кольори, керувати інтенсивністю окремих складових кольору, їх насиченістю і яскравістю, виділяти контури, фарбувати у псевдокольори, робити цифрову фільтрацію і багато чого іншого.

Таблиця 1. Вбудовані функції даних файлового типу для обробки зображень програмного пакета MathCAD

Функція	Опис
<b>READ_BLUE(name)</b>	Повертає масив, що відповідає синьому компоненту, що міститься в графічному об'єкті з іменем <i>name</i> .
<b>READ_GREEN(name)</b>	Повертає масив, що відповідає зеленому компоненту, що міститься в графічному об'єкті з іменем <i>name</i> .
<b>READ_RED(name)</b>	Повертає масив, що відповідає червоному компоненту, що міститься в графічному об'єкті з іменем <i>name</i> .
<b>READ_BMP(name)</b>	Повертає масив, що містить чорно-біле зображення кольорового графічного об'єкта з іменем <i>name</i> .
<b>READ_HLS(name)</b>	Повертає масив, що надає дані про колір графічного об'єкта з іменем <i>name</i> (відтінки кольору, насиченість і інтенсивність).
<b>READ_HLS_HUE(name)</b>	Повертає масив, що надає дані про відтінки кольору графічного об'єкта з іменем <i>name</i> .
<b>READ_HLS_LIGHT(name)</b>	Повертає масив, що надає дані про яскравість графічного об'єкта з іменем <i>name</i> .
<b>READ_HLS_SAT(name)</b>	Повертає масив, що надає дані про насиченість кольору графічного об'єкта з іменем <i>name</i> .

Подібні функції графічного процесора є й у пакета MathLAB. За допомогою функцій графічного процесора можна трансформувати цифрові растрові зображення у двовимірні числові масиви, які можна “прозора” обробляти з застосуванням усієї математичної “потужності” згаданих пакетів [10]. Втрати фотометричної інформації виключаються (або строго контролюються). Але, незважаючи на ці переваги, широке використання згаданих програмних пакетів становить деякі ускладнення. Фахівцям, що працюють в області обробки зображень, наприклад попередньої поліграфічної підготовки, пакет MathCAD і подібні не завжди асоціюються з прикладним пакетом для обробки графічних даних. Причин тому декілька, серед них – чимала ринкова вартість і недостатньо якісні описи пакетів. Крім того, через існування безлічі кольірних палітр і типів форматів растрової графіки, особливості їх взаємодії з пакетами MathCAD, MathLAB повністю не встановлені. Варто також додати, що версії MathCAD з функціями графічного процесора займають понад 100 Мбайт дискового простору, а аналогічні версії MathLAB – 800...1000 Мбайт і висувають досить високі системні вимоги. Додатковою незручністю є необхідність вивчення досить складних прикладних пакетів, оволодіння якими припускає наявність спеціальних знань у галузі математики.

Вищезгадані фактори змушують до прийняття рішення стосовно розробки прикладної програми, яка б відповідала таким вимогам:

1. Перетворення файлів растрової графіки, записаних у форматі BMP у файли, записані в ASCII-кодах;
2. Перетворення файлів, записаних у ASCII-кодах у файл растрової графіки;
3. Простота в звертанні, мінімальний обсяг (не перевищувати 1,4 Мбайт);
4. Мінімальні системні вимоги.

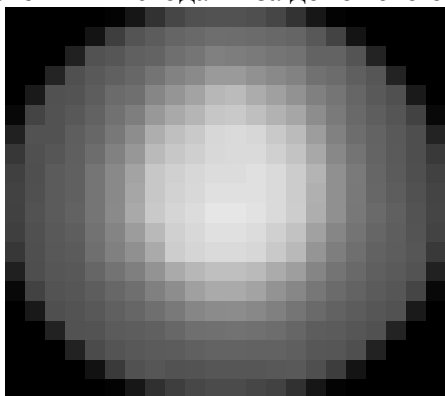
Така програма була створена і апробована під час фотометричного оброблення зображень натурних об'єктів з метою їх ідентифікації. Крім того, програма з успіхом

застосовувалась для створення цифрових тест-об'єктів для перевірки засобів цифрування зображень, а також є надійним і простим інструментом з'ясування принципів роботи і коректності оброблення зображень прикладними програмними пакетами обробки растрової графіки. Програма з успіхом використовувалася для з'ясування особливостей збереження графічної інформації в різних форматах запису.

Згадана програма створена і структурно складається з двох основних програмних блоків. Перший блок служить для перетворення файлів, записаних у графічному форматі BMP у формат CSV (дані, розділені комою) кодування ASCII. Другий виконує зворотні перетворення. Особливістю блоків є те, що вони мають ідентичне програмне ядро і розрізняються тільки спеціалізованими субмодулями, що дозволило максимально спростити програмний алгоритм.

Причиною вибору формату CSV у порівнянні з іншими форматами текстових даних, наприклад форматом PRN (дані, розділені пробілом), що теж використовується пакетом MathCAD, є більш адекватне зорове сприйняття масивів при перегляді їх за допомогою текстових редакторів. Формат CSV сприймається практично всіма прикладними математичними програмними пакетами і, що дуже зручно, читається програмами електронних таблиць Excel, Lotus1-2-3 та іншими.

Роботу згаданої вище програми проілюструємо на прикладах. На рис. 2 а показане збільшене тестове зображення, отримане при фотографуванні точкового джерела світла, на рис. 2 б – його цифровий аналог, отриманий за допомогою розробленої програми. Розподіл освітленості по площині зображення порівнювався з даними, отриманими аналоговими методами за допомогою мікрофотометра МФ-2.



а)

```
0,0,0,0,0,3,22,50,70,80,82,82,79,70,51,23,3,0,0,0,0,0
0,0,0,0,20,62,84,92,101,105,110,109,107,104,101,88,67,20,0,0,0,0
0,0,0,33,82,86,96,99,111,117,128,125,122,117,114,99,99,84,35,0,0,0
0,0,36,80,89,96,103,116,130,138,154,154,145,137,130,113,108,95,86,35,0,0
0,26,81,83,93,107,111,134,149,163,183,187,172,160,146,128,117,102,89,80,26,0
8,68,82,88,98,113,126,152,169,181,198,201,191,178,166,141,122,105,94,85,66,8
33,82,82,94,103,120,141,174,191,201,215,218,215,201,187,157,129,109,99,89,78,35
55,80,86,95,109,129,151,186,199,207,216,218,218,208,195,168,136,116,100,90,78,57
64,79,91,96,117,137,163,199,208,215,220,220,224,218,204,180,144,122,102,91,79,65
66,80,91,96,117,137,166,199,210,216,224,224,224,218,204,176,144,121,103,93,81,68
65,82,91,98,117,138,169,201,213,220,230,230,226,218,205,174,144,120,106,96,83,69
63,80,89,94,114,132,156,185,208,216,224,224,220,208,194,161,134,116,102,94,84,67
55,79,88,91,111,128,144,170,205,213,218,218,215,201,185,149,126,111,98,93,86,57
32,78,86,88,102,115,127,147,170,183,191,191,186,171,158,133,116,105,95,90,83,33
8,66,83,86,93,103,111,128,141,160,170,170,163,147,135,119,107,99,91,86,69,8
0,25,79,83,88,96,102,111,121,134,139,140,136,128,117,106,98,92,86,82,26,0
0,0,34,82,83,91,93,96,103,111,112,114,112,109,102,93,91,86,81,35,0,0
0,0,0,34,75,84,88,91,92,96,99,99,98,98,95,87,86,79,34,0,0,0
0,0,0,0,18,58,81,86,82,83,86,86,86,88,89,79,61,20,0,0,0,0
```

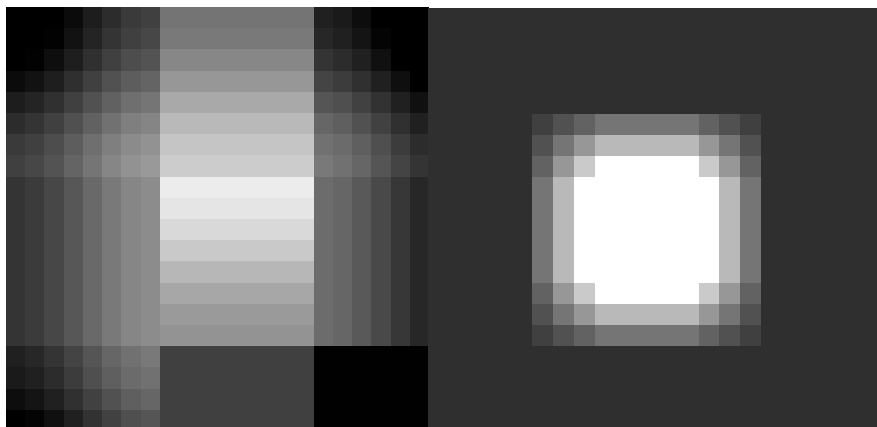


0,0,0,0,0,3,23,48,62,71,75,75,70,66,49,22,3,0,0,0,0,0

б)

Рис. 2. Зображення тестового об'єкта – а) і його цифровий аналог – б).

На рис. 3 показано результати запису зображення показаного на рис. 2 а в деяких форматах растрової графіки, що вказують на спотворення фотометричних даних.



а)

б)

Рис. 3. Приклади перекручування фотометричних даних при записах зображення на рис. 2 а у форматах растрової графіки JPEG (а) і Wavelet (б)

**Висновки.** Розроблена програма дозволяє коректно виконати фотометричний облік паразитного тла в зображенні; легко створити цифрові аналоги різних тестоб'єктів для калібрування і перевірки цифрувальних пристроїв, а також є гарним інструментом для дослідження методів збереження і стиснення графічної інформації.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Степура В.І. Результати аналізу ефективності візуальних методів розвідки і основні шляхи її підвищення / В.І. Степура, О.В. Антоненко // Збірник наукових праць. – К.: Міністерство оборони України, 2007. – № 18.
2. Дубовик А.С. Прикладная оптика / А. С. Дубовик, М.И. Аленко. – М.: Наука, 1982.
3. Гуторов М.М. Основы светотехники и источники света / М.М. Гуторов. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Дубовик А.С. Фотографическая регистрация быстропротекающих процессов / А.С. Дубовик. – М.: Наука, 1984.
5. Креопалова Г.В. Оптические измерения / Г.В. Креопалова, Н.Л. Лазарева, Д.Т. Пуряев. – М.: Машиностроение, 1987.
6. Кривошеев М.А. Цветовые измерения / М.А. Кривошеев, А.К. Кустарев. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
7. Москалев В. А. Теоретические основы оптико-физических исследований / В.А. Москалев. – Л.: Машиностроение, 1987.
8. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики / Роджерс Д. – М.: Мир, 1989.
9. Фоли Дж. Основы интерактивной машинной графики / Фоли Дж., Вэн Дэм А. – М.: Мир, 1985.
10. Бабак В.П. Обробка сигналів / В.П. Бабак, В.С. Хандецький, У Шрюфер. – К.: Либідь, 1999.

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С.В.

## АДАПТИВНОЕ ДЕКОДИРОВАНИЕ ТУРБОКОДОВ В ОДНОНАПРАВЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ПРЯМОЙ КОРРЕКЦИЕЙ ОШИБОК

*У роботі розглядається процес функціонування системи передачі даних, що застосовує турбокоди в якості каналного коду корекції помилок. На основі аналізу особливостей процесу декодування запропоновано метод, що дозволяє синтезувати адаптивну систему передачі даних, в якій процеси адаптації виконуються тільки на боці прийому.*

*В работе рассматривается процесс функционирования системы передачи данных, использующей турбокоды в качестве каналного кода коррекции ошибок. На основании анализа особенностей процесса декодирования предложен метод, позволяющий синтезировать адаптивную систему передачи данных, в которой процессы адаптации затрагивают только сторону приема.*

*In the article the process of functioning of system of the data transmission using turbo codes as a channel code of correction of errors is considered. On the basis of the analysis of features of process of decoding the method, allowing to synthesise adaptive system of data transmission in which adaptation processes mention only the reception party is offered.*

Высокоэффективным средством борьбы с помехами в цифровых системах передачи данных (СПД) является применение помехоустойчивого кодирования, основанного на введении искусственной избыточности в передаваемое сообщение, что приводит к уменьшению информационной скорости передачи. Вместе с тем очевидно, что нет смысла применять мощные коды с большой избыточностью в ситуации, когда обстановка в канале передачи позволяет обойтись без этого. Поэтому следующим логичным шагом в совершенствовании систем передачи данных явилось внедрение адаптивных систем, позволяющих динамически изменять параметры СПД для адекватного реагирования на процессы, происходящие в канале передачи. Возможность динамического изменения многих параметров и структуры СПД заложена в современных архитектурах, декларирующих основные принципы построения программируемых СПД [1]. Практически все современные системы сотовой связи (как GSM [2], так и CDMA [3]) используют адаптивное управление мощностью передатчика. Современные стандарты СПД предполагают адаптацию не только мощности передатчика, но и сигнально-кодovou адаптацию: изменение вида применяемой модуляции и параметров каналного кода, что позволяет управлять избыточностью передаваемых сообщений [1].

Таким образом, объектом работы являются СПД, функционирующие в условиях малого отношения сигнал-шум (ОСШ) в канале (вблизи предела Шеннона), и использующие турбокоды (ТК) в качестве метода каналного кодирования [4].

Особенностями СПД с ТК является применение итеративного декодирования и пакетная передача информации. В дальнейшем под пакетом ТК будет подразумеваться множество канальных отсчетов (по сути – вещественных чисел), соответствующих информационным и проверочным битам кодового слова ТК (не следует путать пакет ТК с пакетом сетевого протокола). В рамках данной работы предполагается, что пакетная передача информации осуществляется однонаправлено, причем используемый канальный протокол передачи предполагает, что некоторые пакеты в виду сильных помех могут не быть корректно декодированы на стороне приема. Подобные пакеты подлежат удалению.

Определим основную задачу функционирования СПД как обеспечение максимальной скорости передачи данных передачи при соблюдении требуемой достоверности [5], где достоверность обычно определяется как некоторое значение



Соответствующий им порождающий полином:  $G = (5/7)$ . Структурная схема кодера использованного ТК изображена на рис. 2.

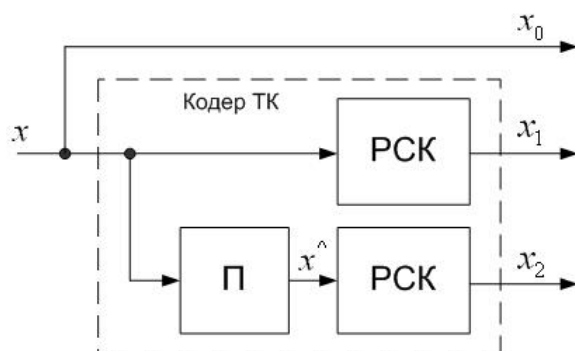


Рис. 2. Кодер двухкомпонентного ТК

При передаче данных использовалась ФМ-2 модуляция и модель канала с аддитивным белым гауссовским шумом.

При декодировании в составе декодера ТК (рис. 3) применялись компонентные декодеры ( $D1$  и  $D2$ ), реализующие  $MAX-LOG-MAP$  алгоритм декодирования по максимуму правдоподобия (приближенный по отношению к точному  $MAP$  алгоритму) как наиболее простой и быстродействующий.

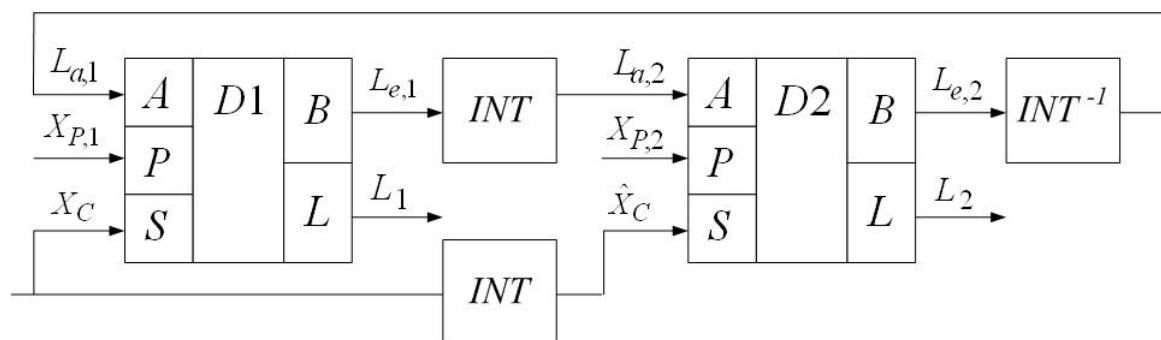


Рис. 3. Декодер двухкомпонентного ТК

Предельное количество итераций декодирования (максимальное количество итераций, в течение которых пакет ТК может обрабатываться декодером), было выбрано равным 8.

### Оценка быстродействия СПД с ТК при малых ОСШ

Решение поставленной задачи функционирования СПД подразумевает оценку скорости передачи данных. Скорость передачи данных в СПД с ТК будет зависеть от того, насколько быстро декодер ТК сможет осуществлять декодирование пакетов ТК. В связи с этим оценивание скорости может быть заменено оцениванием вычислительных затрат. Очевидно, что количество переданной информации за абсолютную единицу времени будут зависеть от вычислительной мощности конкретной компьютерной системы, осуществляющей декодирование. В связи с этим предлагается оценивать количество переданной информации за относительную единицу времени. В частности, вычислительные затраты удобно измерять подсчетом количества выполненных итераций при декодировании одного пакета ТК.

Снижение скорости передачи данных в СПД с ТК с уменьшением численного значения ОСШ будет происходить по двум причинам:

1. Увеличивается среднее количество итераций (обозначим как  $M2$ ), затрачиваемых декодером при обработке каждого пакета (рис. 4.а). В рассматриваемом случае  $M2$  будет дискретной случайной величиной (ДСВ), принимающей значения от 1 до 8.

2. Увеличивается количество пакетов, в которых за предельное количество итераций не могут быть исправлены все ошибки (обозначим долю подобных пакетов как  $\alpha$ , рис. 4.б). Подобные пакеты исключаются из рассмотрения.

Следовательно, требуется определить величину, которая характеризовала бы вычислительные затраты СПД с ТК, учитывая оба процесса.

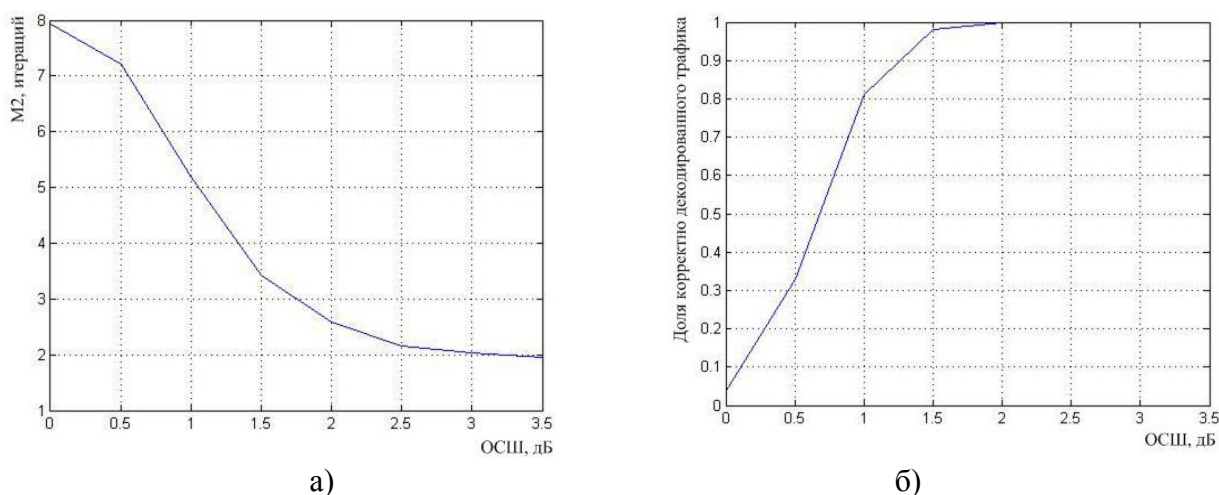


Рис. 4. Снижение эффективности СПД с ТК при снижении ОСШ: а) – среднее количество итераций при обработке пакета (математическое ожидание величины  $M2$ ), б) – доля корректно декодированного трафика ( $\alpha$ )

Обобщенный критерий затрат (обозначим как  $M1$ ) будет прямо пропорционален среднему количеству итераций  $M1$  и обратно пропорционален доле корректно декодированного трафика  $\alpha$ .

$M1$  также как и  $M2$  будет представлять собой дискретную случайную величину и измеряться в тех же единицах (итерациях на пакет). Экспериментально ДСВ  $M1$  может быть получена следующим образом. Необходимо осуществлять подсчет количества выполненных итераций до момента, пока не будет принято решение о том, что пакет ТК декодирован удовлетворительно. Если некоторый пакет ТК был успешно декодирован, то полученное количество итераций заносится в искомую выборку, а счетчик количества итераций обнуляется. Если же за предельное количество итераций пакет не был корректно декодирован, то счетчик не обнуляется и продолжает инкрементироваться при обработке следующего пакета ТК. Имитационное моделирование работы СПД с ТК подтверждает, что математическое ожидание ДСВ  $M1$ , полученной вышеописанным образом, аналитически выражается через математическое ожидание ДСВ  $M2$ :

$$M(M1) = M(M2) / \alpha, \quad (1)$$

что справедливо для любых численных значений ОСШ.

Математическое ожидание ДСВ  $M1$  является обобщенным критерием оценивания и используется для сравнительного оценивания эффективности различных правил остановки. Т.к. физическим смыслом значения  $M1$  является количество итераций, прошедшее до момента получения удовлетворительного пакета, то меньшие значения величины  $M1$  соответствуют более эффективному режиму работы СПД.

Зависимость математического ожидания величины  $M1$  от ОСШ показана на рис. 5. Резкое возрастание функции (1) при снижении ОСШ обусловлено процессами, показанными на рис. 4.

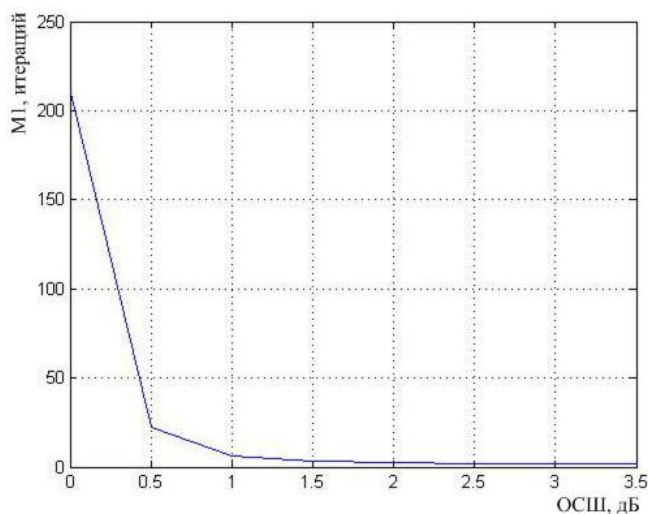


Рис. 5. Поведение обобщенного критерия оценивания скорости при снижении ОСШ

Можно видеть, что примерно при снижении ОСШ ниже 0,5 дБ величина  $M1$  начинает стремительно возрастать, что в конечном итоге приведет к недопустимым задержкам при передаче и декодировании информации. Анализируя зависимость  $M1$  от ОСШ и зная усредненное максимальное количество итераций, выделенное на обработку одного пакета (обозначим как  $z$ ), можно сделать вывод об области применения проектируемой СПД (значении ОСШ ниже которого передача информации не будет удовлетворительной в виду чрезмерных затрат на декодирование).

С учетом введенных обозначений задача функционирования СПД с ТК, определенная выше, может быть формально определена как:

$$\begin{cases} M(M1) \rightarrow \min \\ M(M1) < z \\ P_o < P_o^* \end{cases} . \quad (2)$$

### Адаптация количества итераций, выполняемых декодером ТК

Применительно к СПД с ТК термин адаптация может использоваться в узком смысле для указания того, что обработка пакета ТК может осуществляться за различное число итераций (как это делается, например, в работах [8] и [9]). В этом случае адаптация осуществляется не к изменившимся условиям всего сеанса передачи, а к индивидуальному набору искажений, содержащихся в принятом пакете ТК.

Для получения СПД с ТК подобного вида используется специальное правило остановки, представляющее собой предикат. Аргументами этого предиката являются выходная информация, генерируемая компонентными декодерами ТК ( $D1$  и  $D2$  на рис. 3). По окончании каждой итерации декодирования ТК предикат определяет, следует продолжать или прекратить обработку пакета ТК. Если за предельное количество итераций декодер не может признать пакет удовлетворительным, то он отсеивается. Обзор существующих правил остановки был проведен в [10]. В этой же работе было продемонстрировано, что СПД с различными правилами остановки при прочих равных параметрах обладают различными показателями достоверности и вычислительных затрат.

Одним из наиболее простых и наиболее производительных правил остановки является так называемое  $h1$ -правило остановки [11], сравнивающее упорядоченные множества решений  $\{L_{1,i}\}$  и  $\{L_{2,i}\}$  (см. рис. 2) принятых относительно информационных бит пакета ТК на первой и второй полу итерациях. Если элементы этих множеств (вещественные числа) совпадают с точностью до знака, то декодирование пакета ТК считается завершенным удовлетворительно. Это правило остановки используется в дальнейшем в качестве базового.

Суть предлагаемого метода построения адаптивной СПД с ТК заключается в модификации существующего (базового) правила остановки, за счет которой из одного правила остановки может быть получено множество правил. При этом каждое из правил, образующих это множество, обладает такими характеристиками достоверности и вычислительных затрат, которые позволят эффективно применять их при различных численных значениях ОСШ в канале.

### Принятие решения относительно значений информационных бит пакета ТК

Рассмотрим, как декодер ТК принимает решение относительно значения переданных информационных бит. Принятие решения осуществляется каждым компонентным декодером ( $D1$  и  $D2$  на рис. 3) в зависимости от значения логарифма отношений функций правдоподобия (ЛОФП):

$$L_i = \ln \frac{P_1(i)}{P_0(i)}, \quad (3)$$

где  $P_1(i)$  – вероятность того, что  $i$ -й информационный бит примет единичное значение,  $P_0(i)$  – вероятность того, что  $i$ -й информационный бит примет нулевое значение.

Признаком завершения процесса декодирования является то, что величина  $L_i$  по модулю будет монотонно возрастать для всех информационных символов пакета ТК (всех  $i$  от 0 до  $N$ ). Медленное возрастание данной величины (по модулю она остается сопоставима с канальными отсчетами), а также чередование возрастания и убывания является признаком того, что в пакете ТК относительно ряда информационных символов не может быть принято достоверное решение (вероятности нулевого и единичного значений в (3) будут соизмеримы). В этом случае при малом количестве неисправленных символов для некоторых бит будут характерны низкие по модулю значения величины  $L$ .

При декодировании пакета ТК ставится требование о том, что все информационные биты пакета ТК должны быть декодированы достоверно. Таким образом, имеет смысл анализировать наименее надежное (наиболее низкое) значение ЛОФП генерируемое вторым компонентным декодером ТК.

Рассмотрим свойства, которыми обладает величина  $\min(|L_{i,2}|)$ . Она представляет собой непрерывную случайную величину, принимающую неотрицательные значения. Во время серии из 10 000 испытаний, когда заведомо известно, корректно ли был декодирован пакет ТК, осуществлялось формирование двух выборок величин  $\min(|L_{i,2}|)$ :

1. Для корректно декодированных пакетов.
2. Для пакетов, в которых не исправлены все ошибки.

Частота появления различных значений этой случайной величины для двух оговоренных случаев показана на рис. 6.

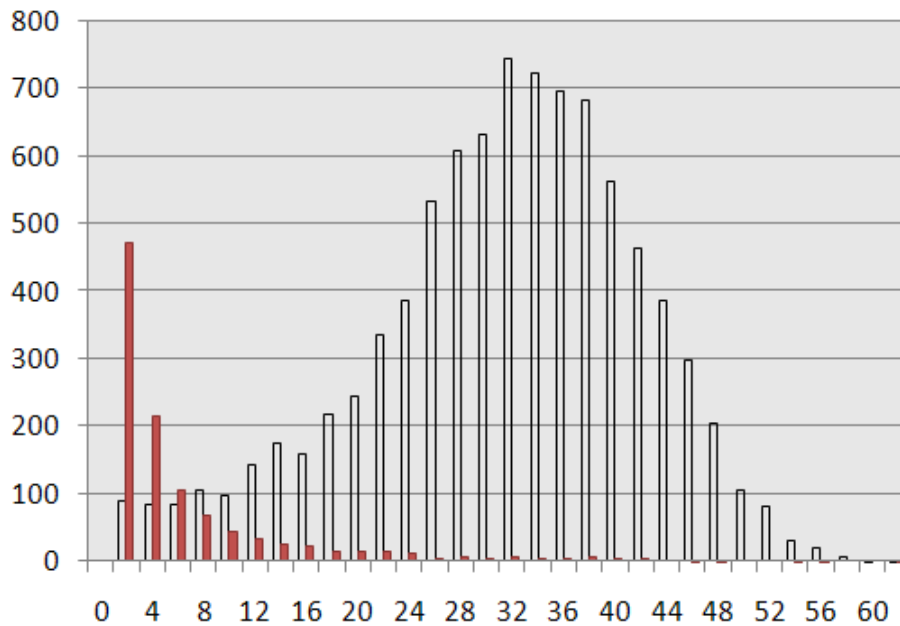


Рис. 6. Гистограмма распределения анализируемой величины в интервалах значений для корректно декодированных пакетов (без заливки) и для пакетов, содержащих ошибки (с заливкой)

Для случая, изображенного на рис. 6 ОСШ составляло 1 дБ. При увеличении ОСШ гистограмма для пакетов, содержащих ошибки, также примет колоколообразную форму, причем ее максимум будет смещаться вправо. Таким образом, величина  $\min(|L_{i,2}|)$  может использоваться для оценки качества декодирования пакета ТК только при малых ОСШ в канале. Численное значение ОСШ, при котором при помощи величины  $\min(|L_{i,2}|)$  уже невозможно отличить пакет с ошибками от корректно декодированного, определить невозможно. Даже при ОСШ в 1 дБ (случай на рис. 6) возможна ситуация, когда значения величины  $\min(|L_{i,2}|)$  будут аналогичны как для корректно декодированного пакета, так и для содержащего ошибки. В связи с этим уместно говорить только о некотором пороговом значении  $\theta$ , превышение которого позволит с некоторой достоверностью считать пакет ТК корректно декодированным. Используя различные значения порогового параметра  $\theta$ , становится возможно получить множество правил проверки, регистрирующих декодированные пакеты без ошибок с различной степенью достоверности. Это свойство используется в дальнейшем при проектировании адаптивной СПД с ТК.

### Модификация существующих правил останковки

В [11] неравенство  $\min(|L_{i,2}|) > \theta$  предлагается использовать в качестве самостоятельного правила останковки декодера ТК. Недостатком этого метода является необходимость априорного поиска такого значения параметра  $\theta$  при котором будут выполняться условия, налагаемые на характеристики скорости и достоверности, а т.к. это значение будет зависеть от ОСШ в канале, то до начала сеанса следует определить множество значений  $\{\theta_i\}$  для всех возможных значений ОСШ. Вторым недостатком является невысокая достоверность подобного метода принятия решений по сравнению с более простыми методами классификации, не требующих дополнительного параметра (значительно хуже, чем  $h1$ -метод).



Пусть  $h1(L_{i,1}, L_{i,2})$  – предикат, применяющий  $h1$ -метод остановки декодера к декодированному пакету ТК. Этот предикат соответствует базовому, немодифицированному методу остановки. Модифицированное правило остановки также является предикатом, представляющим собой конъюнкцию двух условий:

$$Y = (h1(L_{i,1}, L_{i,2})=1) \vee (\min(L_{i,2}) > \theta). \quad (4)$$

Введение дополнительного условия, связанного логической функцией «И» с известным правилом остановки, позволит ужесточить требования, согласно которым декодирование пакета ТК признается удовлетворительным. Случай при  $\theta=0$  соответствует использованию базового метода остановки декодера ТК.

Предложенный метод модификации существующих правил остановки позволяет получать из базового жесткого правила остановки семейство правил, отличающихся различными значениями порогового параметра  $\theta$ .

Получение семейства правил остановки, каждое из которых наиболее адекватно различным значениям ОСШ в канале, позволит проектировать СПД с ТК, осуществляющую как адаптацию в узком смысле (с переменным количеством итераций), так и адаптацию в широком смысле, когда происходит изменение условий, которых осуществляется сеанс передачи данных.

### Метод синтеза адаптивной СПД с ТК

Выделим типичные этапы обработки в адаптивных системах:

1. Этап сбора информации. Этому этапу будет соответствовать процесс оценивания ОСШ в канале.
2. Этап принятия решения. Информация о численном значении ОСШ позволит определить оптимальное правило остановки декодера ТК из множества доступных.
3. Этап адаптации. Производится декодирование пакета ТК с использованием выбранного правила остановки.

Прежде чем описать метод синтеза адаптивной СПД с ТК в виде последовательности действий, рассмотрим функционирование подобной СПД на примере.

Предположим, что целевая вероятность битовой ошибки в СПД ( $P_0^*$ ) задана и равна  $5 \cdot 10^{-5}$ . Априорное моделирование работы СПД с ТК с использованием различных правил остановки из семейства позволит получить два семейства графиков: достоверности декодированной информации и вычислительных затрат (рис. 7). В данном случае рассматривается работа адаптивной СПД с ТК, обладающей множеством из 8 правил остановки: оригинальный  $h1$ -метод и 7 модифицированных, полученных как это описано выше. Каждому правилу соответствует своя кривая достоверности (рис. 7, сверху) и вычислительных затрат (рис. 7, снизу). Использованные значения порогового параметра (указаны в легенде к графикам рис. 7) были найдены экспериментально.

На рис. 7 можно видеть, что энергетический выигрыш от кодирования при внедрении предлагаемого семейства правил остановки для целевой вероятности битовой ошибки  $5 \cdot 10^{-5}$  составляет 1,1 дБ. Адаптация осуществляется системой при малых ОСШ, на отрезке от 1,85 дБ до 2,95 дБ и заключается в применении наиболее адекватного правила остановки (которому соответствует наименьшее значение величины  $M1$  при соблюдении условия достоверности). Ниже 1,85 дБ функционирование системы невозможно, т.к. ни одно из правил остановки в семействе не обеспечивает выполнение требуемой достоверности. Выше 2,95 дБ для оптимизации количества итераций применяется обычный  $h1$ -метод управления декодером (модифицированный с

параметром равным нулю). Каждое из правил применяемого семейства отвечает за свой интервал значений ОСШ. На нижнем графике можно видеть, что вычислительные затраты при переходе к использованию другого правила остановки будут изменяться ступенчато. При конечном количестве правил остановки в семействе вычислительные затраты будут возрастать скачкообразно (соответствующий участок кривой выделен толстой линией).

Можно видеть, что за высокую достоверность декодированной информации приходится расплачиваться длительными задержками и наоборот – увеличение скорости обработки негативно сказывается на достоверности. Именно поэтому выбор наиболее адекватного метода декодирования будет осуществляться в зависимости от численного значения ОСШ. В любом случае, даже без применения какой-либо адаптации, декодирование ТК подразумевает, что это значение должно быть найдено априорно, например, как это предлагается в [8].

Окончательно последовательность действий при проектировании адаптивной СПД с ТК будет выглядеть следующим образом:

1. Выбрать базовое правило остановки (*h1*-правило остановки в рассмотренном примере), которое будет подвергаться модификации.

2. Априорно промоделировать работу СПД с ТК с использованием этого базового правила остановки. Это позволит найти численное значение ОСШ, ниже которого будет осуществляться адаптация (2,95 дБ для случая на рис. 7).

3. Выбрать дополнительную величину, позволяющую анализировать степень достоверности, с которой пакет ТК не содержит ошибок. В данной работе используется величина  $\min(|L_{i,1}|, |L_{i,2}|)$ . В [11] в качестве ее аналогов в известных работах также

предлагаются величины:  $\min(0.5 * (|L_{i,1}| + |L_{i,2}|))$ ,  $\min(|L_{i,1}|, |L_{i,2}|)$  и  $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |L_{i,2}|$ , которые в удовлетворительном случае также должны быть больше порогового параметра  $\theta$ .

4. Связать выбранное неравенство с базовым правилом остановки при помощи логической функции «И».

5. Увеличивая значение порогового параметра  $\theta$  определить численное значение ОСШ, ниже которого система не может функционировать из-за высоких задержек между получением корректно декодированных пакетов (в (2) не выполняется второе неравенство). При этом пороговый параметр примет некое значение  $\theta'$ .

6. Во время априорного моделирования работы СПД с ТК с различными значениями порогового параметра, взятыми из интервала 0 до  $\theta'$ , определить характеристики достоверности и вычислительных затрат СПД с ТК.

7. С учетом значения целевой достоверности ( $P_0^*$ ) определить участок применения каждого из правил остановки. Согласно поставленной задаче (2) на каждом из участков это будет правило, обеспечивающее минимальные вычислительные затраты при получении информации с требуемой достоверностью.

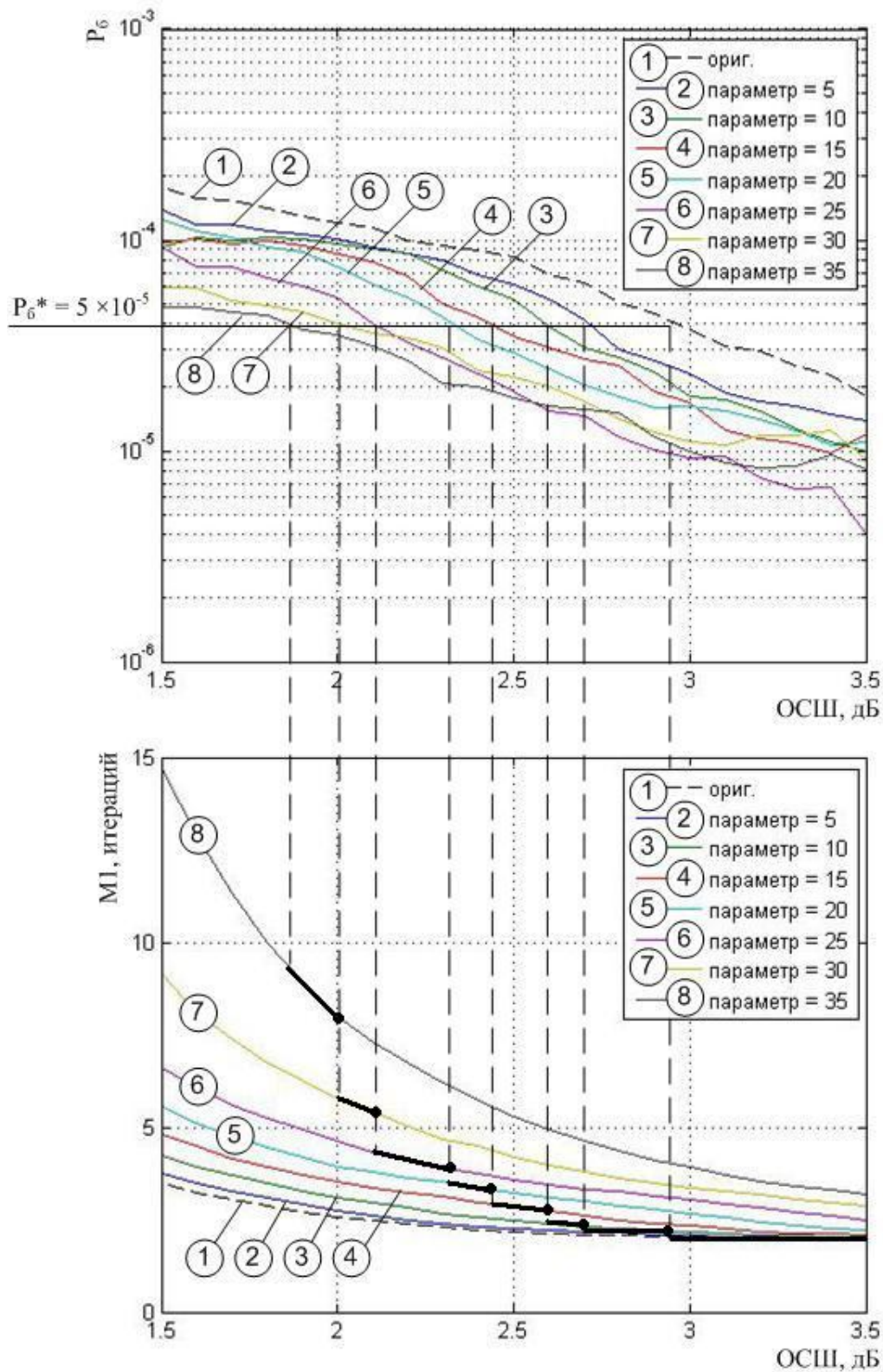


Рис. 7. Адаптивное декодирование при малых ОСШ в канале с использованием семейства правил остановки декодера (вероятности битовой ошибки и скоростная характеристика)

Предлагаемый метод получения адаптивной СПД с ТК позволяет решать сформулированную выше задачу функционирования СПД (2), а также не требует использования обратных связей для извещения о режиме декодирования.

## **Выводы.**

Предложен метод синтеза адаптивной СПД с ТК (4), ориентированный на функционирование при малых ОСШ в канале, позволяющий повышать скорость передачи данных при наличии резерва достоверности, а также выполнять обратную операцию.

Метод ориентирован на использование в СПД с прямой коррекцией ошибок, т.к. управление осуществляется только работой декодера ТК на приемной стороне, и не предусматривает использования обратных связей для извещения передатчика о произошедшей коммутации в структуре СПД.

Направлениями дальнейших исследований являются оценка эффективности от введения предложенного метода адаптации и замена множества правил остановки единым аналитическим выражением.

Оценку эффективности внедрения предложенного метода адаптации можно провести, если задаться ограничениями на то, как именно будет изменяться ОСШ в течение сеанса передачи данных: равновероятно принимать любое значение из рабочей области или как-то иначе.

На нижнем графике рис. 7 обозначено множество точек, через которые будет проходить кривая скоростной характеристики, если количество правил в семействе станет достаточно большим. Множество подобных точек может быть подвергнуто аппроксимации и заменено единой кривой, которая позволит однозначно определять пороговый параметр правила остановки  $\theta$  как функцию от ОСШ в канале. В этом случае семейство правил остановки будет заменено одним аналитическим выражением.

## **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Зайцев С.В., Ливенцев С.П., Артюх А.И. Анализ принципов построения программируемых радиостанций // Научно-виробничий журнал Адміністрації зв'язку та радіочастот України «ЗВ'ЯЗОК». – К., 2007. – №5. – С. 46-54.
2. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 296 с.
3. Yang S. 3G CDMA2000 Wireless system engineering. – London: Artech House, 2004. 280 p.
4. Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник / Под ред. Ю.Б. Зубарева. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 126 с.
5. Общая теория связи / Бураченко Д.Л., Захарин Г.Д., Клюев Н.И., Колесников А.А., Кондратьев С.Л. / Под ред. Л.М. Финка. – Л.: ВАС, 1970. – 412 с.
6. Kousa M.A., Mugaibel A.H. Puncturing effects on turbo codes // Communications, IEE Proceedings. – 2002. – Vol. 149, №3. – June. – P. 132-138
7. Мохор В.В., Ливенцев С.П., Артюх А.И. Компьютерная программа «Имитационная модель системы передачи данных с турбокодированием и интеллектуальным управлением работой турбодекодера». Свидетельство о регистрации авторского права на произведение №23892 от 06.03.2008.
8. Жученко А.С. Метод итеративного декодирования турбокодов уменьшенной сложности в телекоммуникационных системах: Дис. канд. техн. наук: 05.12.02. – Харьков, 2005. – 173 с.
9. Прокопов С.Д. Анализ и оптимизация характеристик помехоустойчивости турбокодов: Дис. канд. техн. наук: 05.12.02. – Одесса, 2002. – 187 с.
10. Мохор В.В., Ливенцев С.П., Артюх А.И. Сравнительный анализ методов классификации результатов декодирования турбокодов // Международный научно-теоретический журнал «Электронное моделирование». – К., 2008. Т.30. №3. – С. 13-27.
11. Matache A., Dolinar S., Pollara F. Stopping Rules for Turbo Decoders // TMO Progress Report 42-142. – Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. – August 15, 2000. ([ipnpr.jpl.nasa.gov/progress\\_report/42-142/142J.pdf](http://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress_report/42-142/142J.pdf)).

**Рецензент: д.т.н., проф. Мохора В.В.**

## ПІДХІД ДО ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗАДАЧІ ВИБОРУ ВАРІАНТІВ БУДІВНИЦТВА ВОЄННО-МОРСЬКИХ СПОРУД У ВАЖКОДОСТУПНИХ РАЙОНАХ

*Запропонований один з можливих підходів до формалізації задачі вибору варіантів будівництва воєнно-морських споруд в важкодоступних районах.*

*Предложенный один из возможных подходов к формализации задачи выбора вариантов строительства военно-морских сооружений в труднодоступных районах.*

*In the article one of possible approaches to formalization of a problem of a choice of variants of building of naval constructions in remote areas is offered.*

**Вступ.** Однією з найважливіших задач в розбудові військово-морських сил України є будівництво воєнно-морських споруд в важкодоступних районах, насамперед таких як, острів Зміїний, коса Тузла, мис Тарханкут, тощо.

Питання формалізації та розв'язання задач, які пов'язані насамперед з розумною людською діяльністю та необхідністю прийняття рішення деякою особою (так званою особою, що приймає рішення), і в даний час не можна вважати чітко алгоритмізованим.

Задачі вибору варіантів будівництва воєнно-морських споруд в важкодоступних районах притаманні такі особливості:

- унікальність, неповторність ситуації вибору;
- слабка формалізуємість цілей, критеріїв;
- складний для оцінки характер альтернатив;
- невизначеність наслідків рішень, що приймаються;
- велика кількість суперечливих факторів;
- наявність ОПП;
- складність співставлення методів розв'язання.

**Розв'язання задачі вибору варіантів створення воєнно-морських споруд.** Для задачі вибору варіантів будівництва воєнно-морських споруд ситуація додатково ускладнюється, адже воєнне призначення об'єктів будівництва передбачає також і можливу цілеспрямовану протидію їх функціонуванню. Тому метод розв'язання подібних задач потребує:

- гнучкого урахування формалізмів;
- охоплення питань багатомірності, неоднозначності та слабкопередбачуваності процесів; координації сенсорної та технічної інформації.

Аналіз класів задач вибору дозволяє сформулювати наступні етапи розв'язання задачі:

- структуризація задачі;
- ідентифікація цілей;
- ідентифікація ресурсів;
- ідентифікація стратегій учасників;
- структурно-параметрична ідентифікація;
- ідентифікація середовища;
- обґрунтування шкали переваг;
- генерація альтернатив, вибір найкращої альтернативи з урахуванням обмежень, оцінка ефективності альтернатив;
- застосування альтернатив та корекція планів.

Загальна задача прийняття рішень (ПР) у випадку, що розглядається, формулюється наступним чином: "Дана множина альтернатив  $X$ , відомі переваги між ними, вимагається визначити підмножину недомінуючих альтернатив  $X^* \in X$ ,

що задовольняла б цілі задачі у відповідності з заданим критерієм *C*. Проаналізуємо основні складові задачі ПР у контексті, що розглядається.

**Характеристика цілей.** Як недолік ранішнього підходу слід вважати той факт, що цілі рішення задачі ПР вважалися ясними, а тому виразними. Та виникає необхідність мати на увазі наступні обставини: не для всіх об'єктів можна завжди чітко сформулювати ціль існування, тим більш її формалізувати; складність структури і функцій об'єкта, що виконуються, породжує множинний і суперечливий характер цілей існування, тобто існує деякий простір цілей, що формується у відповідності з глобальною ціллю; нечіткість, множинність і суперечливість цілей існування у поєднанні з нечіткістю обмежень середовища призводить до неможливості реалізації схеми "ціль - критерій - його оптимізація - рішення" у рамках жорстких формальних систем; при автоматизації процесу ПР у складних проблемних середовищах має місце динаміка цілей. Тому для характеристики цілей планування вводиться відповідний кортеж

$$G = \langle F, N, B, M \rangle,$$

де *F*- ступінь формалізованості цілей існування об'єкта;

*N* - множинність цілей його існування;

*B* - ступінь чіткості цілей;

*M* - характер поведінки цілей.

**Характеристика показників (критерію).** Має місце нечіткість у значенні показників, що зумовлена передусім нечіткістю цілей планування будівництва. З системи показників вибирається головний, що проголошується критерієм. У подальшому, якщо вдається побудувати схему об'єкта (процесу), що досліджується, і формалізувати його, з допомогою відповідних побудованої схеми методів прикладної математики, виробляється обчислення значень показників.

Для показників ефективності планування будівництва характерно наявність принаймні наступних властивостей:

- нечіткість;

- множинність;

- неповнота оцінки;

- обчислюваність при певних обмеженнях, які накладаються формальним апаратом, що використовується.

**Характеристика альтернатив.** При аналізі альтернатив потрібно мати на увазі наступні обставини: багатоаспектність оцінок якості альтернатив; труднощі виявлення аспектів порівняння альтернатив; необхідність урахування різнорідних якостей; суб'єктивний характер оцінок якості альтернатив.

Таким чином, для задачі, що розглядається, характерні, принаймні, наступні риси:

- унікальність ситуації вибору;

- складний для оцінки характер альтернатив, що розглядаються;

- невизначеність наслідків рішень, що приймаються;

- велика кількість суперечливих факторів, що необхідно прийняти до уваги;

- наявність ОПР.

**Висновки.** Проведений аналіз і перераховані особливості дозволяють зробити висновок про те, що задачу, яка розглядається, можна віднести до класу унікальних задач з результатом що суб'єктивно оцінюється. Для рішення задач даного класу необхідна розробка нових методів їх рішень.

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С.В.

## НАТО ЯК МОЖЛИВА ПАРАСОЛЬКА БЕЗПЕКИ ДЛЯ УКРАЇНИ

*Розглянуті витoki НАТО.*

*Рассмотрены истоки НАТО.*

*The origins of the NATO is considered.*

**Головне питання у сфері оборони для українського народу.** Хоча основну масу українських громадян нині хвилюють не політичні та військові питання, а, перш за все, економічні - загальне зниження рівня життя, стан економіки в цілому, працевлаштування - але забезпечення воєнної безпеки держави як гарантії повноцінного мирного життя його громадян в очах українського народу завжди було серед найбільш важливих обов'язків держави.

Сьогоднішній час, на превеликий жаль, теж не дає можливості розслабитися та виключити з порядку денного оборонну проблему як другорядну.

Відсутність міжнародного замовлення на нейтральну, позаблокову Україну та обмеженість її економічних спроможностей на створення й утримання відповідного за якістю і розмірами війська, яке могло б власними силами забезпечити суверенітет й територіальну цілісність нашої країни, спонукають до логічного висновку про необхідність приєднання України до колективної системи безпеки. Варіант нейтралітету українцям нібито найближчий. Але близьку ментальності українця позаблоковість мало проголосити – її треба забезпечити значними ресурсами. Велике питання – чи вистачить у нашої держави грошей на військо, вдвічі більше ніж сьогоднішнє? Коли ні, то альтернативи колективній безпеці немає.

Поруч з Україною є дві парасольки колективних систем безпеки: євроатлантична, у вигляді членства в Організації північноатлантичного договору (НАТО) та євразійська, основою якої є приєднання до Організації Договору з колективної безпеки (ОДКБ). З ОДКБ Україна межує на Півночі та Сході, а з НАТО на Заході.

ОДКБ всього п'ять років, нічого особливого у новітній історії, поганого або доброго за нею не простежується. Менталітет народів та керівництв країн-членів ОДКБ – колишніх республік СРСР нам більш-менш зрозумілий, ми самі звідти. Євразійський варіант безпеки може розглядатися як достатньо прийнятний, але у такому випадку доведеться ставити хрест на можливості членства України у ЄС, яке, до речі, і на сьогодні виглядає не дуже реально.

З огляду на євроінтеграційні прагнення України, на те, що більшість (51% проти 29%)<sup>1</sup> громадян нашої держави підтримує вступ до Європейського Союзу (ЄС), безумовно, найбільш прийнятним є євроатлантичний варіант безпеки, у вигляді членства в Організації північноатлантичного договору.

Тобто фактично головне питання у сфері оборони для народу України формулюється дуже просто – *вступати чи ні до НАТО?* В організацію, якій вже майже 60 років, що народилася під час холодної війни як оборонний союз країн – потенційних противників Радянського Союзу, звідки вийшла сучасна держава Україна.

За даними моніторингу громадської думки Центру Разумкова у 2006 році 41,7% опитаних вважали, що Україна має зберегти позаблоковий статус, 16,2% вважали, що Україна має стати членом НАТО, 30% були за оборонний союз з Росією та країнами СНД (фактично це ОДКБ). Сьогодні 21 відсоток громадян підтримує вступ до НАТО, проти — 53%<sup>2</sup>. Водночас добре поінформовані про Альянс лише п'ять — сім відсотків українців, і половина населення хоче знати більше. Найбільш позитивно до НАТО ставляться ті, хто більше про нього знає (експерти і обізнані зі станом співробітництва з

<sup>1</sup> Дані Центру Разумкова на лютий 2008.

<sup>2</sup> Дані Центру Разумкова на лютий 2008.

Альянсом громадяни). Професіонали сфери національної безпеки і оборони вважають приєднання до Альянсу найкращою на сьогодні інвестицією в оборону України. Краще прислухатися до думки фахівців, ніж слідувати деяким політичним гаслам! Ті ж, у кого інформованість про діяльність НАТО нижча, ставляться до НАТО більш негативно, іноді вороже. Отже Україні потрібна широка інформаційна кампанія — не пропагандистська, а роз'яснювальна. Слід дати громадянам об'єктивну інформацію про ресурсне підґрунтя проблем в оборонній сфері України, про НАТО.

Разом з тим, хоча ставлення до зазначеного головного питання оборонної сфери — вступу до НАТО — питання складного, можна сказати, цивілізаційного вибору, у суспільстві остаточно не визначене, зовнішня та внутрішня політика незалежної української держави у сфері національної безпеки з самого початку її існування має євроатлантичні пріоритети. Після перших контактів на початку 90-х років минулого сторіччя Україна розпочала співробітництво з НАТО у рамках Програми Північно-Атлантичного співробітництва та Програми «Партнерство заради миру», а з 1997 року і до сьогодні співпраця розвивається більш системно на основі Хартії про особливе партнерство. З 2005 року для реалізації євроатлантичних прагнень нашої держави НАТО і Україна розпочали формат Інтенсифікованого діалогу. За логікою розвитку співпраці наступним кроком має бути приєднання до Плану дій щодо членства.

Співробітництво Збройних Сил України з Альянсом досягло вже майже рівня країн-членів організації, що дає військовим можливість покращувати стан бойової підготовки та вдосконалювати структуру управління військом. Українські військові вже давно вирішили для себе питання вступу до НАТО, психологічно вони вже майже там.

Згадаємо, що Україна вже була під парасолькою системи колективної безпеки за часів Радянського Союзу, коли вона перебувала під захистом Збройних Сил СРСР, на утримання та оснащення яких Комуністична партія тоді не шкодувала народних грошей.

Метою статті є допомога читачеві більш свідомо визначитися стосовно свого ставлення до можливого приєднання України до Альянсу.

### **Формування європейської системи безпеки та як і чому виникло НАТО?**

Основи сучасної системи колективної безпеки в Європі закладалися відразу після закінчення Другої світової війни /1/. Ейфорія зустрічі союзників на Ельбі швидко пройшла. Ідеологічні розбіжності та конкуренція прагматичних інтересів завадили співпраці у розбудові умов для мирного співіснування народів у повоєнній Європі.

Якщо дивитися на ситуацію очима західного спостерігача, то саме загроза зі Сходу зумовила намагання післявоєнних країн Західної Європи та Північної Америки до воєнно-політичного об'єднання. У період між 1945 і 1949 рр. держави Західної Європи, перед якими постала гостра проблема повоєнної відбудови економіки, та їхні союзники в Північній Америці з тривогою стежили за експансіоністською політикою і методами уряду СРСР.

Виконавши взяті під час війни зобов'язання щодо скорочення оборонних структур і чисельності збройних сил, уряди західних держав виявляли дедалі більшу занепокоєність, адже стало зрозуміло, що керівництво СРСР має намір майже повністю зберегти свої збройні сили.

Більше того, декларовані КПРС ідеологія та цілі не лишали жодних сумнівів у тому, що всі заклики до поважання статуту ООН і міжнародних угод, укладених наприкінці війни, не зможуть гарантувати збереження національного суверенітету й незалежності держав з демократичним устроєм, які опинилися перед загрозою зовнішньої агресії або внутрішньої підривної діяльності. Ці побоювання зросли після того, як багатьом країнам Центральної та Східної Європи були нав'язані недемократичні форми правління, і в них почали жорстоко придушуватися будь-які вияви опозиції та зневажатись елементарні права людини, громадянські права й свободи.



Реакцією Заходу було підписання в березні 1948 р. п'ятьма державами – Бельгією, Люксембургом, Нідерландами, Великою Британією і Францією – *Брюссельського договору* терміном на 50 років, згідно з яким створювалася спільна система оборони та зміцнювалися взаємні контакти з метою протидії ідеологічній, політичній та військовій загрози їхній безпеці. У 1954р. *Паризький договір* модифікував Брюссельську угоду, створивши *Західноєвропейський Союз* (ЗЄС) як нову міжнародну організацію з приєднанням до неї ФРН та Італії. Кількість учасників ЗЄС збільшувалась, і ускладнювався його формат. З-поміж 28 учасників на 1999 р. лише 10 країн, які підписали модифіковану Брюссельську угоду, мали повні права на прийняття рішень у Союзі. Інші 18 країн були лише асоційованими його партнерами або спостерігачами.

Однак європейському оборонному союзу бракувало вельми важливої компоненти стримування зовнішньої агресії – ядерної зброї. Тому за ініціативою Великої Британії відбулися переговори зі Сполученими Штатами Америки та Канадою про створення єдиного Північноатлантичного Альянсу, заснованого на гарантіях безпеки та взаємних зобов'язаннях між Європою й Північною Америкою. Держави-члени Брюссельського договору запросили Данію, Ісландію, Італію, Норвегію й Португалію взяти участь у цьому процесі.

Наслідком переговорів стало підписання у квітні 1949 р. *Вашингтонського договору*, який започаткував спільну систему безпеки – *Організацію Північно-Атлантичного договору* (*North Atlantic Treaty Organisation*), що ґрунтувалася на партнерстві цих дванадцяти країн. В англomовній літературі цю організацію скорочено називають *NATO*, а в українських та російських текстах використовують абревіатуру **НАТО**, назву **Північноатлантичний Альянс** або просто **Альянс**. У ст.5 Вашингтонського договору сказано, що збройний напад на одну або кілька сторін Договору вважається нападом на всіх. Кожна сторона має надати допомогу і здійснити такі дії, які вважатимуться потрібними, у тому числі й застосування збройної сили.

У 1952 р. до договору приєдналися Греція й Туреччина. ФРН вступила до Північноатлантичного Альянсу у 1955 р.

Після створення НАТО система колективної самооборони Брюссельського договору (надалі ЗЄС) була певним чином “поглинута” Альянсом і вже не відігравала головної ролі в безпеці країн Західної Європи. Функції ЗЄС трансформувалися. З розширенням структури консультацій щодо політичних питань і питань безпеки й оборони у так званій “*Петерсберзькій декларації*” були сформульовані нові завдання ЗЄС: гуманітарні та рятувні операції, операції з підтримання миру, участь у врегулюванні криз, у тому числі й у миротворчих операціях.

У грудні 1992 р. було підписано Договір про Європейський Союз (*Маастрихтський договір*). У процесі створення Європейського Союзу керівники його країн-членів погодилися розвивати спільну зовнішню політику та політику в галузі безпеки. Європейський Союз взяв на себе повноваження ЗЄС у частині, що стосується Петерсберзьких завдань.

Було визначено, що в 2003 р. держави – члени ЄС мають бути спроможні розгорнути протягом 60 днів та утримувати не менш як один рік збройні сили на рівні корпусу (50–60 тис. особового складу) для виконання в повному обсязі Петерсберзьких завдань. З липня 2001 р. ЗЄС фактично припинив свою роботу у зв'язку з тим, що ЄС взяв на себе його функції<sup>3</sup>.

Створення НАТО і ЗЄС можна пов'язати певною мірою з активністю й успіхами західних країн у повоєнній відбудові економіки. В основі цього процесу перебував План Маршалла (квітень 1948 – грудень 1951 рр.), який економічно пов'язав США з західноєвропейськими країнами.

---

<sup>3</sup> До 2002 р. працюють лише Інститут проблем безпеки в Парижі і Супутниковий центр у Торрехоні (Іспанія). Подовжено також існування Групи озброєнь.

У 1954 СРСР виступив з пропозицією приєднатися до НАТО, але США та Великобританія відхилили її. Після того, як було офіційно проголошено зі східного боку, у зв'язку з загрозою, яку створювало народження ЗЄС, ремілітаризація ФРН і входження її в НАТО, у травні 1955 р. відбулося підписання Варшавського договору між Албанією, Болгарією, Польщею, НДР, СРСР, Румунією, Угорщиною та Чехословаччиною. Наслідком підписання цього договору було створення Організації Варшавського Договору (ОВД)<sup>4</sup>.

У Варшавському Договорі була також стаття на кшталт статті 5 Вашингтонської угоди про створення НАТО, тобто ОВД мала бути організацією оборонного характеру. Хоча під час подій 1956 р. в Угорщині та 1968 р. в Чехословаччині військова сила ОВД була застосована не заради оборони від зовнішнього агресора, а проти внутрішньої опозиції.

Отже, через якихось десять років після закінчення Другої світової війни Європа була оперезана двома різнополярними поясами безпеки. Ця різнополярність зумовлювала протистояння, адже іншого змісту існування різнополярних систем держав у той час, як і нині, не було.

Якщо простежити шлях розвитку структури і функцій НАТО, то помітимо і кількісне збільшення Альянсу, і ускладнення та поглиблення його функцій.

Іспанія стала його членом у 1982 р. У 1999 р. до НАТО прийнято ще три країни Центральної Європи – Польщу, Чехію та Угорщину. У 2004 році до НАТО вступили Болгарія, Естонія, Латвія, Литва, Румунія, Словаччина, Словенія. У 2008 році до Альянсу приєдналися Албанія і Хорватія. Внаслідок цього Альянс сьогодні нараховує 28 країн-членів. Ще одна країна-кандидат сподівається найближчим часом приєднатися до Альянсу – це Македонія, як тільки буде узгоджена з Грецією суперечка щодо назви країни. Має намір повернутися до військової структури НАТО Франція, яка вийшла з неї у 1966 році. «Франція знов увійде до військової структури НАТО, але залишить у своєму розпорядженні національну армію і ядерну зброю» -, заявив президент Ніколя Саркозі, презентуючи у червні 2008 нову доктрину безпеки країни — "Білу книгу". "Франція — незалежний союзник. ... Франція за будь-яких обставин збереже право власного рішення відносно участі своїх військ у військовій операції"<sup>5</sup>.

До початкової функції суто колективної оборони Альянсу додалися функції підтримання миру та врегулювання криз, що було нормативно оформлено у новій Стратегічній концепції, схваленій у 1999 р. [2].

Період від розпаду ОВД та СРСР до 11 вересня 2001 р., коли сталися жахливі події в Нью-Йорку та Вашингтоні, можна охарактеризувати періодом пошуків ролі Альянсу в однополярному світі під час становлення й поглиблення європейської інтеграції та подальшого розвитку власної (без участі північноамериканських держав) європейської системи безпеки.

1991–1994 рр. були для Північноатлантичного Альянсу складними, оскільки постала загроза його подальшому існуванню: зі зникненням СРСР з політичної арени зникли й чинники для продовження існування того НАТО, яким воно було задумане в 1949 р. В Північній Америці і Європі розгорнулися бурхливі дебати щодо подальшої долі Альянсу. Обговорювалося навіть питання про те, щоб Сполучені Штати пішли з Європи. Але такий крок був би небажаним для США, бо, найімовірніше, вони в подальшому не мали б перспективи нового повернення до Європи, яка міцнішала. Безумовно, США, діючи через НАТО, активно впливають на процеси розбудови системи європейської безпеки і є її вагомим елементом. Цьому сприяла і досі сприяє позиція

---

<sup>4</sup> Албанія, починаючи з 1962 р., в роботі ОВД участі не брала, а в 1968 році вона в односторонньому порядку денонсувала договір.

<sup>5</sup> Саркозі: Франція вернется в НАТО/Подробности 17 червня 2008/www.podrobnosti.ua/По матеріалам: Газета.ru

західноєвропейських країн, яка полягає в намаганні витратити на оборону якомога менше, перекладаючи цей тягар на плечі свого північноатлантичного партнера – США.

У січні 1994 р. на саміті НАТО в Брюсселі було започатковано нову форму співробітництва з країнами, що не входили до Альянсу, – Програму партнерства заради миру, висунуту в 1993 р. Президентом США. Ця ініціатива відповідала новій стратегії Альянсу, прийнятій на Римському саміті (листопад 1991 р.), головним напрямом якої була розбудова нової архітектури безпеки в Європі через взаємне доповнення ролей НАТО, ОБСЄ, ЗЄС і Ради Європи.

У 90-х роках НАТО активізує й поглиблює свою діяльність, включаючи і використання збройних сил поза межами відповідальності НАТО. У якості прикладів можна навести бойові дії в регіоні Перської затоки (січень – лютий 1991 р.), що були санкціоновані ООН, та повітряну війну проти Югославії в 1999 р., не санкціоновану Радою Безпеки ООН<sup>6</sup>.

У період після закінчення холодної війни й до сьогодні можна простежити несходження поглядів окремих країн-членів Альянсу щодо процесу подальшого розширення НАТО, його трансформації та стратегічних завдань. Протиріччя виникають між групами країн Західної Європи, нових членів Альянсу з Центральносхідної Європи і США, або ж окремі країни можуть ставати на власну позицію, що відрізняється від інших. Отже, не треба думати, що НАТО – це цілком монолітна організація. Проте вона має міцні внутрішні зв'язки, що дало змогу їй витримати такі революційні зміни в геостратегічній ситуації, як виведення радянських військ з європейських країн соціалістичного табору, падіння Берлінського муру та розпад СРСР [1].

### **Основні інститути політики і прийняття рішень НАТО<sup>7</sup>**

Рішення в НАТО приймаються на основі консенсусу після обговорення і консультацій з країнами-членами Альянсу. Рішення, прийняте на основі консенсусу, є рішенням, згоду на яке дають і яке підтримують усі країни-члени НАТО. Принцип прийняття рішень на основі консенсусу діє на усіх рівнях Альянсу, в котрому основними інститутами політики і прийняття рішень є *Північноатлантична рада, Комітет оборонного планування і Група ядерного планування*.

Рішення, ухвалені цими органами, мають однаковий статус і є узгодженою політикою країн-членів НАТО, незалежно від рівня, на якому вони прийняті. Цим вищим органам підпорядковані спеціальні комітети, які також складаються з офіційних представників країн. Така структура комітетів є базовим механізмом, який забезпечує Альянсу можливість проводити консультації та приймати рішення так, щоб кожна країна була представлена на кожному рівні та в усіх сферах діяльності НАТО.

*Північноатлантична рада* має великі політичні повноваження. Вона складається з постійних представників усіх країн-членів Альянсу, які проводять засідання принаймні щотижня. Рада також проводить засідання на вищому рівні за участю міністрів закордонних справ і міністрів оборони або глав держав та урядів, але повноваження її завжди однакові, а рішення мають однакову силу і статус незалежно від рівня, на якому проводилось засідання.

Рада є єдиним органом Альянсу, повноваження якого безпосередньо передбачені в Північноатлантичному договорі. За договором Рада сама несе відповідальність за створення підпорядкованих органів. На підтримку роботи Ради, або для відповідальної діяльності в деяких специфічних сферах, як то - оборонне планування, ядерне планування і військові справи, було створено декілька комітетів і груп планування.

---

<sup>6</sup> Відповідні резолюції Ради Безпеки ООН № 1160, 1199 і 1203 були, але Об'єднані Нації не надавали НАТО мандат на використання сили проти Югославії, як то було у 1994–1995 рр. у Боснії та Герцеговині.

<sup>7</sup> Текст даного параграфа базується на витягах з української версії NATO Handbook. Public Diplomacy Division NATO, 1110 Brussels, Belgium, p. 404, 2006.

*Комітет оборонного планування (DPC)* як правило, складається з постійних представників, але засідає на рівні міністрів оборони принаймні двічі на рік і займається більшістю оборонних справ та питань, пов'язаних з плануванням колективної оборони. Комітет оборонного планування дає вказівки військовому керівництву НАТО і в межах своєї відповідальності має ті ж самі функції, ознаки і повноваження, що і Рада, з тих питань, котрі входять у сферу її відповідальності.

*Група ядерного планування.* Міністри оборони країн-членів НАТО, які беруть участь у роботі Комітету оборонного планування НАТО, регулярно зустрічаються на засіданнях Групи ядерного планування (NPG), де вони обговорюють специфічні питання політики, пов'язаної з ядерними силами.

*Штаб-квартира НАТО* розташована в Брюсселі, Бельгія є політичною штаб-квартирою Альянсу. В ній знаходяться національні делегації країн-членів Альянсу та представництва або дипломатичні місії країн-партнерів. Підтримку діяльності цих делегацій і місій забезпечує Міжнародний секретаріат і Міжнародний військовий штаб, які також розташовані в штаб-квартирі НАТО.

На постійній основі у штаб-квартирі НАТО працює майже 4200 осіб. Близько 2100 з них є членами національних делегацій країн-членів Альянсу та персоналом національних військових представників. У Міжнародному секретаріаті (включно з агентствами та іншими установами НАТО) працює майже 1200 цивільних працівників, ще 500 є службовцями Міжнародного військового штабу, з яких до 90 осіб є цивільними. В місцях країн-партнерів НАТО працює близько 400 осіб.

*Національні делегації* країн-членів Альянсу мають статус посольства і очолюються послами ("постійними представниками"), які діє на підставі інструкцій, отриманих зі своєї столиці, і звітує перед керівництвом своєї держави.

*Генеральний секретар.* Генеральний секретар виконує три головні ролі: в першу чергу він головує в Північноатлантичній раді, Комітеті оборонного планування і Групі ядерного планування, він також є головою Ради євроатлантичного партнерства, Ради Росія-НАТО, Комісії Україна — НАТО і Групи середземноморської співпраці. По-друге, він є головним речником Альянсу і представляє його у відносинах з громадськістю від імені країн-членів НАТО, репрезентуючи їхню спільну позицію з політичних питань. По-третє, він є керівником Міжнародного секретаріату НАТО і відповідає за призначення працівників Секретаріату та контролює його діяльність.

Генеральний секретар призначається урядами країн-членів Альянсу на чотири роки. Це, як правило, державний діяч міжнародного калібру, який має досвід міністерської роботи в уряді однієї з країн-членів НАТО. Він сприяє прийняттю рішень, керує і спрямовує процес досягнення консенсусу та прийняття рішень в Альянсі.

Ця роль дозволяє йому суттєво впливати на процес прийняття рішень, дотримуючись при цьому фундаментального принципу, згідно з яким повноваження приймати рішення належать тільки урядам країн-членів Альянсу. Отже, його вплив полягає у стимулюванні і заохоченні урядів до ініціативи і, в разі необхідності, примиренні їхніх позицій в інтересах усього Альянсу.

*Міжнародний секретаріат.* Міжнародний секретаріат є дорадчим і адміністративним органом, який забезпечує роботу національних делегацій у штаб-квартирі НАТО на рівні різних комітетів. Він виконує рішення комітетів НАТО і забезпечує процес досягнення консенсусу і прийняття рішень.

*Військова організація НАТО* має наступні компоненти. Це Військовий комітет (вищий військовий орган НАТО), два Верховних головнокомандувачі та військова командна структура. Підтримку Військовому комітету надає Міжнародний військовий штаб.

Військовий комітет (MC) є головним джерелом військових порад Північноатлантичній раді, Комітету оборонного планування і Групі ядерного планування. До складу MC входять старші військові офіцери, які обіймають посади

національних військових представників (*MILREP*) в постійному складі і представляють своїх керівників оборонних штабів (*CHOD*).

У своїй повсякденній роботі військові представники репрезентують інтереси своїх держав, завжди залишаючись готовими до переговорів і обговорення з метою досягнення консенсусу. Тому військові представники мають необхідні повноваження для того, щоб Військовий комітет міг виконувати колективні завдання і вчасно приймав рішення.

Комітет несе відповідальність за надання політичному керівництву НАТО рекомендацій щодо здійснення заходів, які вважаються необхідними для колективної оборони території Альянсу та для виконання оперативних рішень, прийнятих Північноатлантичною радою. Він дає вказівки з військових питань двом Верховним головнокомандувачам НАТО, чії представники беруть участь у його засіданнях, і несе відповідальність за загальне ведення військових справ в Альянсі відповідно до повноважень, наданих йому Радою.

Комітет надає допомогу в розробці загальних стратегічних концепцій Альянсу і готує щорічну довгострокову оцінку сил і можливостей країн і регіонів, які становлять загрозу інтересам НАТО. За часів кризи, напруження або війни, або в разі військових операцій Альянсу (таких, як в Косові й Афганістані), Комітет повинен інформувати Раду або Комітет оборонного планування про військову ситуацію та її наслідки і надавати рекомендації щодо застосування військової сили і впровадження планів дій за особливих обставин і розробляти відповідні правила участі у певних діях.

Військовий комітет на рівні начальників Генеральних штабів, як правило, засідає тричі на рік. Два з таких засідань Військового комітету відбуваються у Брюсселі, а на одне по черзі запрошують країни - члени Альянсу.

У рамках Ради євроатлантичного партнерства (РЄАП) і Партнерства заради миру (ПЗМ) Військовий комітет проводить засідання за участю країн РЄАП/ПЗМ на рівні національних військових представників (щомісяця) і керівників оборонних штабів (двічі на рік) для обговорення питань військової співпраці. Військовий комітет також проводить засідання в інших форматах у рамках Ради Росія — НАТО і Комісії Україна — НАТО.

З січня 2001 року Військовий комітет НАТО регулярно зустрічається з Військовим комітетом Європейського Союзу для обговорення спільних питань безпеки, оборони і врегулювання криз.

*Голова військового комітету.* Голова Військового комітету обирається керівниками оборонних штабів країн-членів на трирічний термін. Він має міжнародний статус і отримує свої повноваження від Військового комітету, перед яким відповідає за виконання своїх обов'язків. Він керує поточною діяльністю Комітету і від його імені дає необхідні розпорядження і керівні вказівки директору Міжнародного військового штабу.

У центрі командної структури НАТО знаходяться два стратегічних командування. Одне з них зосереджено на плануванні і виконанні усіх операцій, ухвалених Північноатлантичною радою. Це стратегічне командування, яке називається *Оперативним командуванням об'єднаних збройних сил НАТО (АСО)*, що розташоване в місті Монс, Бельгія, під началом *Верховного головнокомандувача Об'єднаних збройних сил НАТО в Європі (SACEUR)*. Призначений на цю посаду офіцер несе подвійну відповідальність - він також керує *Європейським командуванням США*. Інше командування займається трансформацією військових можливостей і засобів НАТО з метою пристосування їх до нових вимог і забезпечення збройних сил, наданих в розпорядження Альянсу, здатністю виконувати усі військові завдання, які постануть перед ними. Це друге командування стратегічного рівня, яке відоме як *Командування об'єднаних збройних сил НАТО з питань трансформації (АСТ)*, розташоване в США. Ним керує *Верховний головнокомандувач об'єднаних збройних сил НАТО з питань трансформації (SACT)*, який водночас є *Командувачем об'єднаних збройних сил США*

(US JFC). Це допомагає підтримувати міцний трансатлантичний зв'язок і водночас забезпечує силам НАТО доступ до процесу трансформації національних збройних сил США.

### **Приєднання до Альянсу: доцільність, перешкоди, ілюзії та реальність.**

Сьогодні держава в особі Президента, Верховної Ради, Кабінету міністрів та суспільство, яке намагається репрезентувати свою точку зору через політичні партії та громадські організації, дійшли згоди, що рішення стосовно вибору одного з двох принципів побудови системи забезпечення воєнної безпеки України, а саме: збереження позаблокового статусу держави або приєднання до однієї з колективних систем безпеки, серед яких найбільш прийнятним, виходячи з євроінтеграційних прагнень України, є євроатлантичний варіант у вигляді членства в Організації північноатлантичного договору (НАТО) - може бути прийняте лише за результатами всеукраїнського референдуму з цього питання.

Спробуємо уявити процес прийняття рішення не заангажованим на кшталт «вічного братства з Росією понад усе» чи думки «аби тільки не з москалями», а просто прагматичним, політично неупередженим громадянином України, який виходить з ресурсних, фінансово-економічних позицій і має здоровий глузд. Яким чином він може розмірковувати стосовно того, чи державі обрати нейтралітет, чи приєднатися до системи колективної безпеки, - що він може думати про ці речі?

*Про позаблоковість.* Вона близька його ментальності, вона ототожнюється в його свідомості з незалежністю. Але він розуміє, позаблоковість повинна бути підкріплена зацікавленістю у цьому іншими державами, як, наприклад, у випадку зі Швейцарією, а також значними військовими активами. Але сьогодні ми не бачимо пропозицій у світі зробити Україну нейтральною і в нас є великі сумніви, чи вистачить у нашої держави грошей на масло для народу та на гармати для війська одночасно? Адже керівники оборонного відомства постійно проголошують, що на ті кошти, котрі дає їм держава, побудувати сучасне професійне військо неможливо. Отже, від позаблоковості, мабуть, доведеться відмовитися.

*Про вступ до НАТО.* Будь-кому зрозуміло, що, коли грошей не вистачає на самостійне забезпечення оборони, то альтернативи колективній безпеці немає. Тут заперечень в розумної людини не буде. Але чому тоді саме до НАТО, а не, наприклад, до ОДКБ, яке теж поруч? Тут все ясно, якщо зважати на євроінтеграційні прагнення України, на те, що більшість (51% проти 29%) громадян нашої держави підтримує вступ до Європейського Союзу (ЄС). І всі чудово розуміють, що приєднатися до Євросоюзу, обминаючи НАТО, сьогодні практично неможливе. Членство України в НАТО для Європи виглядає як її (України) гарантована участь у забезпеченні безпеки і оборони Європи. Членство України в НАТО – необхідна, хоча й недостатня умова вступу України в ЄС, що б там не казали про необов'язковість цього європейські державні діячі та політики офіційно. Ми ж не Швеція або Фінляндія, не маємо того рівня розвитку і надійності. Тому, коли хочемо бути в Євросоюзі, треба вступати до Альянсу.

*Про перешкоди на шляху в Альянс.* Головна перешкода - сьогодні лише 21 % громадян підтримує вступ до НАТО, а 53% - проти. Тобто, коли провести референдум з цього питання прямо зараз, то результат однозначно буде негативний. За таких умов навіть не вступ, а тільки приєднання до ПДЧ НАТО може призвести до масових акцій протесту. Але ж ніхто не каже, що референдум обов'язково треба провести завтра. Час в Україні є. Адже за найоптимістичнішими прогнозами до моменту, коли ЄС теоретично може відчинити двері для України, пройде не менше 12-15 років. Тобто процес вступу до НАТО можна спокійно затягнути на 8-10 років. Широкомасштабна збройна агресія проти країни з метою окупації усєї або великої частки її території сьогодні малоімовірна і тому немає гострої потреби у парасольці безпеки додатково до власних збройних сил. А від внутрішніх протиріч, що можуть призвести до розколу країни,

НАТО не позбавить, навпаки, тема членства в Альянсі сьогодні тільки загострює цю проблему.

До того ж виникає питання, а чи дійсно на сьогодні у сфері національної безпеки найболючішою є проблема вступу до НАТО? Прагматична людина все ж таки може прийти до висновку, що ймовірність збройного нападу з півночі, яким лякають деякі політики, що воліли б вже завтра бачити Україну в НАТО, настільки мала, що ця загроза може розглядатися скоріше як теоретична, як така, що навряд чи у найближчі роки виросте до скільки-небудь помітних значень. Тобто тут сьогодні не існує небезпеки для життя людей. Однак через чинники внутрішнього походження населення України невпинно скорочується і прогнози демографів залишають нас у кількості всього 30 млн. на 2050 рік. Серед таких чинників отруєння сфальсифікованим алкоголем, епідемія туберкульозу, навала СНІДу, свавілля на автошляхах, виробничий травматизм, виїзд громадян на заробітки за кордон та неповернення багатьох з них, виїзд молодих жінок за кордон для роботи у секс-індустрії та повернення їх хворими й нездатними до репродукції, суттєве зниження віку хронічних хвороб тощо. Фактично це війна, що за сімнадцять років забрала життя вже 6 млн. громадян України.

Скоріше за все за декілька років громадська думка стосовно приєднання до Альянсу зміниться на краще, бо цьому будуть сприяти два серйозні чинники. Перший – це природне зменшення чисельності тих, хто сьогодні найбільш завзято виступає проти НАТО, адже в цій категорії люди похилого віку. Другий – це подальша реалізація інформаційної політики держави з питань євроатлантичної інтеграції України, яка повинна приносити певні плоди. Тому немає потреби сьогодні форсувати процес приєднання до Альянсу. Краще почекати до того часу, коли переважна кількість громадян буде підтримувати намір держави вступити до НАТО.

*Про ілюзії та реальність.* Приєднання до Альянсу не підніме нашу економіку, не навчить нас краще працювати, не припинить нескінченну боротьбу за владу в країні, не забезпечить політичну стабільність, не змусить поважати закони, не знищить корупцію. Взяти нас на утримання НАТО не в змозі. Вступ до Альянсу лише створить поле для позитивних можливостей, використати які має сама Україна.

Тому доведеться скоріше ставати на ноги самотужки. Треба власноруч запроваджувати в себе стандарти демократичного світу. Треба спокійно будувати цивілізовану демократичну державу, з розумом господарювати, шукати та запроваджувати енергозберігаючі технології, піднімати сільське господарство до рівня пристойних прибутків від експорту продукції, адже збіжжя може стати для України ледь не таким же великим джерелом надходження валюти, як нафта для Росії. Продовжувати якнайширше співпрацювати з НАТО, з ЄС, з Росією, з усім світом, коли у цьому є національний інтерес. Не треба сьогодні, принижуючи себе, набридати НАТО і ЄС проханнями впустити, треба розв'язувати свої внутрішні проблеми. От коли Україна розквітне, тоді Європа сама прийде до нас і запросить увійти через парадні двері.

Отже, прагматична людина підтримує курс до Євросоюзу через НАТО та усвідомлює, що умова вступу до Альянсу є лише необхідною для цього, а от достатньою умовою є важка й копітка праця з перетворення України на успішну європейську державу. Підготовка до набуття членства в НАТО потребує досягнення відповідних показників у всіх сферах суспільного життя, при цьому оборонна сфера є тільки складовою такого процесу. Україна зможе реально претендувати на членство в НАТО та ЄС лише тоді, коли досягне відповідних стандартів розвитку суспільства, забезпечить дотримання прав людини, підтвердить відданість демократичним цінностям.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Вагапов В.Б., Лисицин Е.М. Європейська безпека: інтеграційний аспект // Наука і оборона. – 2002.- № 2. – С.10 – 14.
2. [Стратегічна концепція Альянсу](#) // Наука і оборона. – 1999.- № 3– На вкладці. – 8 с. Без рецензії.

## МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДІАГНОСТИКИ НЕЧІТКИМИ БАЗАМИ ЗНАНЬ

*У статті запропоновано метод моделювання причинно-наслідкових зв'язків об'єктів діагностики, який дозволяє враховувати лінгвістичну невизначеність та неточність вхідних даних.*

*В статье предложен метод моделирования причинно-следственных связей объектов диагностики, который позволяет учитывать лингвистическую неопределенность и неточность входных данных.*

*In the article the method of modelling of relationships of cause and effect of objects of diagnostics which allows to consider linguistic uncertainty and discrepancy of entrance data is offered.*

**Вступ та постановка завдання.** Моделювання об'єкта діагностики полягає в побудові оператора зв'язку між причинами та наслідками за експериментальними даними, які є в наявності. Сучасна теорія моделювання [1, 2] динамічних об'єктів рівняннями (диференціальними, різницевиими і т.п.), погано пристосована для використання інформації про об'єкти діагностики у вигляді експертних природно-мовних висловлювань типу: ЯКЩО „причини” ТО „наслідки”.

Такі чисто нелінійні залежності представляють собою концентрацію опиту спеціалістів та мають значну роль в процесі рішення задач технічної діагностики [3, 4]. Формальним апаратом для обробки експертної інформації на природній мові є теорія нечітких множин [5]. Згідно цієї теорії модель об'єкта задається у вигляді нечіткої бази знань, яка представляє собою сукупність правил ЯКЩО-ТО, які зв'язують лінгвістичні оцінки вхідних (причини) та вихідних (наслідки) змінних.

У статті пропонується метод моделювання причинно-наслідкових зв'язків нечіткими базами знань, який дозволить враховувати лінгвістичну невизначеність та неточність вхідних даних. Моделювання і мінімізація наслідків невизначеності здійснюється шляхом використання функції належності інтервального типу [6].

**Основні результати моделювання.** Розглянемо об'єкт діагностики вигляду

$$Y = F_R(X), \quad (1)$$

для якого відомо:

- множина вхідних змінних  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ;
- діапазони зміни вхідних змінних  $x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;
- множина вихідних змінних  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ ;
- діапазони зміни вихідних змінних  $y_j \in [\underline{y}_j, \overline{y}_j]$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

Визначимо причину  $d_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , як деякий нечіткий терм, що описує вхідну змінну  $x_i$ . Визначимо наслідок  $s_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ , як деякий нечіткий терм, що описує вихідну змінну  $y_j$ .

Необхідно побудувати модель об'єкта діагностики (1) на базі нечітких правил ЯКЩО „причини” ТО „наслідки”, яка дозволить враховувати лінгвістичну невизначеність та неточність вхідних даних.

В умовах невизначеності для об'єкта (1) зв'язок „причини ( $d_i$ ) – наслідки ( $s_j$ )” можна представити у вигляді експертної матриці знань (див. таблицю).



### Експертна матриця знань

ЯКЩО „причини”				ТО „наслідки”						
$x_1$	$x_2$	...	$x_n$	$y_1$	Вага	$y_2$	Вага	...	$y_m$	Вага
$\tilde{d}_{11}$	$\tilde{d}_{20}$		$\tilde{d}_{n0}$	$\tilde{s}_1$	$[\underline{w}_{11}, \bar{w}_{11}]$	$\tilde{s}_2$	$[\underline{w}_{12}, \bar{w}_{12}]$	...	$\tilde{s}_m$	$[\underline{w}_{1m}, \bar{w}_{1m}]$
$\tilde{d}_{10}$	$\tilde{d}_{21}$		$\tilde{d}_{n0}$		$[\underline{w}_{21}, \bar{w}_{21}]$		$[\underline{w}_{22}, \bar{w}_{22}]$			$[\underline{w}_{2m}, \bar{w}_{2m}]$
		...			...		...			...
$\tilde{d}_{10}$	$\tilde{d}_{20}$		$\tilde{d}_{n1}$		$[\underline{w}_{n1}, \bar{w}_{n1}]$		$[\underline{w}_{n2}, \bar{w}_{n2}]$			$[\underline{w}_{nm}, \bar{w}_{nm}]$

Цій матриці відповідає нечітка база знань:

$$\begin{aligned}
 \text{ЯКЩО } & x_1 = \tilde{d}_{11} \text{ I } x_2 = \tilde{d}_{20} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = \tilde{d}_{n0} \quad \text{з вагою } w_{1j}; \\
 \text{АБО } & x_1 = \tilde{d}_{10} \text{ I } x_2 = \tilde{d}_{21} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = \tilde{d}_{n0} \quad \text{з вагою } w_{2j}; \\
 & \dots \\
 \text{АБО } & x_1 = \tilde{d}_{10} \text{ I } x_2 = \tilde{d}_{20} \text{ I } \dots \text{ I } x_n = \tilde{d}_{n1} \quad \text{з вагою } w_{nj}, \\
 \text{ТО } & y_j = \tilde{s}_j \quad \text{для всіх } j = \overline{1, m}, \quad (2)
 \end{aligned}$$

де  $\tilde{d}_{i1}$  ( $\tilde{d}_{i0}$ ) – нечіткий терм, що відповідає випадку, коли міра значимості причини  $d_i$  дорівнює 1 (0);

$w_{ij} = [\underline{w}_{ij}, \bar{w}_{ij}] \subset [0, 1]$  – вага, що характеризує суб'єктивну міру впевненості експерта в частині висловлювання з номером  $i$ .

Нечіткій базі знань (2) відповідають нечіткі логічні рівняння, що встановлюють зв'язок між функціями належності змінних у співвідношенні (1):

$$b_j(y_j) = \prod_{i=1, n} \left\{ w_{ij} \cdot \prod_{k=1, n} [\mu^{\tilde{T}_{ik}}(x_k)] \right\}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де  $\prod$  ( $\Pi$ ) – операція об'єднання (перетинання) нечітких множин  $\Pi$  типу. Враховуючи, що результатом виконання операції  $\prod(\Pi)$  над інтервальними множинами  $\Pi$  типу є інтервальна множина, область визначення якої утворена шляхом застосування операцій  $\max$  ( $\min$ ) до границь областей визначення операндів, то система (3) переписується у вигляді двох систем:

$$\underline{b}_j(y_j) = \max_{i=1, n} \left\{ \underline{w}_{ij} \cdot \min_{k=1, n} [\underline{\mu}^{\tilde{T}_{ik}}(x_k)] \right\}, \quad j = \overline{1, m}; \quad (4)$$

$$\bar{b}_j(y_j) = \max_{i=1, n} \left\{ \bar{w}_{ij} \cdot \min_{k=1, n} [\bar{\mu}^{\tilde{T}_{ik}}(x_k)] \right\}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

де  $\underline{b}_j(y_j)$  ( $\bar{b}_j(y_j)$ ) – нижня (верхня) границі ступеня належності виходу  $y_j$  до нечіткого терму наслідку  $s_j$ ;

$\underline{\mu}^{\tilde{T}_{ik}}(x_k)$  ( $\bar{\mu}^{\tilde{T}_{ik}}(x_k)$ ) – нижня (верхня) функції належності змінної  $x_k$  до нечіткого терму наслідку  $\tilde{d}_{i1}$  ( $\tilde{d}_{i0}$ ), що описує змінну  $x_k$  в  $i$ -му правилі (2).

На основі (4) та (5) формуються вихідні нечіткі множини  $\tilde{Z}_j(y_j)$ . Функція належності нечіткої множини  $\tilde{Z}_j$  визначається за формулою (рис. 1):

$$\mu^{\tilde{Z}_j}(y_j) = \Pi(b_j(X), \mu^{\tilde{s}_j}(y_j)), \quad (6)$$

де нижня і верхня функції належності вихідної нечіткої множини  $\tilde{Z}_j$  визначаються за формулами:

$$\underline{\mu}^{\tilde{Z}_j}(y_j) = \min(\underline{b}_j(X), \underline{\mu}^{\tilde{s}_j}(y_j)); \quad (7)$$

$$\overline{\mu}^{\tilde{Z}_j}(y_j) = \min(\overline{b}_j(X), \overline{\mu}^{\tilde{s}_j}(y_j)). \quad (8)$$

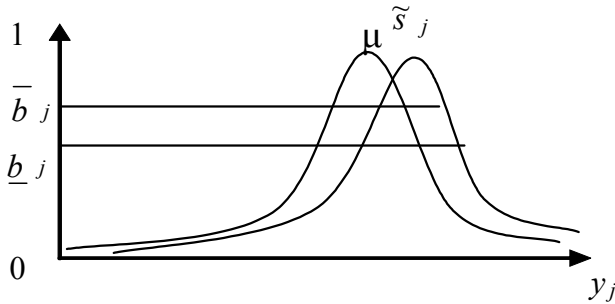


Рис. 1. Формування вихідної нечіткої множини

Використання нечітких логічних рівнянь передбачає наявність функцій належності нечітких термів, що входять в базу знань. Будемо використовувати модель функції належності інтервального типу змінної  $u$  до нечіткого терму  $\tilde{T}$  у вигляді:

$$\underline{\mu}^{\tilde{T}}(u) = \begin{cases} \mu(u, \underline{g}^{\tilde{T}}, c^{\tilde{T}}), & \text{якщо } u < \frac{\underline{g}^{\tilde{T}} + \overline{g}^{\tilde{T}}}{2} \\ \mu(u, \overline{g}^{\tilde{T}}, c^{\tilde{T}}), & \text{якщо } u \geq \frac{\underline{g}^{\tilde{T}} + \overline{g}^{\tilde{T}}}{2} \end{cases}; \quad \overline{\mu}^{\tilde{T}}(u) = \begin{cases} \mu(u, \underline{g}^{\tilde{T}}, c^{\tilde{T}}), & \text{якщо } u < \underline{g}^{\tilde{T}} \\ 1, & \text{якщо } \underline{g}^{\tilde{T}} \leq u \leq \overline{g}^{\tilde{T}} \\ \mu(u, \overline{g}^{\tilde{T}}, c^{\tilde{T}}), & \text{якщо } u > \overline{g}^{\tilde{T}} \end{cases}, \quad (9)$$

де  $\underline{g}^{\tilde{T}} = [\underline{g}^{\tilde{T}}, \overline{g}^{\tilde{T}}]$ ,  $c^{\tilde{T}}$  – параметри настройки функції належності (рис. 2). Дана модель функції належності інтервального типу є моделлю з невизначеною координатою максимуму [6].

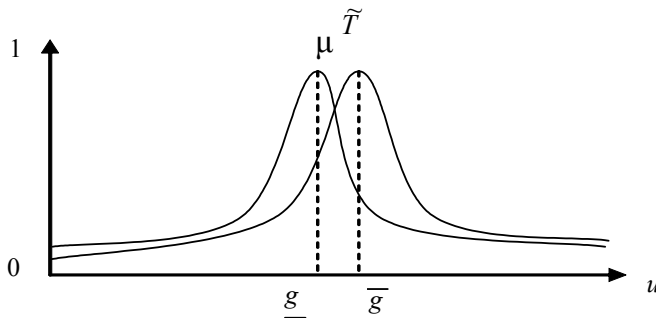


Рис. 2. Модель функції належності інтервального типу

При визначенні ступеня належності конкретного значення вхідної змінної  $x_i^*$  до нечіткого терму  $\tilde{T}$ , передбачається два випадки:

– результат вимірювання вважається точним і в систему нечітких логічних рівнянь (3) підставляються значення  $x_i^*$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;

– результати вимірювання спотворені шумом з відомим середнім відхиленням. Тоді значення вхідної змінної задається у вигляді функції належності  $\mu_i^*$  з параметрами

$(x_i^*, c_i^*)$ . В цьому випадку верхня і нижня границі ступеня належності конкретного значення вхідної змінної  $x_i^*$  до нечіткого терму  $\tilde{T}$  визначаються за формулами (рис. 3):

$$\underline{\mu}^{\tilde{T}}(x_i^*) = \sup [\min (\mu_i^*(x_i^*), \underline{\mu}^{\tilde{T}}(x_i))]; \quad (10)$$

$$\overline{\mu}^{\tilde{T}}(x_i^*) = \sup [\min (\mu_i^*(x_i^*), \overline{\mu}^{\tilde{T}}(x_i))]. \quad (11)$$

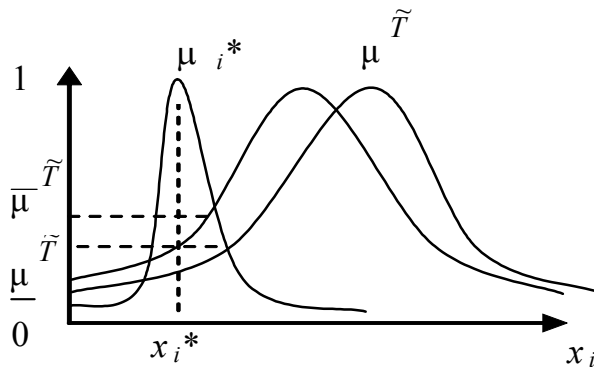


Рис. 3. Визначенні ступеня належності конкретного значення вхідної змінної  $x_i^*$  до нечіткого терму  $\tilde{T}$

Після того, як сформована вихідна нечітка множина, наступним етапом є виконання операції пониження типу [6]. Результатом виконання цієї операції є значення центроїду вихідної нечіткої множини  $\tilde{Z}_j(y_j)$ . Центроїд вихідної нечіткої множини II типу являє собою інтервальну нечітку множину I типу  $y_j^{TR}$  з областю визначення  $y_j^{TR} = [y_j^l, y_j^r]$ . Для знаходження центроїду діапазон  $[y_j^l, y_j^r]$  змінення змінної  $y_j$  дискретизується на  $N$  точок. Чіткі значення границь діапазону визначаються за формулами:

$$y_j^l(X) = \frac{\sum_{k=1}^N y_j^k h_k^l}{\sum_{k=1}^{L(X)} \mu^{\underline{Z}_j}(X) + \sum_{k=L(X)+1}^N \mu^{\overline{Z}_j}(X)}, \quad h_k^l = \begin{cases} \mu^{\overline{Z}_j}(X), & \text{якщо } k \leq L(X); \\ \mu^{\underline{Z}_j}(X), & \text{якщо } k > L(X) \end{cases}$$

$$y_j^r(X) = \frac{\sum_{k=1}^N y_j^k h_k^r}{\sum_{k=1}^{R(X)} \mu^{\underline{Z}_j}(X) + \sum_{k=R(X)+1}^N \mu^{\overline{Z}_j}(X)}, \quad h_k^r = \begin{cases} \mu^{\underline{Z}_j}(X), & \text{якщо } k \leq R(X); \\ \mu^{\overline{Z}_j}(X), & \text{якщо } k > R(X) \end{cases}. \quad (12)$$

Для отримання кількісних значень вихідних змінних  $y_j$ , що відповідають нечітким множинам (6), необхідно виконати операцію дефазифікації. Оскільки результатом операції пониження типу є інтервальна нечітка множина I типу  $y_j^{TR}$  з областю визначення  $y_j^{TR} = [y_j^l, y_j^r]$ , то операція дефазифікації зводиться до знаходження середнього значення [6]:

$$y_j = \frac{y_j^l + y_j^r}{2}. \quad (13)$$

Співвідношення (3) – (13) визначають залежність  $Y = f_R(X)$  у вигляді:

$$y_1 = f_1(X, C_X, P_{\tilde{D}}, \underline{g}^{\tilde{s}_1}, \overline{g}^{\tilde{s}_1}, c^{\tilde{s}_1}, \underline{w}_{i1}, \overline{w}_{i1});$$

$$y_2 = f_2(X, C_X, P_{\tilde{D}}, \underline{g}^{\tilde{s}_2}, \bar{g}^{\tilde{s}_2}, c^{\tilde{s}_2}, \underline{w}_{i2}, \bar{w}_{i2});$$

...

$$y_m = f_m(X, C_X, P_{\tilde{D}}, \underline{g}^{\tilde{s}_m}, \bar{g}^{\tilde{s}_m}, c^{\tilde{s}_m}, \underline{w}_{im}, \bar{w}_{im});$$

або

$$Y = F_R(X, C_X, P_{\tilde{D}}, P_{\tilde{S}}, W_{\tilde{R}}),$$

де  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – вектор вхідних змінних;

$C_X = (c_1^*, c_2^*, \dots, c_n^*)$  – вектор параметрів концентрації функцій належності, що моделюють неточність вхідних даних;

$P_{\tilde{D}} = \left( G_{\tilde{D}} = (\underline{g}^{\tilde{d}_{1(0)}}, \bar{g}^{\tilde{d}_{1(0)}}, \underline{g}^{\tilde{d}_{2(0)}}, \bar{g}^{\tilde{d}_{2(0)}}, \dots, \underline{g}^{\tilde{d}_{n(0)}}, \bar{g}^{\tilde{d}_{n(0)}}), C_{\tilde{D}} = (c^{\tilde{d}_{1(0)}}, c^{\tilde{d}_{2(0)}}, \dots, c^{\tilde{d}_{n(0)}}) \right)$  – вектори параметрів функцій належності вхідних змінних до термів причин  $\tilde{d}_{1(0)}, \tilde{d}_{2(0)}, \dots, \tilde{d}_{n(0)}$ ;

$P_{\tilde{S}} = \left( G_{\tilde{S}} = (\underline{g}^{\tilde{s}_1}, \bar{g}^{\tilde{s}_1}, \underline{g}^{\tilde{s}_2}, \bar{g}^{\tilde{s}_2}, \dots, \underline{g}^{\tilde{s}_m}, \bar{g}^{\tilde{s}_m}), C_{\tilde{S}} = (c^{\tilde{s}_1}, c^{\tilde{s}_2}, \dots, c^{\tilde{s}_m}) \right)$  – вектори параметрів функцій належності вихідних змінних до термів наслідків  $\tilde{s}_1, \tilde{s}_2, \dots, \tilde{s}_m$ ;

$W_{\tilde{R}}$  – вектор ваг правил в нечіткій базі знань (2);

$F_R$  – оператор зв'язку „причини-наслідки”, що відповідає співвідношенням (3) – (13).

**Висновки.** Таким чином запропоновано метод моделювання об'єкта діагностики на базі нечітких баз знань, який дозволяє враховувати лінгвістичну невизначеність та неточність вхідних даних. Моделювання і мінімізація наслідків невизначеності здійснюється шляхом використання функції належності інтервального типу. Нечіткі терми причин і наслідків формалізуються функціями належності II типу, в результаті чого міри значимості причин і наслідків визначаються інтервалами.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.
2. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
3. Тоценко В.Г. Экспертні системи діагностики і підтримки рішення. – К: Наукова думка, 2004. – 124 с.
4. Герасимов Б.М., Самойлов І.В., Камишин В.В. Интеллектуальне діагностування складних технічних систем // НТІ, 2007 р. – № 1. – С. 3 – 7.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
6. Mendel J. Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Direction. – Prentice Hall PTR, USA. – 2001. – 520 p.

Рецензент: д.т.н., проф. Шохін Б.П.

**БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО» ПРИМІЩЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*«Интеллектуальный» будинок містить велику кількість інженерних підсистем, кожна з яких виконує свою функцію. Вибір проектного рішення визначається багатокритеріальним задачею оптимізації структури системи. Пропонується використовувати метод векторного синтезу при обмеженні кількості критеріїв. Вибрані основні показники якості для системи «інтелектуального» будинку.*

*«Интеллектуальный» дом содержит большое количество инженерных подсистем, каждая из которых выполняет свою функцию. Выбор проектного решения определяется многокритериальной задачей оптимизации структуры системы. Предлагается использовать метод векторного синтеза при ограничении количества критериев. Выбраны основные показатели качества для системы «интеллектуального» дома.*

*A «intellectual» house contains plenty of engineering subsystems, each of which executes the function. The choice of project decision is determined by the multicriterion task optimization of structure the system. The method of vectorial synthesis for limitation an amount of criteriat is suggested to use. The basic indexes of quality are chosen for the system of «intellectual» house.*

У даний час збільшується кількість спеціальної і побутової електронної апаратури, яка використовується в системі «інтелектуального» будинку. Через розходження інтерфейсів взаємодії, виробників, режимів керування неможливо визначити загальну структуру системи. Для цього необхідно обґрунтовано зробити вибір проектного рішення з урахуванням показників якості для визначених критеріїв. Саме багатокритеріальний підхід з обмеженням кількості критеріїв дозволяє вибрати те проектне рішення, що виправдано і за структурою і по витратах. Проблеми синтезу структури «інтелектуального» будинку з різних підсистем з урахуванням їх показників якості (ваги) присвячена дана стаття.

**Постановка проблеми.** Задача вибору проектного рішення (оптимізації структури) системи «інтелектуального» будинку є актуальною. Для рішення цієї задачі необхідно:

- проаналізувати проблемну область дослідження (виникнення, розвиток проблеми);

- проаналізувати існуючі стандарти і технології за якими виконуються підсистеми, наприклад підсистема мережевих рішень, підсистема радіодоступу (або віддаленого керування), підсистема шин взаємодії як складової підсистеми мережевих рішень;

- проаналізувати методи оптимізації, які застосовані для вибору проектного рішення систем;

- визначити критерії – показники якості при оптимізації підсистем, що розглядаються;

- застосувати найвідповідніший метод оптимізації за обраними критеріями, визначити вагові коефіцієнти.

Повну оптимізацію структури системи можна чекати лише при комплексному підході з урахуванням усіх складових підсистем.

**Аналіз останніх досягнень.** Задача векторного синтезу з найкращим вектором показників якості  $K = \langle k_1, \dots, k_i, \dots, k_m \rangle$  зводиться до пошуку системи  $S$ , що задовольняє сукупності вихідних даних (умов, обмежень) і показникам якості цього вектора з обраними критеріями переваги.

Під показниками якості  $k_i$  розуміється числова характеристика системи, яка пов'язана монотонною залежністю з її якістю: чим більше (менше) величина  $k_i$ , тим краще система за інших рівних умов. Показники якості  $k_i (i = 1, m)$  мають неоднакові розмірності, тому складовими вектора  $K$  є не самі величини  $k_i$ , а їхні нормовані значення. Порівняння систем за вектором якості  $K$  неможливо без додаткових критеріїв переваги. У цьому зв'язку розглядають безумовні критерії переваги (критерії Парето), умовні критерії переваги і комбінації даних підходів.

Кращим є те значення вектора  $K$ , при якому зважена сума вигляду:

$k_p = c_1 k_1 + \dots + c_i k_i + \dots + c_m k_m$  показників якості має менше (більше) значення. Для спрощення задачі будемо вважати  $k_i$  «рівновеликими» стосовно «основної задачі» і для складання якісного «цілого» не будемо враховувати взаємний вплив цих критеріїв один на одного.

Для обґрунтування вибору проектного рішення з оцінкою якості на основі векторного синтезу системи «інтелектуального» будинку необхідно розглянути визначення вагових коефіцієнтів. Як приклад визначимо такі коефіцієнти для підсистеми радіодоступу (віддаленого керування) та інших, див. рисунок 1.

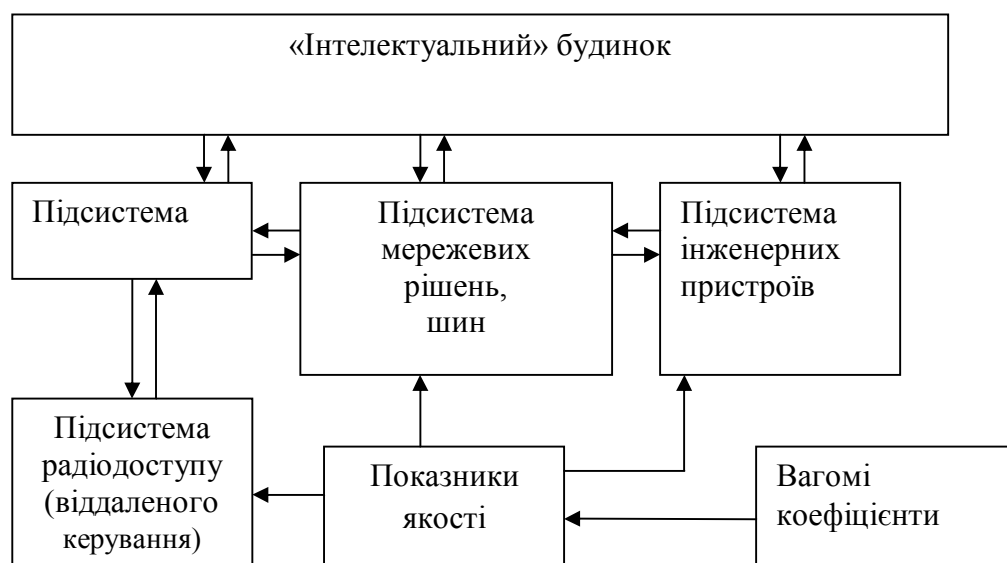


Рис.1. Підсистеми, що визначають проектне рішення

Для системи «інтелектуального» будинку були запропоновані показники якості у вигляді чотирьох основних характеристик тобто  $i = 4$  будь-якої його підсистеми, це:

- надійність роботи і передачі даних;
- інтеграційна здатність;
- швидкість взаємодії;
- ціна.

Позитивні вагові коефіцієнти  $c_1, \dots, c_m$  – визначалися для підсистеми радіодоступу для модулів GSM: КСИТАЛ GSM-12M, TEGHAN AT-200, Teltonika T-BoxN12R, SPRUT Universal, СтражGSM SMS4x4, SiemensMC39i, REEF GSM-2000, Сокол GSM PRO2, G6x2V1, для підсистеми мережевих рішень розглядалися технології мережі: FDDI, 100VG – AnyLAN, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, для шин (протоколів) оцінювалися:

EIB, LON, HOME-PUTER, LCN, Шина-Z, PHC, Konnex, радіошинні системи, BacNet, LanDrive, Modbus и RS-485, Profibus DP.

У розрахунку вагових коефіцієнтів використовувався підхід, який визначає для  $C_{\max}$  – умовну одиницю «1» тобто 100% – найкращий показник, а щодо нього розраховувалися інші вагові показники:

$$C_i = \frac{1}{C_{\max}}$$

або усереднений показник з ряду відносних показників, що складає

основну вагу  $k_i$ .

Для визначення якісних параметрів GSM модулів були визначені кількісні характеристики параметрів: робочий діапазон температур, в якому працює модуль; кількості телефонних номерів для розсилання SMS і для додзвону; кількості зон контролю для підключення сигнальних шлейфів з датчиками; кількості виконавчих пристроїв; швидкості взаємодії; ціни. Їх відносні вагові показники розраховувалися з урахуванням їх зміни відносно максимально можливого значення показника.

Наприклад, для «робочого діапазону температур»: вибирався модуль з максимальним значенням  $t_{роб}$  і було привласнене йому значення «1».

$$\text{Тоді } t_{роб} = t_{\min} + t_{\max}$$

і розрахунок коефіцієнта робочого діапазону температур, в якому працює модулі для інших розраховувалися як

$$t_k = t_{роб} \cdot \left( \frac{1}{t_{роб.\max}} \right).$$

Для розрахунку вагового коефіцієнта «кількості телефонних номерів для розсилання SMS і для додзвону» вибирався модуль з максимальною кількістю номерів для розсилання SMS і для додзвону і привласнювалося йому значення «1», наприклад

$$N_{\max} = 10, \text{ тоді } N_k = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ і вагомий коефіцієнт розраховувався як}$$

$$N_{\text{номерів}} = N_k \cdot N_i,$$

де  $N_i$  - даний параметр для  $i$ -го модуля.

Інші коефіцієнти розраховувалися аналогічно. Результати розрахунку коефіцієнтів зведені в таблицю 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку вагових коефіцієнтів показників якості

GSM-модулі	Робочий діапазон температур, °С	Кількість номерів для розсилання SMS і для додзвону	Кількість зон контролю	Кількість виконуючих пристроїв	Максимальна швидкість взаємодії	Ціна, грн.
КСИТАЛ GSM-12M	0,82	1	1	0,3	1	0,41
TEGRAN AT-200	0,73	1	0,58	0,7	1	0,49
TeltonikaT-BoxN12R	1	1	0,66	0,9	1	0,48
SPRUT Universal	1	1	0,83	1	1	0,39
СтражGSM SMS4*4	1	0,9	0,33	0,4	1	0,59
SiemensMC39i	0,82	1	0,41	0,7	1	0,84
REEF GSM-2000	0,68	0,3	0,24	0,1	1	0,1
Сокол GSM PRO2	0,73	0,6	0,66	0,1	1	0,25
G6x2V1	0,73	0,8	0,41	0,1	1	0,2

Для зведення цих показників до обраних чотирьох за: надійністю роботи і передачі даних, інтеграційної здатності; швидкості взаємодії, ціни, – необхідно, щоб ці відносні коефіцієнти були перераховані. Скористаємося усередненим значенням, тому що надійність роботи і передачі залежить від двох наданих характеристик, від робочого діапазону температур і кількості номерів для розсилання SMS і для додзвону.

Тому надійність роботи і передачі розраховуємо як

$$P_{роб.перед} = \frac{t_k + N_{номерів}}{2}.$$

Інтеграційна здатність розраховується як середній параметр по кількості зон контролю  $Z_{контроля}$  і кількість виконавчих пристроїв  $Y_{устр}$ .

$$I = \frac{Y_{устр} + Z_{контроля}}{2}.$$

Середній показник якості

$$K = \frac{P_{роб.перед} + I + S_{взаємод} + C}{4},$$

де  $P_{роб.перед}$  – надійність роботи і передачі;

$I$  – інтеграційна здатність;

$S_{взаємод}$  – швидкість взаємодії;

$C$  – ціна.

Середній показник якості сприяє швидкому вибору того або іншого елемента підсистеми.

Остаточо представимо вагомні коефіцієнти для чотирьох параметрів GSM-модулів у таблиці 2.

Таблиця 2. Вагові коефіцієнти GSM-модулів

GSM-модулі	Надійність роботи і передачі, $c_1$	Інтеграційна здатність, $c_2$	Швидкість взаємодії $c_3$	Ціна, грн., $c_4$	Середній показник якості
КСИТАЛ GSM – 12M	0,91	0,65	1,00	0,41	0,74
TEGRAN AT-200	0,87	0,64	1,00	0,49	0,75
Teltonika T-Box N12R	1	0,78	1,00	0,48	0,82
SPRUT Universal	1	0,92	1,00	0,39	0,83
Страж GSM SMS 4*4	0,95	0,37	1,00	0,59	0,73
Siemens MC39i	0,91	0,56	1,00	0,84	0,83
REEF GSM-2000	0,49	0,17	1,00	0,1	0,44
Сокол GSM PRO 2	0,67	0,38	1,00	0,25	0,58
G6x2 V1	0,77	0,26	1,00	0,2	0,56

Діаграма середнього показника якості для розглянутих модулів зображена на рисунку 2.



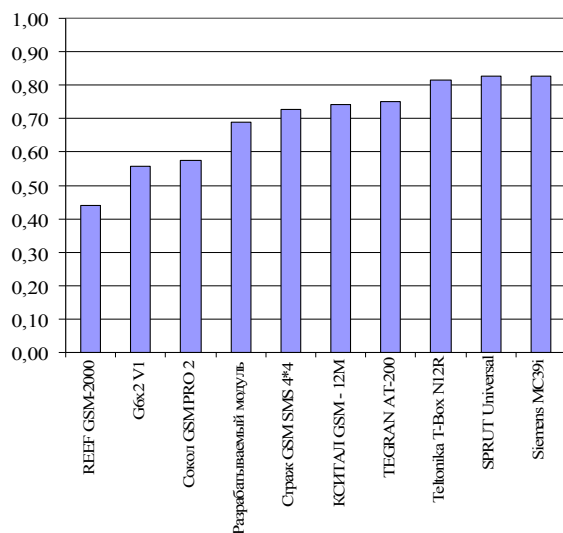


Рис. 2. Діаграма середнього показника якості для GSM модулів

Для системи шин скористаємося уже відомим методом вагових коефіцієнтів. Порівняльна характеристика шин з урахуванням вагових коефіцієнтів наведена в табл. 3.

Таблиця 3. Порівняльна характеристика шин з урахуванням вагових коефіцієнтів

Шини і протоколи	Швидкість взаємодії, $c_1$	Надійність роботи і передачі даних, $c_2$			Інтеграційна здатність, $c_3$	Ціна, $c_4$	Середній показник якості
		Алгоритм принцип реалізації	Віддаленість, м	Сприйнятливість до завад			
EIB	0,2	0,5	1	0,5	1	0,75	0,79
LON	0,75	0,75	0,5	0,5	1	0,75	0,95
HOME-PUTER	0,5	0,5	0,1	1	0,5	0,75	0,67
LCN	1	0,6	1	1	0,5	0,75	0,97
Шина-Z	0,2	0,5	0,25	0,75	0,5	1	0,44
PHC	0,2	0,4	0,250-0,3	0,75	1	0,2	0,57
Коннех	0,2	0,5	0,35-0,45	0,75	1	0,2	0,59
Радіошинні системи	0,55	1	1	0,75	0,5	0,2	0,8
BacNet	0,5	0,75	0,75	0,75	1	1	0,95
LanDrive	0,5	0,5	0,5	0,75	1	0,2	0,65
Modbus и RS-485	0,2	0,75	0,15	0,75	1	0,5	0,67
Profibus DP	0,7	0,5	0,25	0,75	1	0,2	0,68

Одержані дані представимо у вигляді діаграми, яка відображає параметри середнього показника якості для вибору тієї або іншої шини, див. рис. 3.

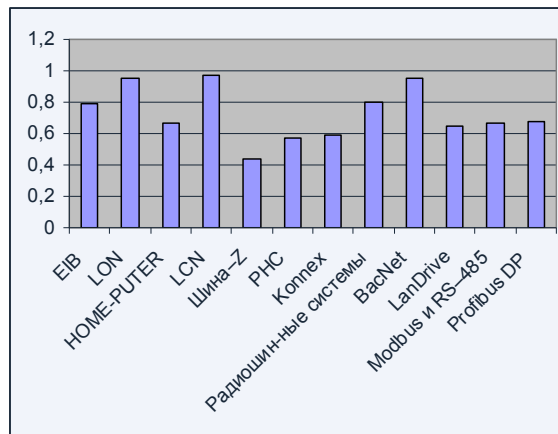


Рис. 3. Порівняльна діаграма шин за середнім показником якості

Надійність роботи і передачі в локальних мережах можна розділити на відмовостійкість, надійність передачі і продуктивність мережі. Одержані в результаті відносних коефіцієнтів розрахунків заносимо до табл. 4.

Таблиця 4. Надійність роботи і передачі даних мережевих технологій

Вид технології мережі	Відмовостійкість	Надійність передачі	Продуктивність	Середнє значення коефіцієнтів
FDDI	1	0,8	1	0,93
100VG – AnyLAN	0,5	1	0,75	0,75
Fast Ethernet	0,5	0,5	0,25	0,42
Gigabit Ethernet	0,5	0,2	0,5	0,4

Під інтеграційною здатністю розумітимемо такі кількісні показники якості, як максимальну кількість абонентських станцій (АС), максимальну відстань між сусідніми вузлами і сумарну протяжність мережі.

Мережі FDDI і 100VG – AnyLAN не мають обмежень на кількість АС. Технологія Fast Ethernet теоретично може включати до 200 користувачів (АС), на практиці ж ця технологія витримала підключення 500 абонентів, хоч і з помітним падінням продуктивності.

Gigabit Ethernet дозволяє підключити до 1000 користувачів, в основному, за рахунок швидкісніших магістралей.

Максимальна відстань між сусідніми вузлами складає:

- для мережі FDDI – 2 км;
- 100VG – AnyLAN – 550 м;
- Fast Ethernet – 100 м;
- Gigabit Ethernet – всього 25 м (для виті пари 5-ї категорії).

Мережа за технологією FDDI може бути радіусом до 100 км. Для 100VG – AnyLAN цей показник рівний 50 км.

Fast Ethernet і Gigabit Ethernet – 2 км і 1 км відповідно.

Відносні коефіцієнти, які розраховані на підставі одержаних даних, занесемо до табл. 5.

Таблиця 5. Інтеграційна здатність

Вид технології мережі	Максимальна кількість АС	Відстань між сусідніми вузлами	Сумарна протяжність	Середнє значення коефіцієнтів
FDDI	1	1	1	1
100VG – AnyLAN	1	0,5	0,5	0,67
Fast Ethernet	0,25	0,25	0,3	0,27
Gigabit Ethernet	0,5	0,1	0,15	0,25

Швидкість взаємодії можна розділити на швидкість теоретично можливу (перспективну) і реальну швидкість мережі.

Реальна швидкість технологій FDDI і Gigabit Ethernet на сьогодні складає 1000 Мбіт/с. Для 100VG – AnyLAN і Fast Ethernet цей параметр рівний 100 Мбіт/с.

Тоді як теоретично можлива швидкість відповідає таким параметрам:

- FDDI – 200 Гбіт/с;
- 100VG – AnyLAN – 10 Гбіт/с;
- Fast Ethernet – 100 Мбіт/с;
- Gigabit Ethernet – 1000 Мбіт/с.

Розраховані вірності показники зведемо в таблицю 6.

Таблиця 6. Швидкість взаємодії

Вид технології мережі	Швидкість, теоретично можливий параметр	Відносний коефіцієнт теоретично можливого параметра швидкості	Реально досягнутий параметр, Мбіт/с	Відносний коефіцієнт реально досягнутого параметра	Середнє значення коефіцієнтів
FDDI	200 Гбіт/с	1	1000	1	1
100VG – AnyLAN	10 Гбіт/с	0,75	100	0,1	0,43
Fast Ethernet	100 Мбіт/с	0,1	100	0,1	0,1
Gigabit Ethernet	1000 Мбіт/с	0,5	1000	1	0,75

Цінову характеристику можна поділити на три параметри:

- вартість кабелю;
- вартість комутаційного устаткування;
- вартість робіт по прокладці і комутуванню кабелів.

Одержані дані, в перерахунку на відносні коефіцієнти, зведемо в табл. 7.

Таблиця 7. Цінові коефіцієнти

Вид технології мережі	Кабель	Устаткування	Робота	Середнє значення коефіцієнтів
FDDI	0,8	0,2	0,2	0,4
100VG – AnyLAN	0,6	0,5	0,5	0,53
Fast Ethernet	1	1	1	1
Gigabit Ethernet	0,8	0,5	0,8	0,7

Сумарні якісні параметри мережевих технологій занесені в табл. 8

Таблиця 8. Якісні параметри розглянутих технологій

Вид технології мережі	Надійність і роботи передачі, $c_1$	Інтеграційна здатність, $c_2$	Швидкість взаємодії, $c_3$	Ціна, $c_4$	Середній показник якості
FDDI	0,93	1	1	0,4	0,83
100VG – AnyLAN	0,75	0,67	0,43	0,53	0,60
Fast Ethernet	0,42	0,27	0,1	1	0,45
Gigabit Ethernet	0,4	0,25	0,75	0,7	0,53

Графічно результати розрахунків середнього показника якості зображені на рисунку 4.

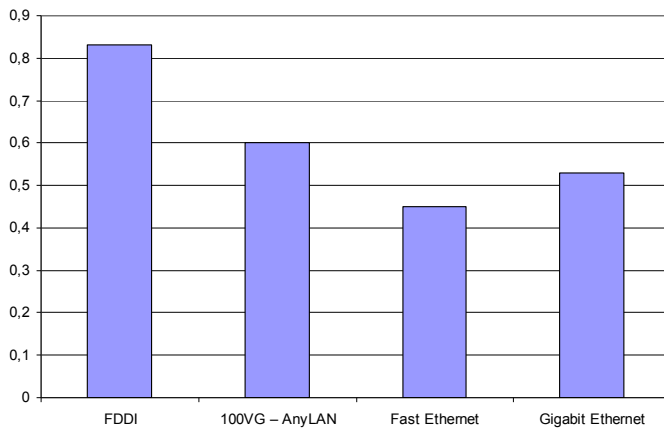


Рис. 4. Діаграма середнього показника якості для даних мережевих технологій

**Основні результати досліджень.** Після проведеного аналізу за результатами розрахунків можна зробити висновки, що явна перевага в (порядку убывання для трьох компонентів) EIB, LCN, LON; FDDI 100VG – AnyLAN, Gigabit Ethernet SiemensMC39i, SPRUT Universal, Teltonika T-BoxN12R. За одержаними показниками якості і їх ваговими значеннями можна зробити вибір проектного рішення, враховуючи найбільш простий варіант представлення векторів якості, зокрема трьох розглянутих підсистем як:

$$kp_1 = c_1k_1 + \dots + c_4k_4$$

$$kp_2 = c_1k_1 + \dots + c_4k_4$$

$$kp_3 = c_1k_1 + \dots + c_4k_4$$

Вибір проектного рішення визначатиметься загальною формулою для багатокритерійного підходу при умовній рівності всіх чотирьох обраних критеріїв (і, по можливості, найбільших значеннях ваги для конкретної підсистеми) як добуток векторів у вигляді:

$$K_{проект} = kp_1 \cdot kp_2 \cdot kp_3$$

**Висновок.** За результатами розрахунку вагових коефіцієнтів можна провести аналіз підсистем за критеріями якості і визначити найбільш прийнятний варіант проектного рішення.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Харке В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве. – Москва: Техносфера, 2006. – 288 с.
2. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. – М.: Сов. радио, 1975. – 368 с.
3. Галкин П.В. «Задачи оптимизации при построении системы интеллектуального дома»// 12-й міжнародний молодіжний форум «Раеоелектроніка і молодь в ХХІ ст.»: Зб. Матеріалів форуму. Ч.1.– Харків: ХНУРЕ, 2008. – 432 с. С.211.
4. П.В. Галкин, Р.Ю. Косых «Подсистемы бытовой автоматизации интеллектуального дома и их интеграция с GSM–технологиями» // Materialy IV Miedzynarodnoj naukowj-praktycznej konferencj «Nowoczesnych naukowych osiagniec -2008» Tvm 17. Techniczne nauki. Budownictwo I architektura.: Przemysl. Nauka I studia – 96 str. С.67- 69.
5. П.В. Галкин, Л.В. Головкина Р.Р. Остапчук «Питии решения задач оптимизации при построении системы интеллектуального дома»// Сб. научн. труд. международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании’2007» Том 3. Технические науки.– Одесса: Черноморье, 2007.– С.44-46.
6. П.В. Галкин, Л.В. Головкина, Р.Ю. Косых «Весовые коэффициенты для критериального выбора системы «интеллектуального» дома» // Материали за 4 міжнародна научно практична конференция «Динамика исследования»,- 2008» Том 29. Технлогии. Физика. София «Бял ГРАД-БГ» ООД- 96 с. С.3-5.
7. П.В. Галкин, Л.В. Головкина, Е.В. Рыкун «Критериальный выбор проектного решения для системы «интеллектуального» дома» // Материали за 4 міжнародна научно практична конференция «Динамика исследования».- 2008» Том 29. Технологии. Физика. София «Бял ГРАД-БГ» ООД- 96 с. С.5-7.

Рецензент: **д.т.н., проф. Жердєв М.К.**

## ВИЗНАЧЕННЯ МАТРИЦІ ПЕРЕХОДУ АНАЛІТИЧНИМ ШЛЯХОМ

*У статті проведений порівняльний аналіз аналітичних методів визначення матриці переходу при дослідженні систем управління з використанням методу простору станів.*

*В статье проведен сравнительный анализ аналитических методов определения матрицы перехода при исследовании систем управления с использованием метода пространства состояний.*

*In the article the comparative analysis of analytical methods of definition of a matrix of transition is conducted at research of management systems with usage of a state-space method.*

Метод простору станів є одним з найбільш перспективних методів для аналізу і синтезу систем управління. Суть методу полягає у спільному розгляданні процесів, які цікавлять дослідника, в точках системи, серед яких можуть бути, наприклад, задавальне діяння системи, вихідна величина, швидкість її зміни, прискорення вихідної величини, похибка системи і т. ін.

У фіксований момент часу всі перераховані параметри мають конкретні значення. Отже, стан системи в цей момент характеризується точкою у вибраному багатомірному просторі. Після відпрацювання задавального діяння ці параметри будуть мати інші значення, які також подані точкою в багатомірному просторі.

Метод простору станів дозволяє одержати процеси у часовій області по всіх координатних осях і, таким чином, мати цілісну картину про відпрацювання задавального діяння в усіх важливих при дослідженні точках системи [1].

Застосування даного методу у теорії управління засновано головним чином на можливості опису поведінки системи деякою кількістю диференційних або різницевих рівнянь першого порядку.

В статті розглядаються лінійні неперервні системи. Динаміка таких систем описується рівняннями станів у вигляді векторно-матричної системи диференційних рівнянь першого порядку наступного вигляду:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t),$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}(t)\mathbf{u}(t),$$

де  $\mathbf{A}(t)$  – матриця коефіцієнтів;

$\mathbf{B}(t)$  – матриця управління (входу);

$\mathbf{C}(t)$  – матриця спостереження;

$\mathbf{D}(t)$  – матриця обходу системи;

$\mathbf{x}(t)$  – простір стану системи;

$\mathbf{y}(t)$  – простір виходу системи;

$\mathbf{u}(t)$  – простір входу.

Якщо рівняння системи однорідні (на вхід системи не поступають зовнішні діяння), то рішення стану системи має вигляд:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t), \quad (1)$$

а системи представляється у вигляді:

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{\Phi}(t - t_0)\mathbf{x}(t_0), \quad (2)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{\Phi}(t - t_0)\mathbf{x}(t_0),$$

де  $\Phi(t-t_0) = e^{\mathbf{A}(t-t_0)}$  – матриця переходу стану системи. Матриця переходу описує рух кінця вектору стану  $\mathbf{x}(t)$  в просторі станів з початкового положення  $\mathbf{x}(t_0)$ , а відповідно, і зміну стану системи. Вектор  $\mathbf{x}(t)$  дає можливість контролювати всі координати стану системи, тому рішення рівняння (2) несе в собі повну інформацію про динаміку системи.

Якщо рівняння системи неоднорідні, то їх рішення можна представити у вигляді [2]:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(t) &= \Phi(t-t_0)\mathbf{x}(t_0) + \int_{t_0}^t \Phi(t-\tau)\mathbf{B}\mathbf{u}(\tau)d\tau \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C}\Phi(t-t_0)\mathbf{x}(t_0) + \int_{t_0}^t \mathbf{C}\Phi(t-\tau)\mathbf{B}\mathbf{u}(\tau)d\tau + \mathbf{D}\mathbf{u}(t). \end{aligned} \quad (3)$$

Перший доданок в просторі виходу (3) – це складова вихідного вектору за рахунок ненульових початкових умов  $\mathbf{x}(t)$ . Вона співпадає з рішенням однорідного рівняння (2). Другий доданок характеризує реакцію системи на зовнішнє діяння  $\mathbf{u}(t)$ , третій – представляє безпосередній вплив вектору входу  $\mathbf{u}(t)$  на вихід  $\mathbf{y}(t)$ .

Форми рішення однорідної (2) і неоднорідної (3) систем рівнянь стану містять матрицю переходу  $\Phi(t-t_0)$ . Таким чином, однією з головних задач досліджень систем є визначення даної матриці.

Існує багато методів визначення  $\Phi(t-t_0)$ . Основні підходи базуються на теоремі Сильвестра, методі Келі-Гамільтона, методу розкладання  $\Phi(t-t_0)$  у нескінченний ряд та методу комплексної площини.

Проведемо порівняльний аналіз зазначених методів для вирішення практичної задачі по дослідженню систем управління.

#### 1. Метод розкладання у нескінченний ряд.

При застосуванні даного методу матриця переходу  $\Phi(t) = e^{\mathbf{A}(t-t_0)}$  розкладається в ряд [3]:

$$\Phi(t-t_0) = \mathbf{I} + \mathbf{A}(t-t_0) + \frac{\mathbf{A}^2(t-t_0)^2}{2!} + \frac{\mathbf{A}^3(t-t_0)^3}{3!} + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\mathbf{A}^k(t-t_0)^k}{k!},$$

де  $\mathbf{I}$  – одинична матриця.

Для аналітичних розрахунків даний метод найбільш складний.

#### 2. Метод комплексної площини.

Якщо застосувати перетворення Лапласа до рівняння (1), то можна визначити простір стану в комплексній площині:

$$p\mathbf{X}(p) - \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{A}\mathbf{X}(p),$$

$$\mathbf{X}(p) = [p\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1}\mathbf{X}(t_0),$$

де  $\mathbf{I}$  – одинична матриця,

$[p\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1}$  – матриця, обернена матриці  $[p\mathbf{I} - \mathbf{A}]$ .

Виконавши обернене перетворення Лапласа визначимо простір стану системи:

$$\mathbf{x}(t) = L^{-1}\{[p\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1}\}\mathbf{X}(t_0).$$

Матриця переходу визначається з виразу:  $\Phi(t-t_0) = e^{\mathbf{A}(t-t_0)} = L^{-1}\{[p\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1}\}$

Найбільша складність даного методу – у визначенні оберненої матриці  $[p\mathbf{I} - \mathbf{A}]$ .

#### 3. Метод Сильвестра.

В основу методу покладена теорема Сильвестра, яка дозволяє матричний багаточлен довільної степені представити у вигляді багаточлену степені  $n-1$  [4].

Так як  $e^{\mathbf{A}(t-t_0)}$  розкладається в нескінченний ряд, який сходиться по  $\mathbf{A}(t-t_0)$ , то

теорему Сильвестра можна безпосередньо використовувати для  $e^{\mathbf{A}(t-t_0)}$ , а не для нескінченного ряду по  $\mathbf{A}(t-t_0)$ .

Таким чином:

$$e^{\mathbf{A}(t-t_0)} = \sum_{i=1}^n e^{\lambda_i(t-t_0)} \frac{\prod_{j \neq i}^n [\mathbf{A} - \lambda_j \mathbf{I}]}{\prod_{j \neq i}^n (\lambda_i - \lambda_j)},$$

де  $\lambda_i$  – характеристичні числа  $\mathbf{A}$ .

Кожному з описаних методів визначення матриці переходу притаманні свої переваги та недоліки.

Метод розкладання у нескінченний ряд здається найбільш простим, однак головна складність полягає у знаходженні добутку нескінченного ряду при визначенні у аналітичному вигляді елементів матриці переходу. Даний метод доцільно застосовувати при відносно невеликих порядках системи (матриці  $\mathbf{A}$ ) та в тих випадках, коли більшість елементів матриці  $\mathbf{A}$  нульові. Метод розкладання в нескінченний ряд алгоритмізується краще, ніж інші і тому його доцільно використовувати при розрахунках за допомогою ЦОМ.

Метод комплексної площини вимагає визначення оберненої матриці, елементами якої є функції від комплексної змінної  $p$ .

Метод заснований на теоремі Сильвестра і метод Келі-Гамільтона практично ідентичні по складності та операціям, які необхідно виконати для визначення матриці переходу. Обидва методи вимагають визначення характеристичних чисел  $\mathbf{A}$ , що є складною задачею.

Таким чином, кожний метод має свої труднощі і вибір одного з них при вирішенні практичної задачі повинен ґрунтуватися на аналізі вихідних даних. Практичне використання аналітичних методів визначення матриці переходу можливе тільки при вирішенні достатньо простих задач. При зростанні порядку системи аналітичні методи застосовувати практично неможливо, і виникає необхідність розробки машинних алгоритмів визначення матриці переходу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Зайцев Г.Ф. Теорія автоматичного управління / Зайцев Г.Ф., Стекло В.К., Бріцький О.І. – К.:Техніка, 2002. – 688 с.
2. Козырев В.Д. Применение цифровых ЭВМ при исследовании автоматических систем РЭС / Козырев В.Д. – К.:КВИРТУ ПВО, 1976. – 184 с.
3. Ланкастер П. Теория матриц / Ланкастер П. – М.:Наука, 1977, 280 с.
4. Корн Г. Справочник по математике / Г.Корн, Т.Корн. – М.:Наука, 1974, 832 с.

Рецензент: **д.т.н., проф. Ленков С.В.**



## НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІМО

*У роботі проведений аналіз задач, які виникають при формуванні та обробці сигналів в системі МІМО і запропоновано шляхи їх вирішення.*

*В работе проведенный анализ задач, которые возникают при формировании и обработке сигналов в системе МІМО и предложены пути их решения.*

*In the article the analysis of problems which arise at formation and processing of signals in system МІМО and ways of their decision are offered.*

Для сучасних систем радіозв'язку (СРЗ) особливо актуальною задачею є підвищення пропускної здатності. Це обумовлено низкою причин, основними з яких є обмежений частотний ресурс та підвищення вимог до об'єму та швидкості передачі інформації радіозасобами.

Одним з методів підвищення пропускної здатності СРЗ є технологія МІМО (Multiple Input Multiple Output – багато входів – багато виходів) [1, 2]. Ідея технології МІМО подібна до добре відомого принципу рознесеного прийому, коли в системі зв'язку створюються декілька некорельованих (незалежних) копій сигналу на прийомі. В таких системах реалізується просторове мультиплексування: потік даних на передачі розбивається на два або більше потоків, кожний з яких передається одночасно з іншими за допомогою різних антен. У технології МІМО поєднані просторово-часові методи приймання з використанням адаптивних антен і методи просторово-часового кодування й просторово-часового розділення сигналів.

Багатоелементні антенні пристрої забезпечують:  
розширення зони покриття радіосигналами та згладжування в ній «мертвих зон»;  
використання декількох незалежних шляхів розповсюдження сигналу, що підвищує ймовірність роботи на напрямках, на яких менший вплив завмирань;  
підвищення пропускної здатності ліній зв'язку за рахунок формування фізично різних каналів [3].

Але таким системам властиві певні особливості.

Тому метою роботи є аналіз задач, що виникають при передачі та обробці сигналів в системах МІМО та пошук шляхів їх вирішення.

Розглянемо основні з них.

**Перехресні завади.** В системах МІМО перехресні завади призводять до зменшення пропускної здатності. Вплив перехресних завад на пропускну здатність МІМО систем вивчено недостатньо. В зв'язку з цим, дослідження залежності пропускної здатності МІМО систем від ступеню придушення перехресних завад, є актуальним завданням [4].

Розглянемо МІМО систему  $M \times N$ , зображену на рис. 1, де ППД – перетворювач потоку даних, Пд<sub>*i*</sub> – передавач *i*-ого каналу, Пр<sub>*i*</sub> – приймач *i*-ого каналу.

Високошвидкісний потік даних розбивається на  $M$  незалежних послідовностей з  $1/M$  швидкості, які потім передаються одночасно з декількох антен, відповідно

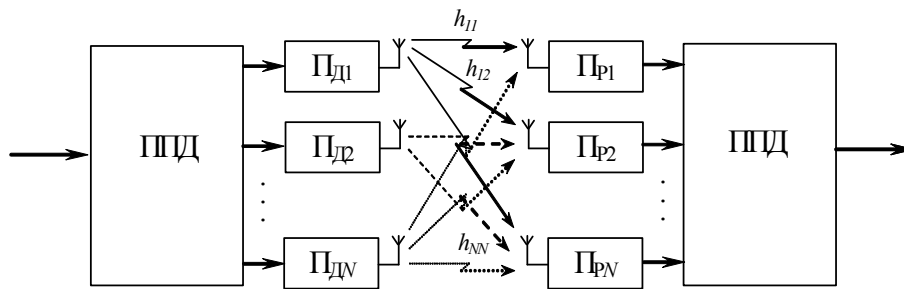


Рис. 1

використовуючи тільки  $1/M$  їх первинної смуги частот.

Перетворювач потоку даних на передавальному кінці лінії зв'язку перетворює послідовний потік у паралельний, а на приймальному – виконує зворотне перетворення.

Матрицю стовбців  $\mathbf{U}_t$  сигналів передавального пристрою із  $M$  каналних передавачів та матрицю стовбців  $\mathbf{U}_r$  приймального пристрою із  $N$  каналних приймачів можливо записати у вигляді:

$$\mathbf{U}_t = \begin{bmatrix} U_{t1} \\ U_{t2} \\ \dots \\ U_{tM} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{U}_r = \begin{bmatrix} U_{r1} \\ U_{r2} \\ \dots \\ U_{rN} \end{bmatrix}.$$

Передаточна функція багатопробеневого каналу описується матрицею  $\mathbf{H}$  [5]:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1N} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_{M1} & h_{M2} & \dots & h_{MN} \end{bmatrix},$$

де  $h_{ij}$  – передаточна функція між  $i$ -ою передавальною та  $j$ -ою приймальною антенами.

Сигнали, що прийняті антенами на приймальному кінці лінії зв'язку, пов'язані із сигналами на передаючому кінці матричним співвідношенням:

$$\mathbf{U}_r = \mathbf{H} \times \mathbf{U}_t.$$

Коефіцієнти впливу  $h_{ij}$  матриці  $\mathbf{H}$  в МІМО системі залежать від цілого ряду факторів:

діаграми спрямованості антенних елементів;

відносною відстанню між антенними елементами  $\frac{d}{\lambda}$  ( $d$  – відстань між сусідніми антенами,  $\lambda$  – довжина хвилі);

відстанню між передаючими та приймальними антенами  $L$ .

Зменшення відносної відстані між антенними елементами  $\frac{d}{\lambda}$  призводить до збільшення коефіцієнтів впливу  $h_{ij}$ . Причому

$$\lim_{\frac{d}{\lambda} \rightarrow 0} h_{ij} = h_{ii}$$

У цьому випадку, вирішити задачу розрізнення переданих сигналів на прийомі неможливо. Вже при малих різницях між коефіцієнтами  $h_{ij}$  та  $h_{ii}$  задачу можливо

вирішити, однак із-за наявності в системі зв'язку шумів та завад, можуть виникати помилки. Тому для підвищення надійності системи необхідно підвищувати різницю між коефіцієнтами  $h_{ij}$  та  $h_{ii}$ .

Якщо задати прийнятні значення  $h_{ij}$ , тоді зменшення відносної відстані між антенними елементами  $\frac{d}{\lambda}$ , та, відповідно, загальних розмірів антенної системи, можливо досягти за рахунок використання високоспрямованих антенних елементів.

**Вибір методу просторово-часового кодування.** При реалізації системи МІМО важливим є правильний вибір схеми просторово-часового кодування [6]. Тут необхідно встановити оптимальний баланс між енергетичним виграшем кодування (ЕВК), відносною швидкістю кодування та складністю реалізації вибраної схеми. При виборі того, або іншого коду проводиться оцінка ЕВК. Теоретична оцінка максимального ЕВК запропонована у [7]. В представлених моделях використовуються схеми з видами просторово-часового кодування STC (space time coding) та блочного коду Аламоуті, однак це не виключає можливості використання інших схем кодування.

Процес кодування за схемою Аламоуті [8] представляє собою перерозподіл символів у відповідності до матриці:

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix}.$$

Таким чином, неважко переконатися, що інформація, яка передається удвох трактах, фактично дублюється у різні проміжки часу. Ця схема в силу своєї простоти має широке розповсюдження, однак характеризується невисоким ЕВК, порівняно з іншими кодами, каскадними кодами (в даному випадку – тандем із блочного та рішотчатого кодування) та кодами STC.

В схемі кодування STC основними елементами є рішотчатий код Вітербі та модулятор з багатопозиційною квадратурною амплітудною маніпуляцією ( $m$ -QAM), або багатопозиційною фазовою маніпуляцією ( $m$ -PSK). Схема кодування STC характеризується відносно високим ЕВК, який може бути додатково збільшений при використанні у її складі каскадної схеми кодування [9].

**Врахування впливу просторової кореляції сигналів.** Для спрощення, розподіл кутів приходу променів на приймальній стороні та кутів випромінювання на передавальній стороні виражений одною загальною моделлю, в основу якої покладений розподіл Гауса.

Кореляційні матриці на прийомі та передачі виглядають наступним чином:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} v_{1,1} & \dots & v_{1,N} \\ \dots & \dots & \dots \\ v_{M,1} & \dots & v_{M,N} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\text{де } v\left(\frac{d}{\lambda}\right) = \int_{-\pi}^{\pi} e^{-j2\pi\frac{d}{\lambda}\sin(\theta)} N\left(\frac{\theta}{\sigma}, \mu, \sigma\right) d\theta, \quad v_{i,j} = v\left(|i-j|\frac{d}{\lambda}\right), \quad \theta = \arctg\left(\frac{d}{L}\right), \quad L -$$

відстань між передавальною та приймальною антенами,  $\mu$  – коефіцієнт, що враховує ступінь завмирань сигналу в каналі,  $\sigma$  – відхилення діаграми спрямованості антени.

В рамках моделі, що подана [10], задача мінімізації просторової кореляції сходиться до мінімуму для сусідніх антен. Рішення задачі може бути спрощено шляхом визначення оптимальних  $\frac{d}{\lambda}$  та  $\sigma$ , при яких рівень просторової кореляції не перевищує визначеного значення. Таким чином, наперед визначивши оцінку просторової взаємної кореляції сигналів, можливо визначити вимоги до конфігурації антенного тракту – до вибору антенних елементів та варіантів їх розташування відносно один одного.

**Вибір кількості приймальних та передавальних антен.** Застосування технології МІМО дозволяє значно збільшити пропускну здатність при незмінній смузі частот, що виділена для роботи системи. Пропускна здатність системи МІМО суттєво залежить від кількості передавальних і приймальних антен.

Для системи МІМО без рознесення, з урахуванням формули Шеннона для визначення пропускну здатності неперервного каналу зв'язку [11], питома пропускна здатність розраховується:

$$\beta_F = \log_2 \left( 1 + \frac{P_c}{P_{ш}} |h^2| \right) = \log_2 (1 + Q^2 |h^2|), \quad (2)$$

де  $Q^2 = P/P_{ш}$  – відношення потужності сигналу до потужності завади (шуму);  
 $h$  – коефіцієнт передачі.

Для системи з однією передавальною антеною та  $N$  приймальними, пропускна здатність збільшиться:

$$\beta_F = \log_2 \left( 1 + Q^2 \sum_{j=1}^N |h_j^2| \right), \quad (3)$$

де  $h_j$  – коефіцієнт передачі на  $j$ -й приймальній антені.

Для системи, яка має в своєму складі  $M$  передавальних антен і одну приймальну одержимо:

$$\beta_F = \log_2 \left( 1 + \frac{Q^2}{M_t} \sum_{j=1}^M |h_j^2| \right), \quad (4)$$

де нормоване по  $M$  значення показує, що ми маємо постійне значення загальної потужності. З виразу (4) видно, що в порівнянні з попереднім випадком тут відсутній виграв при збільшенні кількості антен.

Для системи з  $N$  приймальних і  $M$  передавальних антен:

$$\beta_F = \sum_{j=1}^m \log_2 \left( 1 + \frac{Q^2}{M} \cdot h_j \right), \quad (5)$$

де  $h_j$  – власні числа матриці  $\mathbf{H}$  розмірності  $M \times N$ ;  $m = \min(M, N)$ .

Останнім часом технологія МІМО широко розглядається для використання в стільникових системах зв'язку стандарту CDMA2000 (3GPP2) і WCDMA (3GPP)

**Сучасні технології передачі для боротьби з міжсотовими завадами.** Результати досліджень, отримані в ряді робіт [11,12], демонструють, що МІМО приймачі, які можуть значно послабити завади від сусідніх стільників, значно поліпшують ефективність роботи багатостільникової системи. При цьому основна увага с концентрована на придушенні завад від сусідніх стільників, а не внутрішньостільникових завад. Рівень внутрішньостільникових завад в 3G з CDMA не є істотним із-за використання ортогональних кодів при передачі від базової станції (БС) до мобільної станції (МС). Тому тут еквалайзер на рівні базової мікросхеми є найбільш ефективним засобом для придушення внутрішньосотових завад, оскільки не враховуючи багатопроменевості користувачі всередині стільника не є завадою один одному.

Розглянемо найбільш ефективні способи обробки сигналів в приймачі, які можуть бути використані для придушення міжстільникових завад в системах 3G з МІМО [13].

*Багатокористувачеве детектування з максимальною правдоподібністю.* У випадку доступності миттєвої інформації про завади в каналі, можна мінімізувати ймовірність помилки в багатостільникових системах МІМО шляхом використання багатокористувачевого детектування з максимальною правдоподібністю. Однак, миттєву інформацію про канал достатньо важко отримати для сусідніх БС і, окрім того, потребує наявності підвищеного рівня потужності мобільного терміналу. Алгоритм максимальної правдоподібності зводиться до розрахунку евклідових відстаней для усіх, можливих пар переданих символів. Однак при великих розмірностях сигнальних сузір'я  $m$ -QAM ( $m > 4$ ),

даний алгоритм стає непрактичним. Дійсно, для системи МІМО з  $M \times N$  ступінь ваги реалізації прямо пропорціональний  $m^n$ , де  $n$  – кількість джерел завад [11]. Одним із субоптимальних рішень в цьому випадку є, так званий, сферичний детектор, який спочатку визначає невелику початкову область пошуку (сферу), а потім здійснює пошук пари найбільш ймовірних переданих символів методом побудови дерева ймовірностей [11]. Сферичні декодери справляються при середніх значеннях  $nM$ , але зазнають невдачу при великому числі антен чи джерел завад. Також вони мають різну складність, що перешкоджає їх реалізації.

*Приймач з мінімальною середньоквадратичною помилкою.* Приймач з мінімальною середньоквадратичною помилкою (МСКП) використовує лінійну апроксимацію більш складного алгоритму максимальної правдоподібності. Тут можна розглянути два класи приймачів: приймач, який має інформацію про джерело завад в каналі (багатокористувальницьке детектування з мінімальною середньоквадратичною помилкою MMSE (Minimum Mean Square Error) ), і приймач, який не має інформації про завади окрім їх автокореляції («сліпий» MMSE приймач).

За звичай, перший клас приймача має більш високу ефективність, однак у нього є два важливі недоліки. По-перше, як і для приймача з максимальною правдоподібністю, досить важко отримати миттєво каналну інформацію про БС, які є джерелами завад. По-друге, оскільки  $M$  антен на кожній з  $N$  заважаючих базових станцій повинні враховуватися як  $M$  незалежних джерел завад (із загальною кількістю джерел  $Mn$ ), то маючи тільки  $N \ll Mn$  приймальних антен, достатньо важко ефективно подавити усі завади. Одним із спрощень в даній ситуації може бути подавлення тільки пілотного сигналу і сигналів загального каналу від найбільш сильно впливаючих БС, що дозволить послабити вимоги до оцінки каналу.

Для більшості радіосистем реалізація адаптації в передавачі потребує знання інформації про стан каналу. Відомим прикладом такого підходу є адаптивна модуляція, яка використовується в СРЗ для досягнення високих швидкостей передачі для користувачів з хорошими радіоканалами. Іншим прикладом є метод з замкнутим ланцюгом рознесення CLD (Closed-Loop Diversity) WCDMA, при якому відбувається апроксимація максимального коефіцієнта передачі вектора діаграмоутворення. Адаптивні технології передавача мають додаткову перевагу при передачі від БС до МС в сотовій мережі, яка заключається в переносі складності обробки сигналу від МС на БС, де висока складність не є критичною. Далі розглянемо методи використання інформації про канал на передавачі для цілей подавлення завад від інших сот з використанням сучасних технологій обробки сигналів[14].

*Сукупне кодування.* Якщо про прийняті завади на приймачі відомо на передавачах, то шляхом сукупного кодування між сусідніми БС можна подавляти міжсотові завади. Така схема сукупного кодування є прикладом, так званого, кодування «брудного паперу» (dirty paper), які дозволяють досягнути теоретично максимальну ПС при передачі від БС до МС для багатокористувальницького каналу МІМО [15]. Однак, сукупне кодування майже неможливо використати в практичних системах тому що воно потребує точної синхронізації часу та фази сигналів переданих від різних БС, а також однакову інформацію про канал на всіх передавачах. Не дивлячись на наявність в сотових системах 3G контролерів БС або контролерів радіомережі, які керують декількома БС або вузлами, висока точність, необхідна для даної схеми кодування, робить її швидше теоретичною верхньою межею, ніж практичним рішенням.

*Схеми рознесення МІМО з замкнутим ланцюгом зворотнього зв'язку.* При виконанні умови  $M > N$  можливе збільшення ефективності просторового мультиплексування шляхом використання інформації про стан каналу на передавачі. Одним з прикладів такого підходу є вибір піднабору антен, при якому вибираються найкращі  $N$  з  $M$  антен. Другим прикладом можуть бути особисте формування діаграми направленості та попереднє кодування на передавачі. Ці схеми потребують

обов'язкового її знання інформації про стан каналу на передавачі. В [14] для цієї мети були розроблені ефективні стратегії з замкнутим зворотнім зв'язком. Схеми рознесення з замкнутим зворотнім зв'язком дають поліпшення рознесення на  $N - M + 1$ , а також додатковий коефіцієнт посилення антенної решітки, що зменшує потрібну потужність передачі для просторового мультиплексування, а наслідок цього і завади від сусідніх сот. Такий підхід реалізує механізм подавлення завад від сусідніх сот як і при рознесенні на передачі.

*Комбінація МІМО та діаграмоутворення.* Назва «діаграмоутворення» застосовується до великої кількості різноманітних технологій. Загальною їх ідеєю є застосування обробки сигналу на передавачі для максимізації енергії сигналу, відправленого певному користувачу, і мінімізації завад для інших користувачів. Ці технології базуються на множинному доступі з просторовим рознесенням SDMA (Space Division Multiple Access), цифрове діаграмоутворення за власними вагомими коефіцієнтами для досягнення високої ПС, а також максимізація коефіцієнта передачі при рознесенні [16]. Діаграмоутворення можна поєднати з просторовим мультиплексуванням для отримання декількох високошвидкісних потоків. Однак виміри, потрібні для формування діаграми направленості, зменшують число одночасно передаваних потоків даних. Діаграмоутворення традиційно розглядалось як спосіб боротьби з власними завадами в соті, при цьому воно потребує повну статистичну інформацію на передавачі про завади для кожного користувача, що також зменшує завади від інших сот. Незважаючи на технічні переваги, діаграмоутворення не знайшло комерційного застосування так як воно потребує повної інформації про канал на передавачі і високій обчислювальній потужності для обробки сигналів.

Таким чином, при передачі і обробці сигналів в системах МІМО виникає ряд задач, основними з яких є компенсація впливу завмирань та різного роду завади, які діють в радіоканалах.

Перспективним напрямком вирішення цих задач є розробка методик вибору оптимальних параметрів сигналів та способів обробки сигналів в системі МІМО в залежності від конкретного стану радіоканалу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Григорьев В.А., Лалутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. – М.: Око-Трендз, 2005. – 384 с.
2. Вишневський В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
3. В.Слюсар. Системы МІМО: принципы построения и обработка сигналов // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес.* – 2005. – № 8. – С. 52-58.
4. А.В.Марчук. Влияние перекрёстных помех на пропускную способность МІМО систем радиодоступа // *Радиотехника.* – 2007. – Вып. 151. – С. 198-203.
5. Кувшинов О.В., Міночкін Д.А. Аналіз характеристик систем радіо доступу з технологією МІМО // *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка.* – Вип. № 3 – К.: ВІКНУ, 2006. – С. 51-56.
6. Бакунин М.Г., Крейнделін В.Б., Шумов А.П. Повышение скорости передачи информации и спектральной эффективности беспроводных систем связи // *Цифровая обработка сигналов.* – 2003. – № 1.
7. Chen Z., Yuan J., Vucetic B. Improved space-time coded modulation scheme on Rayleigh fading channels // *Electronics Letters.* – 2001. – V. 37. – № 7.
8. Alamouti S. Space-time block coding. – *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Oct. 1998, vol. 16, p. 1451-1458.
9. Кувшинов О.В., Лежнюк О.П., Лівенцев С.П. Основи теорії завадостійкого кодування: Навчальний посібник. – К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2001.
10. В.С.Спиранский, И.Л. Евдокимов. Основные характеристики беспроводных систем связи МІМО // *Электросвязь* – 2008. – № 3. – С.28- 31.

11. H. Dai, A. Molisch, and H. Poor, "Downlink capacity of interference-limited MIMO systems with joint detection," *IEEE Trans. on Wireless Communications*, vol. 3, no. 2, pp. 442 – 453, Mar. 2004.
12. W. Choi and J. G. Andrews, "On spatial multiplexing in cellular MIMO-CDMA systems with linear receivers," in *Proc., IEEE Intl. Conf. on Communications*, Seoul, Korea, May 2005.
13. Кравчук С.А., Міночкін Д.А. Застосування технології МІМО в системах мобільного зв'язку 3-го покоління з урахуванням міжсотових завад // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – Випуск № 2. – Київ: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2008. – С.42-51.
14. D. J. Love, R. W. Heath, W. Santipach, and M. L. Honig, "What is the value of limited feedback for MIMO channels?" *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, no. 10, pp. 54 – 59, Oct. 2004.
15. A. Goldsmith, S. Jafar, N. Jindal, and S. Vishwanath, "Capacity limits of MIMO channels," *IEEE Journal on Sel. Areas in Communications*, vol. 21, no. 5, pp. 684 – 702, June 2003.
16. Кравчук С.А. Методы повышения пропускной способности систем широкополосного беспроводного доступа // Материалы 17-й международной конф. КрыМиКо 2007 «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Том. 1, 10-14 сентября 2007 г. – Севастополь: Вебер, 2007. – С. 227– 228.

Рецензент: **к.т.н., доц. Корольов А.П.**

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ

*Розроблена математична модель системи передавання як автоматизованої системи управління процесом обміну інформацією у вигляді системи різницевих рівнянь з використанням матриць імовірнісних переходів, які визначають помилки приймання даних, що дозволяє використовувати класичні методи аналізу і синтезу автоматизованих систем управління.*

*Разработана математическая модель системы передачи как автоматизированной системы управления процессом обмена информацией в виде системы разностных уравнений с использованием матриц вероятностей переходов, определяющих ошибки приёма данных, что позволяет использовать классические методы анализа и синтеза автоматизированных систем управления.*

*The mathematical model of system of transfer information as automated control system of process of information interchange is developed. This model describes system difference equations with use of matrixes of probabilities of transitions are determinable mistakes of reception of the data. That allows using classical methods of the analysis and synthesis of the automated control systems.*

Питання управління та побудови алгоритмів оптимізації в різних галузях становлять актуальну проблему, тому постійно розглядаються в наукових роботах [1, 2]. Останнім часом з'явилися публікації, які присвячені аналізу можливості використання теорії автоматичного управління для дослідження телекомунікаційних систем [3]. Ряд робіт присвячений розгляду цих питань для телефонних [4], комп'ютерних [5] та радіомереж [6, 7].

Фактично основну задачу можна сформулювати як управління процесом передавання інформації каналом зв'язку із вибором параметрів сигналів (потужності, тривалості, структури тощо) з урахуванням впливу завад на процес передавання. Виходячи з цього, для досягнення мети ефективного управління необхідно оцінити відгук на цю дію. Для розв'язання поставленої задачі систему в узагальненому вигляді можна представити, як це подано на рис. 1.

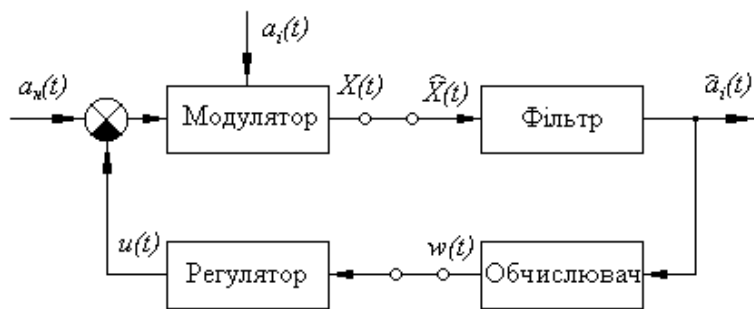


Рис. 1. Узагальнена структура системи передавання інформації

На приймальній частині фільтр виділяє інформаційний сигнал  $\hat{a}_i(t)$  і за допомогою обчислювача формує сигнал розузгодження  $w(t)$ , який в свою чергу перетворюється на сигнал управління  $u(t)$ . Виходячи з цього, задача оптимального управління

зводиться до того, щоб сформувати сигнали, які змушували б систему працювати необхідним чином, реагуючи на оцінку якості у відповідності з вибраним критерієм. Задача управління зводиться до оцінки відгуку системи на першому етапі і побудови алгоритму управління з використанням отриманих оцінок – на другому. Такий розподіл задач чітко встановлює пріоритет і показує, що перш ніж розраховувати вплив управління на систему, потрібно оцінити її поведінку. Для цього доцільно використати метод змінних стану.

Оскільки система є дискретною, то її стан визначається лише в дискретні моменти часу, тобто її можна описати системою лінійних рівнянь першого порядку:



$$\bar{x}(k+1) = \mathbf{A}(k+1, k) \cdot \bar{x}(k) + \mathbf{\Gamma}(k+1, k) \cdot \bar{w}(k) + \mathbf{\Psi}(k+1, k) \cdot \bar{u}(k), \quad (1)$$

$$\bar{z}(k+1) = \mathbf{H}(k+1) \cdot \bar{x}(k+1) + \bar{v}(k+1). \quad (2)$$

де  $\bar{x}$  – вектор стану;

$\bar{w}$  – вектор збурення;

$\bar{u}$  – вектор управління;

$\bar{z}$  – вектор вимірювання;

$\bar{v}$  – вектор похибки вимірювання;

$\mathbf{A}$  – перехідна матриця стану;

$\mathbf{\Gamma}$  – перехідна матриця збурення;

$\mathbf{\Psi}$  – перехідна матриця управління;

$\mathbf{H}$  – матриця вимірювання.

З урахуванням рис. 1 легко адаптувати вказані величини до реальних умов. Стан динамічної системи являє собою випадковий процес  $x(k)$  з дискретним часом  $k=0, 1, \dots$ . З урахуванням поставлених задач оцінка полягає у визначенні параметра  $x(k)$  в момент часу  $k$ , використовуючи отримані послідовності результатів вимірювань  $z(1), z(2), \dots, z(j)$ . Якщо оцінку значення  $x(k)$  позначити через  $x(k/j)$ , то її можна визначити як вектор-функцію вимірювання  $x(k/j) = \varphi_k(z(1), \dots, z(j))$ . Зручно розглядати похибку оцінки, яка визначається співвідношенням  $\tilde{x}(k/j) = x(k) - x(k/j)$ . Якщо оцінка неправильна ( $\tilde{x}(k/j) \neq 0$ ), встановлюється штраф, який визначає функцію втрат  $L(\tilde{x}(k/j))$ . Якщо критерієм якості оцінки  $J$  є середнє значення  $L$ , тобто  $J(\tilde{x}(k/j)) = E\{L(\tilde{x}(k/j))\}$ , то оцінка  $\tilde{x}(k/j)$  буде оптимальною, якщо вона мінімізує  $J(\tilde{x}(k/j))$ .

Для двійкових систем помилки накладаються на сигнал, що передається, таким чином, що взаємодія векторів повідомлення і помилки описується за допомогою операції додавання за модулем 2.

Для вирішення задачі управління станом  $\bar{x}$  системи вигляду (2) на певному кінцевому інтервалі часу  $]0, N]$  необхідно сформулювати послідовність сигналів управління  $u(k)$ , яка мінімізувала б параметр критерію якості. За цей параметр доцільно прийняти математичне сподівання квадрату змінних стану і управління на фіксованому інтервалі часу [8, 9]

$$J_N = E\left(\sum_{k=1}^N (\bar{x}'(k) \cdot \mathbf{A}(k) \bar{x}(k) - \bar{u}'(k-1) \cdot \mathbf{B}(k-1) \cdot \bar{u}(k-1))\right) \rightarrow \min. \quad (3)$$

Для стохастичних систем необхідно розраховувати математичне сподівання  $E$ . Параметр  $J_N$  інтерпретують як критерій якості вигляду “помилка системи плюс вплив управління”. Перша складова передбачає, що бажаний стан системи нульовий, тобто при збільшенні впливу змінних стану  $x$  на параметр  $J_N$  збільшується відхилення від нуля, а друга – характеризує інтенсивність управління. Таким чином вираз (3) являє собою баланс між похибкою системи та впливом управління. Відносна вага цих двох доданків визначається вибором матриць  $\mathbf{A}(k)$  та  $\mathbf{B}(k-1)$ .

Дані про стан системи мають вигляд послідовності результатів вимірювань  $z(1), z(2), \dots, z(N-1)$  та математичного сподівання  $E(x(0))$  початкового стану  $x(0)$ . Виходячи з цього, вектор управління в кожний момент часу  $k$  можна визначити як вектор-функцію:

$$\bar{u}(k) = \mu_k(\bar{z}(1), \dots, \bar{z}(k), E(x(0))). \quad (4)$$

Задачі синтезу оптимальних алгоритмів управління таким класом систем достатньо докладно розглянуті в літературі [9, 10]. Але їх суттєвим недоліком є те, що для реалізації потрібна повна інформація про всі властивості. Синтез алгоритмів управління в умовах відсутності частини інформації про статистичні властивості параметрів, які впливають на функціонування системи, теж розглядаються в літературі [10, 11]. Тут особлива увага приділяється байесовським принципам управління в замкнених стохастичних та адаптивних системах, де результатом є визначення комбінованих стратегій управління динамічною системою. Виходячи з вищевикладеного, виникає необхідність вирішення задачі побудови оптимальних алгоритмів управління параметрами цифрової системи зв'язку. При цьому необхідно враховувати обмеження, які накладають умови функціонування системи та принципи взаємодії об'єктів обміну інформацією. Це необхідно здійснювати, використовуючи сформульований критерій якості, який описується виразом (3).

Перевагою метода змінних стану є можливість побудови рекурентних алгоритмів оцінювання та управління, що дозволяє врахувати нестационарність каналу зв'язку і забезпечити необхідне корегування роботи алгоритму. Математична модель комп'ютерної системи передавання інформації у вигляді системи різницевих рівнянь має вигляд:

$$\bar{X}_{k+1}(g) = \mathbf{A}(k+1, k) \cdot \bar{X}_k(g), \quad (5)$$

$$\bar{y}_{k+1}(g) = \bar{x}_{\Sigma, k+1} \oplus \mathbf{B}(k+1, k) \cdot \bar{\xi}_k(g), \quad (6)$$

де  $\bar{x}_{\Sigma}(g)$  – вектор повідомлення;

$\bar{y}(g)$  – вектор спостереження;

$\bar{\xi}(g)$  – вектор адитивної похибки;

$\mathbf{A}(k+1, k)$  – перехідна матриця джерела повідомлення;

$\mathbf{B}(k+1, k)$  – перехідна матриця джерела помилок каналу зв'язку.

При цьому для кожного моменту часу  $k = 0, 1, \dots, N$  повинні бути відомі щільності розподілу імовірностей векторів повідомлення і помилки (відповідно  $p_{k+1}(\bar{x}_{\Sigma}(g)) = \mathbf{\Pi}_A^T \cdot p_k(\bar{x}_{\Sigma}(g))$  та  $p_{k+1}(\bar{\xi}(g)) = \mathbf{\Pi}_B^T \cdot p_k(\bar{\xi}(g))$ , де  $\mathbf{\Pi}_A$  та  $\mathbf{\Pi}_B$  – матриці перехідних імовірностей векторів повідомлень та похибок). Оскільки допустимі комбінації векторів утворюють групу над полем Галуа  $GF(2)$  розмірністю  $n$ , то поелементне додавання векторів повідомлення та похибки, як це показано вище, здійснюється за модулем два.

Матриця перехідних імовірностей  $\mathbf{A}(k+1, k)$  визначається складом використовуваного кодового алфавіту. З кожним кроком  $k$  вигляд матриць  $\mathbf{A}$  і  $\mathbf{B}$  змінюється відповідно до матриць перехідних імовірностей  $\mathbf{\Pi}_A$  та  $\mathbf{\Pi}_B$ . Таким чином рівняння (5) та (6) дозволяють описати систему передавання з урахуванням нестационарності каналу зв'язку.

Комп'ютерна система управління має фіксовану структуру кодових комбінацій у відповідності з більшістю протоколів передавання [12]. Вектор повідомлення має довжину  $n_{\Sigma}$  розрядів, які вміщують  $n_i$  розрядів інформаційного повідомлення та  $n_u$  розрядів слова управління. Таким чином формуються вектори:

$$\text{інформаційний: } \bar{x}_i : x_{i,1} \dots x_{i,n_i} 0_{u,1} \dots 0_{u,n_u} ; \quad (7)$$

$$\text{управління: } \bar{x}_u : 0_{i,1} \dots 0_{i,n_i} x_{u,1} \dots x_{u,n_u} ; \quad (8)$$

$$\text{сумарний: } \bar{x}_{\Sigma} : x_{i,1} \dots x_{i,n_i} x_{u,1} \dots x_{u,n_u} . \quad (9)$$

Вектор управління  $\bar{x}_{u,k+1}(g)$  і, відповідно, перехідна матриця управління  $\mathbf{\Gamma}(k+1, k)$  формуються згідно алгоритмів управління. З урахуванням того, що в системі використовується декілька параметрів управління, формат вектора управління

модифікується з використанням двох шаблонів: ідентифікатора параметра регулювання  $\bar{x}_{p,j}$  та його значення  $\bar{x}_{z,j}$  з кількістю розрядів  $n_p$  та  $n_z$  відповідно:

$$\bar{x}_u : 0_{i,1} \dots 0_{i,n_i} x_{p,1} \dots x_{p,n_p} x_{z,p1,1} \dots x_{z,p1,n_z} \dots x_{z,n_p,1} \dots x_{z,n_p,n_z} \cdot \quad (10)$$

$$\bar{x}_\Sigma : x_{i,1} \dots x_{i,n_i} x_{p,1} \dots x_{p,n_p} x_{z,p1,1} \dots x_{z,p1,n_z} \dots x_{z,n_p,1} \dots x_{z,n_p,n_z} \cdot \quad (11)$$

Тоді рівняння (5) можна привести до вигляду

$$\begin{aligned} \bar{x}_{k+1}(g) = & A(k+1, k) \cdot \bar{x}_k(g) \oplus \Gamma_p(k+1, k) \cdot \bar{x}_p(g) \oplus \Gamma_{z,p1}(k+1, k) \cdot \bar{x}_{z,p1}(g) \oplus \dots \\ & \oplus \Gamma_{z,pn}(k+1, k) \cdot \bar{x}_{z,pn}(g), \end{aligned} \quad (12)$$

де  $\Gamma_p(k+1, k)$  – перехідна матриця вектора ідентифікаторів  $j$ -того параметра управління;

$\Gamma_{z,pj}(k+1, k)$  – перехідна матриця вектора значень  $j$ -того параметра управління.

Розподіл імовірностей вектора управління  $\bar{x}_u(g)$  необхідно знати в кожний момент часу  $k = 0, 1, 2, \dots$ :

$$p_{k+1}(\bar{x}_u(g)) = \Pi_u^T \cdot p_k(\bar{x}_u(g)) \cdot \quad (13)$$

Структурна схема моделі каналу зв'язку з управлінням подана на рис. 2.

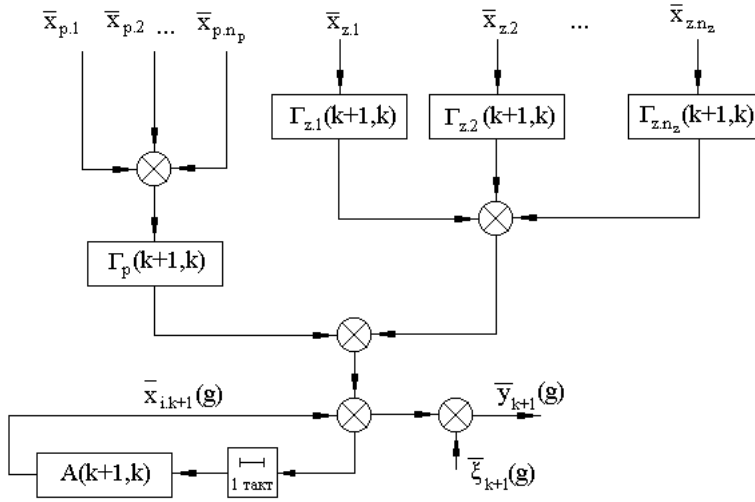


Рис. 2. Структура, яка реалізує модель каналу зв'язку з управлінням

Разом з тим, реальна система передавання інформації працює в напівдуплексному або в дуплексному режимі, що передбачає наявність двох каналів зв'язку – прямого та зворотного, причому приймачі-передавачі здебільшого ієрархічно підпорядковуються один одному (за принципом “головний – другорядний”). При цьому кожен з них буде поміщувати власну інформацію до блока управління. В залежності

від особливостей протоколу передавання окремі розряди слова управління можуть не використовуватися, але для подальшого аналізу на даному етапі це враховувати недоцільно. Тоді для прямого (a) і зворотного (b) каналів можна записати системи рівнянь:

$$\begin{aligned} \bar{x}_{k+1}^a(g) = & A^a(k+1, k) \cdot \bar{x}_k^a(g) \oplus \Gamma_p^b(k+1, k) \cdot \bar{x}_p^b(g) \oplus \Gamma_{z,p1}^b(k+1, k) \cdot \bar{x}_{z,p1}^b(g) \oplus \\ & \oplus \Gamma_{z,np}^b(k+1, k) \cdot \bar{x}_{z,np}^b(g) = A^a(k+1, k) \cdot \bar{x}_k^a(g) \oplus \Gamma_u^b(k+1, k) \cdot \bar{x}_u^b(g), \end{aligned} \quad (14)$$

$$\bar{y}_{k+1}^a(g) = \bar{x}_\Sigma^a \oplus \mathbf{B}^a(k+1, k) \cdot \bar{\xi}_k^a(g), \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_{k+1}^b(g) = & A^b(k+1, k) \cdot \bar{x}_k^b(g) \oplus \Gamma_p^a(k+1, k) \cdot \bar{x}_p^a(g) \oplus \Gamma_{z,p1}^a(k+1, k) \cdot \bar{x}_{z,p1}^a(g) \oplus \\ & \oplus \Gamma_{z,np}^a(k+1, k) \cdot \bar{x}_{z,np}^a(g) = A^b(k+1, k) \cdot \bar{x}_k^b(g) \oplus \Gamma_u^a(k+1, k) \cdot \bar{x}_u^a(g), \end{aligned} \quad (16)$$

$$\bar{y}_{k+1}^b(g) = \bar{x}_{\Sigma}^b \oplus \mathbf{B}^b(k+1, k) \cdot \bar{\xi}_k^b(g), \quad (17)$$

Структура моделі, що описується вказаними рівняннями, наведена на рис. 3.

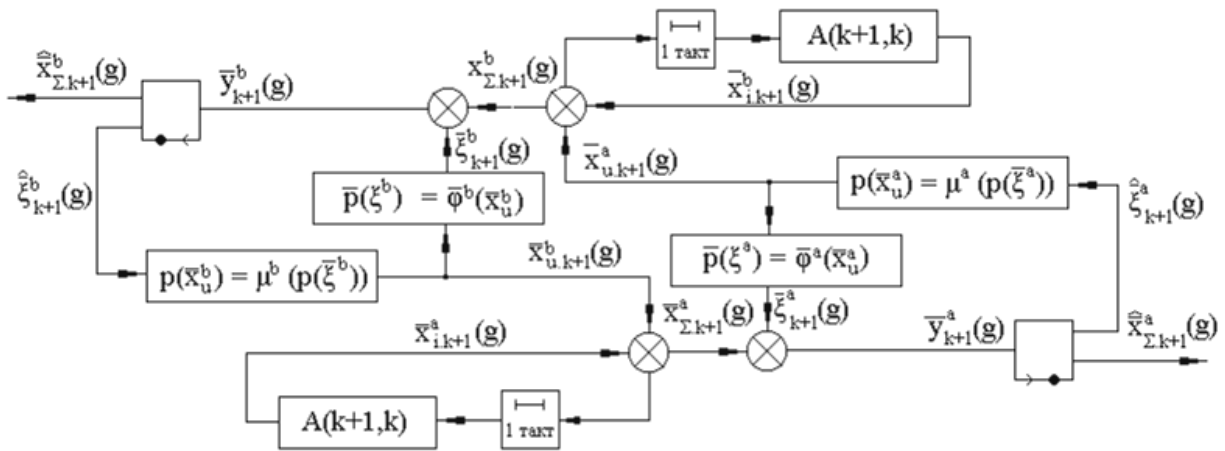


Рис. 3. Структура, яка реалізує модель системи зв'язку з управлінням для напівдуплексного або дуплексного режиму роботи

Приймач здійснює ідентифікацію сигналів і формує відгук на вплив управління. У відповідності з цим, встановлюються необхідні вектори управління за активованими параметрами регулювання. Відгук на вектори управління описується функцією  $\varphi(x_{ui})$ , яка являє собою залежність розподілу імовірності вектора помилок від вектора управління.

Вказана модель не конкретизує параметри управління та їх кількість, але враховує нестационарність каналу та помилки, які виникають внаслідок впливу зовнішніх завад.

Незалежно від природи помилок (адитивні, мультиплікативні, граничні), процес їх виникнення у кодових комбінаціях двійкових систем як для біполярного, так і для уніполярного режимів передавання можна описати у вигляді порозрядного додавання за модулем два:

$$\bar{y}_n = \bar{x}_n \oplus \bar{\xi}_n, \quad (18)$$

$$(y_1 y_2 \dots y_n) = (x_1 x_2 \dots x_n) \oplus (\xi_1 \xi_2 \dots \xi_n). \quad (19)$$

Розподіл імовірностей для групи векторів можна визначити за допомогою формули Бернуллі для незалежних помилок, що виникають в каналі зв'язку

$$p_{\xi, B}(j) = \sum_{w_j=1}^n C_{n_j}^{w_j} \cdot p_0^{w_j} \cdot (1-p_0)^{n_j-w_j}, \quad (19)$$

де  $w_j$  – вага  $j$ -тої кодової комбінації;

$n_j$  – довжина  $j$ -тої кодової комбінації;

$p_0$  – імовірність помилки в елементарному символі.

Для помилок із синдромом групування імовірність виникнення помилок можна описати формулою, запропонованою Л.П. Пуртовим:

$$p_{\xi, \Pi}(j) = \left( \frac{n_j}{w_j} \right)^{1-\alpha_k} p_0, \quad (20)$$

де  $\alpha_k$  – показник групування помилок для різних типів каналів.

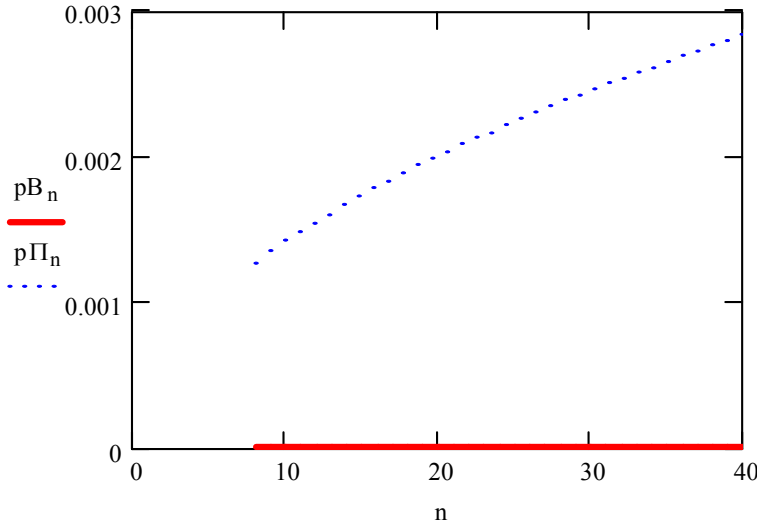


Рис. 4. Розрахунки імовірностей виникнення помилок в кодових комбінаціях для  $p_0=10^{-3}$  за формулами Бернуллі ( $pB$ ) та Пуртова ( $pП$ )

У формулі (20) показник групування помилок  $\alpha_k$  можна визначити для конкретного типу каналу лише експериментально. В літературі [13] наведені значення коефіцієнта  $\alpha_k = (0,32 \dots 0,6)$  для деяких типів каналів. На рис. 4 для порівняння наведені характеристики помилок, розрахованих за вказаними методиками для однакових параметрів передавання. Необхідно відзначити, що байтовий формат передавання даних в асинхронному режимі

зменшує вплив синдрому групування.

В залежності від апріорних відомостей щодо умов передавання інформації можна використовувати ту чи іншу методику. Це дозволяє визначити імовірності виникнення помилок для всіх дозволених кодових комбінацій. Імовірність вектора спостереження  $\bar{y}(j)$  для цих кодових комбінацій визначається операцією згортання:

$$p_k(\bar{y}(j)) = \sum_{i=1}^{2^n} p_k(\bar{x}_\Sigma(i)) \cdot p_k(\xi(i \oplus j)) \quad (21)$$

Умовна імовірність ідентифікації кодової комбінації  $\bar{y}(j)$  за умови передавання кодової комбінації  $\bar{x}_\Sigma(i)$  визначається імовірністю появи кодової комбінації  $(i_n) \oplus (j_n)$ . Тоді умовну імовірність вектора спостереження можна визначити як

$$p(\bar{y}(j)/\bar{x}_\Sigma(i)) = p(\bar{\xi}(i \oplus j)) \quad (22)$$

Повна імовірність появи вектора ідентифікації  $\bar{y}(j)$  визначається як згортка розподілів імовірностей кодових комбінацій повідомлення і помилок

$$p(\bar{y}(j)) = p(\bar{x}_\Sigma(g), \bar{\xi}(g)) \quad (23)$$

яка визначається виразом (21). Кінцевий вираз для визначення умовної імовірності згідно формули Байєса:

$$p(\bar{x}_\Sigma(i)/\bar{y}(j)) = \frac{p(\bar{x}_\Sigma(j)) \cdot p(\bar{\xi}(j \oplus i))}{\sum_{m=1}^{2^n} p(\bar{x}_\Sigma(m)) \cdot p(\bar{\xi}(m \oplus j))} \quad (24)$$

або з урахуванням структури повідомлення

$$\begin{aligned}
& p(\bar{x}_i(j) \oplus \bar{x}_p(i) \oplus \bar{x}_{z.1}(i) \oplus \dots \oplus \bar{x}_{z.n_p}(i) / \bar{y}(j)) = \\
& = \frac{p(\bar{x}_i(j) \oplus \bar{x}_p(i) \oplus \bar{x}_{z.1}(i) \oplus \dots \oplus \bar{x}_{z.n_p}(i)) \cdot p(\bar{\xi}(j \oplus i))}{\sum_{m=0}^{2^n-1} (p(\bar{x}_i(j) \oplus \bar{x}_p(i) \oplus \bar{x}_{z.1}(i) \oplus \dots \oplus \bar{x}_{z.n_p}(i)) \cdot p(\bar{\xi}(m \oplus j)))}.
\end{aligned} \tag{25}$$

Формула (25) може бути використана як для прямого, так і для зворотного каналу, тому ідентифікатор каналу не використовується.

Вектор помилок в каналі зв'язку можна подати у вигляді  $\bar{\xi}_{k+1}(g) = (\xi_1 \xi_2 \dots \xi_n)$ , де  $\xi_j = 0$ , якщо помилки немає,  $\xi_j = 1$ , якщо помилка наявна. Тоді вага вектора помилок дорівнює сумі його елементів. Показник якості передавання

$$E_k = \frac{1}{\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n \xi_j}, \tag{26}$$

де  $K$  – об'єм вибірки для оцінювання стану каналу зв'язку,

характеризує якість передавання даних каналом зв'язку і може змінюватись в діапазоні  $]0, 1[$ . Граничні значення цього інтервалу характеризують потенційні параметри каналу – абсолютно зашумлений канал, де всі біти являють собою помилки ( $k \rightarrow \infty$ ) та ідеальний канал без помилок.

Повідомлення, що має передаватися до каналу зв'язку  $\bar{x}_k$ , складається з інформаційної  $\bar{x}_i$  та службової  $\bar{x}_u$  частин:

$$\bar{x}_k : \bar{x}_i \oplus \bar{x}_u. \tag{27}$$

Після виконання завадозахищеного кодування, до кодової комбінації  $\bar{x}_k$  додається ще й  $m$  контрольних розрядів:

$$\bar{x}_n : \bar{x}_k \oplus \bar{x}_m = \bar{x}_i \oplus \bar{x}_u \oplus \bar{x}_m. \tag{28}$$

Такий формат представлення даних дозволяє вносити необхідні корективи до вхідних параметрів розробленої моделі каналу.

Розроблена математична модель дозволяє використовувати потужний математичний апарат теорії автоматичного управління для аналізу і синтезу систем передавання дискретної інформації. Залучаючи стандартні алгоритми регулювання, можна будувати адаптивні системи, використовуючи для цього цільову функцію показника якості передавання інформації каналом зв'язку  $E_k$ , який залежить від складу вектора сигналу  $\bar{x}_n$ , що передається, імовірності спотворення елементарного сигналу  $p_0$ , довжини блока, що передається,  $N_b$  та кількості помилок, що виправляються,  $t$ . Таким чином, вказану задачу можна сформулювати у вигляді:

$$\begin{cases} E_k = \max_{\bar{x}_n, p_0, N_b, t} E_k(\bar{x}_n, p_0, N_b, t) \\ v_k \rightarrow v_{nor} \\ p_k \rightarrow p_{nor} \end{cases}, \tag{29}$$

де  $v_k = N_b / T = (8k_v \cdot N_b) / \tau$  – швидкість передавання інформації;

$p_k$  – імовірність правильного приймання блоку з  $N_b$  байт даних;

$p_{пор}$  – пороговая імовірність правильного приймання блоку з  $N_b$  байт даних;  
 $v_k$  – швидкість передавання даних каналом зв'язку;  
 $v_{пор}$  – порогова швидкість передавання даних каналом зв'язку;  
 $T$  – час передавання блоку з  $N_b$  байт даних,

з урахуванням граничного значення об'єму сигналу  $V_k \leq V_{пор}$ .

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Калашников А.Е. Диалоговая система многокритериальной оптимизации технологических процессов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Калашников Александр Евгеньевич. – М.: 2004. – 136 с.
2. Щипин К.С. Система прогнозирования на основе многокритериального анализа временных рядов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Щипин Константин Сергеевич. – М.: 2004. – 134 с.
3. Анализ возможности применения теории автоматического управления для исследования телекоммуникационных систем: тр. 2 междунар. форума „Информационные технологии в XX\_ веке” [Электронный ресурс] / Батыр С.С., Суков С.Ф. – Днепропетровск, 27 – 28 апреля 2004. – Режим доступа: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2004/kita/batyr/library/statya1.htm>
4. Абилов А.В. Разработка и исследование алгоритмов оценки цифровых сигналов и оптимального использования частотного ресурса в радиотелефонной системе: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.16 / Абилов Альберт Винерович. – Ижевск: 2000. – 160 с.
5. Сысоев С.С. Рандомизированные алгоритмы стохастической оптимизации и их применение для повышения эффективности работы вычислительных комплексов и сетей: Дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.11 / Сысоев Сергей Сергеевич. – С.-Пб.: 2005. – 80 с.
6. Елисеев С.Н. Исследование алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов в системах связи и радиовещания: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.13 / Елисеев Сергей Николаевич. – Самара: 2002. – 202 с.
7. Палей Д.Э. Исследование динамики дискретных систем фазовой синхронизации второго порядка с нелинейным фильтром: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.01 / Палей Дмитрий Эзрович. – Ярославль: 1998. – 188 с.
8. Медич Дж. Статистические оптимальные линейные оценки и управление / Медич Дж.; пер. с англ. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.
9. Квакернак Х. Линейные оптимальные системы управления / Квакернак Х., Сиван Р.; пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 650 с.
10. Васильев К.К. Методы обработки сигналов / Васильев К.К.. – Ульяновск: УлГТУ, 2001. – 80 с.
11. Кулик А.Я. Інформаційна оцінка ефективності адаптивної системи передавання / А.Я. Кулик // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – № 3. – С. 41 – 43.
12. Телекоммуникационные технологии [Электронный ресурс] / Ю.А. Семёнов. – Режим доступа: <http://book.itep.ru/1/intro1.htm>
13. Кузьмин И.В. Кодирование и декодирование в информационных системах / И.В. Кузьмин, В.И. Ключко, В.А. Литвин. – К.: Вища школа, 1985. – 190 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Кветний Р.Н.

## МОДЕЛЮВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*У статті розглянуті перспективи розвитку військових автоматизованих систем управління, визначена структурна архітектура розподілу проблем захисту інформації військового призначення за допомогою технічних засобів. Виходячи з аналізу вимог захисту інформації, що викладені в відповідних законах України, запропоновано модель універсальної системи технічного захисту інформації на основі компонент, що складають своєрідну підсистему захисту інформації в автоматизованих системах управління військового призначення.*

*В статье рассматриваются перспективы развития военных автоматизированных систем управления, определена структурная архитектура распределения проблем защиты информации военного назначения с помощью технических средств. Исходя из анализа требований по защите информации, изложенных в различных законах Украины, предложено модель универсальной системы технической защиты информации на основе компонент, что составляют своеобразную подсистему защиты информации в автоматизированных системах управления военного назначения.*

*In the article the prospects of development of the military automated control systems are considered, the structural architecture of distribution of problems of protection of the military-oriented information by means of means is defined. Proceeding from the analysis of requirements on protection of the information, stated in various laws of Ukraine, it is offered model of universal system of technical protection of the information on a basis a component that make an original subsystem of protection of the information in the automated military-oriented control systems.*

**Вступна частина.** Розвиток і впровадження нових зразків військової техніки, в тому числі і існуючих, на сьогоднішній день не можливо уявити без застосування спеціалізованої обчислювальної техніки військових автоматизованих систем управління (ВАСУ) оборонної промисловості України. Спеціалізована обчислювальна техніка ВАСУ використовується в системах протиповітряної оборони (ППО), системах протиракетного нападу (СПРН), системах протиракетної оборони (ПРО) нашої країни, а також в комплексах обчислювальних засобів для спостереження за штучним супутником землі, а це дає поштовх до постійного її вдосконалення.

Відповідно до викладеного не викликає заперечення той факт, що в майбутньому основою всієї техніки буде електронна цифрова обчислювальна техніка, основною функцією якої стане безпечне збереження, передача великих об'ємів інформації, яка буде забезпечувати високопродуктивну працездатність військових автоматизованих систем управління в налагодженій системі оборони. В цьому напрямку вже зроблені певні кроки, а завдання: “Уніфікація підходів та принципів до реалізації заходів по забезпеченню інформаційної безпеки, як найбільш складного і трудомісткого компонента, що забезпечує безпеку інформаційних систем в військових підрозділах”, а також: “Проектування архітектури системи технічного захисту інформації в автоматизованих системах управління військового призначення” залишаються і надалі актуальним.

**Основна частина.** Рішення завдання по способу захисту інформації військового призначення (ЗІВП) залежить від запропонованої форми впливу на інформацію (копіювання, знищення, викривлення) носія інформації, що використовується, стану



інформаційного масиву (знаходиться інформація в стані передачі, обробки чи зберігання), від того, здійснюється чи збереження інформації безперервно або по мірі факту нападу [1-2]. Даний тип ієрархії наглядно представимо в вигляді схеми розподілу проблем ЗІВП за допомогою технічних засобів (рис. 1).



Рис. 1. Ієрархічна схема розподілу проблем ЗІВП за допомогою технічних засобів

Після представлення проблем по захисту інформації військового призначення зроблено спробу, на основі аналізу сучасних вимог до захисту інформації, викладених в відповідних Законах України, стандартних і нормативних документах системи технічного захисту інформації [3-4], викласти свій погляд на призначення і функції таких систем захисту, а також їх можливу архітектуру. При цьому перш за все мова йде про захист інформації від несанкціонованого доступу в автоматизованих системах управління (АСУ), які являються військовою, а відповідно і державною власністю.

Системи захисту інформації в військових автоматизованих системах управління призначені для забезпечення безпечної інформаційної технології, тобто забезпечення доступності конфіденційності інформації, цілісності інформації і інших ресурсів, а також забезпечення спостережуваності.

Для запобігання можливості реалізації загроз ресурсам військових АСУ необхідна розробка і використання в ВАСУ комплексної системи технічного захисту інформації. Вимоги до такої системи передбачають централізоване управління засобами і механізмами захисту на основі визначеної політики інформаційної безпеки і реалізуючого її плану технічного захисту військової інформації.

Комплексною системою захисту військової інформації [5] прийнято називати сукупність організаційно-правових і інженерних заходів, а також програмно-апаратних засобів, що забезпечують технічний захист інформації (ТЗІ) в ВАСУ. Саме за її нормативними документами системи ТЗІ покладається завдання забезпечення вже згаданих функціональних властивостей захисту ВАСУ. Це завдання вирішується як технічними, так і програмними заходами базового і прикладного програмного забезпечення, а також з використанням спеціально розроблених програмних і апаратних засобів ТЗІ, виходячи з основних принципів побудови системи захисту інформації в ВАСУ.

Практика створення систем захисту інформації (СЗІ) в АСУ дозволяє виділити наступні основні принципи побудови СЗІВП [1-2].

1. Простота механізму захисту.
2. В нормативних умовах доступ до механізму захисту повинен бути відсутнім, і для роботи систем необхідно, щоб виконувались визначені умови, при яких доступ до механізму захисту стає неможливим.
3. Всі можливі канали витоку інформації повинні бути перекриті.

4. Механізм захисту не обов'язково повинен бути засекреченим.
5. Дозвіл повноважень.
6. Мінімальні повноваження.
7. Максимальна обґрунтованість механізму захисту.
8. Психологічна привабливість.

3 принципів побудови СЗІВП можемо поставити основні завдання технічних заходів, що полягають в забезпеченні фізичної і інформаційної безпеки. Для реалізації фізичної безпеки використовуються пристрої, частіше всього які не являються елементами ВАСУ і відносяться до достатньо автономних технічних засобів (наприклад, пристрої захисту інформації від витоку по каналам побічних електромагнітних випромінень). Серед небагаточисленних виключень – автоматизовані засоби управління фізичним доступом, системи охоронної і пожежної сигналізації, котрі можуть бути інтегровані в склад основних засобів ТЗІВП.

Військова інформаційна безпека забезпечується використанням технічних засобів:

- побудова моделі захищеної системи;
- управління доступом до ресурсів АСУ;
- забезпечення цілісності і конфіденційності;
- забезпечення спостережуваності;
- захист від впливу вірусів і інших впливів, що викликають будь-яку несанкціоновану модифікацію інформації;
- захист інформації при передачі інформації.

Головним завданням технічних засобів захисту військової інформації являється запобігання умисного або випадкового доступу до інформації або ресурсів військових АСУ (з ціллю ознайомлення, використання, модифікації або знищення інформації) з боку авторизованих користувачів або інших осіб, які знаходяться в межах зон безпеки інформації АСУ, незалежно від способу доступу до цих зон.

Найбільш важливими для захисту ВАСУ, з точки зору перспектив розвитку, являються програмні засоби захисту, що дозволяють спроектувати модель захищеної автоматизованої системи з побудовою правел розмежування доступу, централізованого управління процесами захисту, інтегрувати різні механізми і засоби захисту в єдину систему, створювати достатньо зручний, інтуїтивно доступний інтерфейс адміністратора безпеки. До того ж, зважаючи на складність автоматизованої системи, а також необхідності саме комплексного і ефективного використання всіх автоматизованих засобів ТЗІВП, забезпечення високої управляємості ними. Значну частину цих засобів доцільно виділяти в достатньо автономну частину ВАСУ, в її специфічну функціональну компоненту або підсистему, яку назвемо підсистемою захисту інформації військового призначення (ПЗІВП).

При цьому ПЗІВП, як одна із основних систем технічного захисту військової інформації, повинна забезпечувати збереження основних функціональних засобів захищених автоматизованих систем (цілісності, конфіденційності, доступності і спостережуваності) [2].

Для ПЗІВП, як для будь-яких інших систем подібного рівня складності, повинна застосовуватись компонентна модель побудови, суть якої достатньо викладена в [6] і полягає в побудові системи (програмного продукту) із великої кількості незалежних компонент, котрі можуть розроблятися окремо і незалежно одна від одної і взаємодіяти тільки на рівні інтерфейсу.

Запропонована архітектура підсистеми захисту інформації військового призначення представлена на (рис. 2). До її складу, як елементи, входять компоненти (в свою чергу, кожна із компонент може також складатися з елементів або компонент), кожна з яких призначена для реалізації визначеного набору послуг безпеки і управління. Сукупність таких послуг повинна забезпечувати всі основні функціональні засоби захищених ВАСУ.

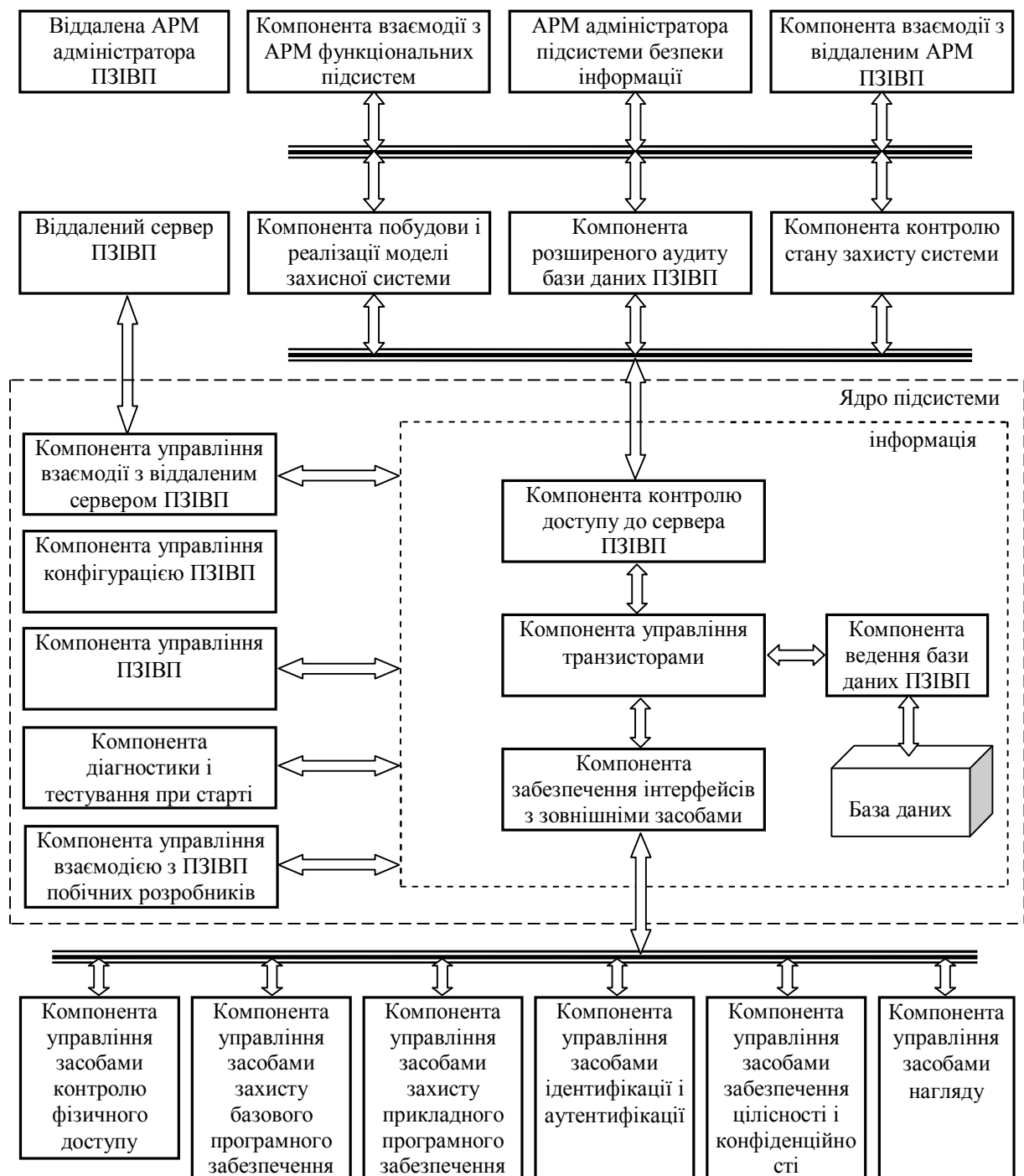


Рис. 2. Архітектура підсистеми захисту інформації військового призначення

У складі ПЗІВП доцільно виділити її ядро – сукупність компонент, котрі реалізують основні принципи функціонування і управління підсистемами захисту інформації військового призначення, правила взаємодії її компонент, дозволяють гнучко конфігурувати склад засобів забезпечення захисту в залежності від динамічної зміни умов експлуатації АСУ і моделі погроз системі. До складу ядра, в свою чергу, можна віднести:

- компонента контролю доступу до серверів ПЗІВП, яка реалізує функції генерації сеансових ключів для кожного підключення до серверу підсистеми захисту інформації, контролю повноважень адміністраторів на виконання команд управління процесом захисту і ведення бази даних повноважень адміністраторів;

- компонента управління ПЗІВП, яка реалізує функції управління і контролю за функціонуванням ядра ПЗІВП;
  - компонента управління конфігурацією ПЗІВП, яка реалізує функцію ведення внутрішньої бази даних, що визначає поточну структуру активних засобів захисту і ключові параметри їх взаємодії, правил розмежування доступу до ресурсів самої ПЗІВП, налагодження внутрішньої бази даних параметрів функціонування інших компонент, які реалізують цю підсистему;
  - компонента діагностики і тестування: забезпечує контроль цілісності і, при необхідності, відновлення цілісності програмних засобів самої ПЗІВП, а також локалізацію помилок при збоях і аваріях. Забезпечує тестування і діагностику при старті системи, при відновленнях після збоїв і по запиту адміністратора безпеки;
  - компонента управління транзакціями: реалізує функції підтримки транзисторної моделі виконання команд ПЗІВП, тобто команда рахується як виконана успішно тільки в тому випадку, якщо успішно виконані всі складові її операції. В випадку помилки всі результати виконання команди повинні бути анульовані;
  - компонента ведення бази даних ПЗІВП: реалізує функції інтерпритації команд ПЗІВП в команди управління даними, підтримки ефективного функціонування бази даних ПЗІВП (налаштування індексів, оптимізація запитів), резервування і відновлення бази даних даної підсистеми після збоїв.;
  - компонента забезпечення інтерфейсів з зовнішніми засобами захисту: реалізує функції встановлення і підтримки зв'язку з активними компонентами управління засобами контролю фізичного доступу, управління засобами контролю цілісності, криптографічного захисту і компонентами управління засобами захисту базового і прикладного програмного забезпечення;
  - компонента управління взаємодією з віддаленим сервером ПЗІВП. Призначена для управління потоком інформації між серверами різних рівнів (центрального, регіонального і місцевого), синхронізації бази даних та управління повноваженнями адміністраторів підпорядкованих рівнів.;
  - компонента управління взаємодією з ПЗІВП побічних розробників: призначена для управління потоком інформації між ПЗІВП інших ВАСУ при їх взаємодії.
- Для централізованого управління ПЗІВП слугують компоненти, що забезпечують діяльність адміністраторів даної підсистеми у складі:
- автоматизоване робоче місце (АРМ) адміністратора ПЗІВП, яке реалізує функції представлення графічного індивідуального інтерфейсу адміністратора, видачі індивідуальних або звукових попереджень про дії, що мають критичний вплив на безпеку системи;
  - компонента взаємодії з віддаленим АРМ ПЗІВП, реалізує функції представлення сервісів ПЗІВП для віддаленого використання, захисту потоків інформації між компонентами ПЗІВП і віддаленим АРМ (в тому числі і використання криптографічних методів).;
  - компонента взаємодії АРМ функціональних підсистем, реалізує функції управління потоком інформації між ПЗІВП і АРМ функціональних підсистем, а саме з: АРМ адміністратора бази даних, АРМ адміністратора програмно-технічного комплексу, АРМ адміністратора телекомунікацій і мереж;
  - компонента побудови і реалізації моделі захищеної системи, реалізує функції: автоматизованої побудованої моделі захищеної системи, тобто створення структури об'єктів, суб'єктів і правил розмежування доступу в відповідності з вибраною політикою безпеки для даної захищеної системи та ведення класифікаторів подій;
  - компонента контролю стану захищеної системи, реалізує функції: ведення журналу подій, що впливають на стан безпеки захищеної системи, відслідковування і обробки критичних подій, надання засобів управління правилами відслідковування подій для окремих компонент ВАСУ;

- компонента розширеного аудиту бази даних ПЗІВП, реалізує функції: візуальної побудови і виконання складних запитів по базі даних ПЗІВП, надавання результатів запитів в зручній для адміністратора безпечній формі з виведенням результатів на дисплей, принтер;

- компонента управління засобами контролю фізичного доступу, реалізує функції: інтеграції команд ПЗІВП в команди управління засобами контролю фізичного доступу, а також прийом і обробку повідомлень про події від цих засобів;

- компонента управління засобами ідентифікації і аутентифікації, реалізує функції: надання сервісів ідентифікації і аутентифікації базовому або прикладному програмному забезпеченню ВАСУ, в випадку, якщо дані сервіси не реалізовані або їх використання небажане або неможливе з якихось причин;

- компонента управління засобами забезпечення цілісності і конфіденційності, реалізує функції: доступу до ресурсів ВАСУ, управління сервісами контролю і відновлення цілісності, а також криптографічних перетворень;

- компонента управління засобами захисту базового програмного забезпечення, реалізує функції: інтеграції команд ПЗІВП в команди управління засобами захисту базового програмного забезпечення;

- компонента управління засобами прикладного програмного забезпечення, реалізує функції: інтеграції команд ПЗІВП в команди управління засобами захисту прикладного програмного забезпечення, прийняття і обробку повідомлень від засобів захисту;

- компонента управління засобами спостереження забезпечує управління комплексною системою ПЗІВП в тому числі, запам'ятовування подій, що являються небезпечними для конфіденціальності і цілісності ресурсів ВАСУ.

Запропонована архітектура може слугувати основою для побудови типових ПЗІВП в інформаційних системах, забезпечуючи при цьому можливість інтеграції різних засобів і механізмів з ціллю забезпечення основних функціональних засобів захисту інформації.

**Висновок.** Захист автоматизованих систем управління військового призначення від різних способів та методів посягання на інформаційні ресурси являється одним з найактуальніших питань сьогодення, тому робота по виділенню з складу ВАСУ достатньо самостійних підсистем захисту інформації уніфікованої архітектури і функцій захисту дозволить прискорити процес створення захищених ВАСУ. А це, в свою чергу, дозволить в подальшому забезпечити взаємодію ПЗІВП при інформаційному обміні між різними ВАСУ.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Методы и средства защиты информации. В 2-х томах / Ленков С.В., Перегудов- Д.А., Хорошко В.А., Под ред. В.А. Хорошко. – К.: Арий, 2008. – Том I. Несанкционированное получение информации. – 464 с., ил.

2. Методы и средства защиты информации. В 2-х томах / Ленков С.В., Перегудов- Д.А., Хорошко В.А., Под ред. В.А. Хорошко. – К.: Арий, 2008. – Том II. Информационная безопасность. – 344 с., ил.

3. Закон України «Про захист інформації в автоматизованих системах» від 05.07.1994 року.

4. ДСТУ 3396.0-96. «Захист інформації. Технічний захист інформації. Основні положення».

5. «Загальні положення щодо захисту інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу» (НД ТЗІ 1.1 – 002 – 99).

6. «Класифікація автоматизованих систем і стандартні функціональні профілі захищеності обробленої інформації від несанкціонованого доступу» (НД ТЗІ 2.5 – 005 - 99).

Рецензент: **д.т.н., проф. Хорошко В.О.**

## МЕТОД СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ МОДЕЛЕЙ ПРОГРАМОВАНИХ РАДІОЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*Рассмотрены особенности структурного синтеза программируемых радиосредств в телекоммуникационных системах. Предложен метод структурного синтеза иерархической телекоммуникационной системы с программируемыми радиосредствами.*

*Розглянуті особливості структурного синтезу програмованих радіозасобів в телекомунікаційних системах. Запропонований метод структурного синтезу ієрархічної телекомунікаційної системи з програмованими радіозасобами.*

*The features of structural synthesis of programmable radio facilities are considered in the telecommunications systems. The method of structural synthesis of the hierarchical telecommunication system is offered with programmable radio facilities.*

**Постановка завдання.** Побудова перспективної телекомунікаційної системи з програмованими радіозасобами (ТКС з ПРЗ) пов'язана із завданням її оптимізації, яка включає підзадачі пошуку (синтезу) оптимальної структури (оператора) системи і визначення оптимального управління її функціонуванням і структурою. З математичної точки зору завдання синтезу зводиться до знаходження екстремуму деякого функціонала або деякої функції багатьох змінних [1, 2].

Цільова функція завдання оптимізації ТКС залежить від її структури, сукупності змінних (що оптимізуються), а також від безлічі фіксованих параметрів системи. Оскільки оптимальна структура ТКС неявним чином залежить від „зовнішніх умов”, актуальним є завдання динамічної оптимізації, тобто синтез оптимальної ієрархічної структури на заданому тимчасовому інтервалі з урахуванням змін зовнішнього середовища. В цьому випадку, окрім ефективності структури необхідно враховувати і гнучкість її перестроювання при змінах середовища. Динамічна оптимізація безпосередньо зв'язана і з проблемою вибору оптимального числа рівнів ієрархії залежно від зовнішніх умов.

Поняття ТКС, як ієрархічної системи, включає поведінку окремих елементів і підсистем, яка пов'язана з цілеспрямованістю, визначеною як оптимізація деякого функціонала. Не дивлячись на велику кількість робіт з проблем математичного моделювання структур ТКС, як ієрархічних систем, в даний час не тільки не створена загальна їх теорія, але відсутнє навіть загальноприйняте визначення, що не зводиться до переліку різних прикладів, а відомі моделі стосуються окремих аспектів функціонування конкретних підсистем [6].

Найменше розробленою є проблема синтезу ієрархічної структури ТКС: пошук структури загального вигляду, оптимальної в сенсі деякого критерію. У переважній більшості існуючих моделей розглядаються тільки лінійні структури, а обмеження, критерій оптимальності і методи дослідження визначаються специфікою конкретного завдання.

Основою оптимізації схвалюваних рішень щодо розподілу ресурсів в ТКС з ПРЗ, параметрів формованих систем сигналів і пристроїв їх обробки, а також алгоритмів доступу до мережевого ресурсу, комутації і маршрутизації є їх математичні моделі.

У даний час сформульовані основні вимоги до математичних моделей, найважливішими з яких є: адекватність (ізоморфність), мінімальна надмірність (простота), узгодженість з ефективними методами дослідження. Найбільшою мірою цим вимогам задовольняє клас марківських моделей, що забезпечує облік імовірнісно-тимчасових властивостей описаних процесів при мінімальній розмірності моделей і

добре їх узгодження з сучасними методами стохастичного оптимального оцінювання і управління. Нижче розглянутий порядок синтезу моделей ТКС (рис. 1).

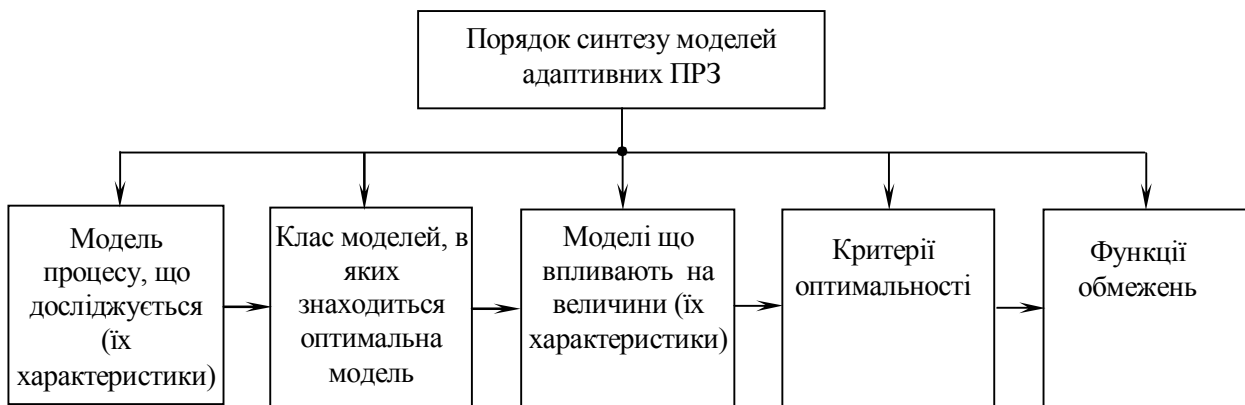


Рис. 1. Структуризація завдання синтезу моделей адаптивних ПРЗ в просторі стану

При дослідженні різних видів нелінійних систем вельми широко використовується метод фазового простору. Це обумовлено тим, що розгляд фазового простору динамічної системи дозволяє дати геометричну інтерпретацію процесів, що відбуваються в ній. Як відомо стан динамічної системи  $n$ -го порядку у будь-який момент часу визначається значеннями  $n$  координат. Значення цих координат задає деяку точку в  $n$ -мірному просторі, по осях якого відкладені координати системи. Відповідно, точка, що характеризує стан системи, називається точкою, що зображає, а простір – фазовим простором.

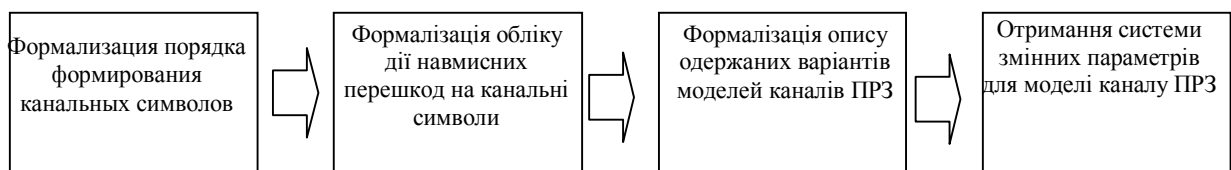


Рис. 2. Формалізація опису каналу передачі ПРЗ з СЗЧ і ТК

При функціонуванні системи її координати змінюються, і точка, яка зображає, описує деяку криву, так звану фазовою траєкторією. Вид траєкторій, по яких здійснюється перехід системи з одного стану в інший, дозволяє судити про динамічні властивості системи (час перехідного процесу, точність і т.д.). Т.ч., завдання управління зводиться до переміщення точки, що зображає, з деякої допустимої області початкових умов в задану точку (або область) простору [3].

### Рішення задачі синтезу моделей програмованих радіозасобів

При рішенні задачі структурного синтезу слід виконати ряд етапів, перш ніж перейти власне до побудови структурної моделі [7].

1) Необхідно задати початкову ієрархічну структуру ПРЗ на підставі апріорної інформації, яка є в системі: кількість змінних, кількість категорій значень цих змінних, що враховуються, і кількість вимірювань, необхідне для формування системи вищого рівня – системи даних.

2) Необхідно наповнити початкову систему реальними даними, які необхідно квантувати з метою задоволення обчислювального обмеження і обмеження даних.

3) безпосередня побудова моделі структури ПРЗ, а потім моделі пошукової структури ПРЗ, що породжує.

Хай ПРЗ задане у вигляді  $n$  змінних

$$X = \{X_i\}, i = \overline{1, n}$$

з  $Q_i$  рівнями квантування для кожної змінної, а також послідовність  $N$  одночасних вимірювань  $X$  змінних. Тоді можна скласти матрицю даних  $D = X \times N$ .

Побудова моделі структури ПРЗ, що породжує, розбивається на два етапи.

1. Проводиться заміна груп найбільш зв'язаних (по критерію максимуму взаємної інформації) змінних похідними змінними, видалення з розгляду найменше значущих для визначення структури системи змінних і скорочення числа різних значень похідних змінних, що залишилися (при цьому найменше вірогідні значення групуються в одну категорію).

2. Здійснюється вибір якнайкращої маски і власне побудова моделі за допомогою відомих алгоритмів.

Розглянемо кожний з етапів докладніше.

На першому етапі як показник для виділення груп найбільш зв'язаних змінних використовується визначення взаємної інформації

$$I(X_i; X_j) = \sum_{(X_i, X_j)} p(X_i, X_j) \log_2 \frac{p(X_i, X_j)}{p(X_i)p(X_j)}.$$

Процедура виділення груп найбільш зв'язаних змінних здійснюється у наступній послідовності. Знаходиться пара змінних, для яких, є  $I(X_i, X_j)$  максимальний серед всіх значень взаємної інформації, розрахованої для пар змінних в  $X$ . Змінна  $X_i$  повинна залежати від  $X_j$  певним рівнем значущості, що перевіряється за допомогою  $\chi^2$ -критерію.

Якщо  $I(X_i, X_j)$  величина значуща, то  $(X_i, X_j)$  змінні можна об'єднати і одержати нову систему із  $n-1$  змінною. Далі весь процес повторюється з новою системою. Якщо в результаті проведених обчислень не буде знайдено значущих величин, це показує, що процес виділення груп взаємозв'язаних змінних закінчений і одержана похідна система із  $m \leq n$  змінними.

У випадку якщо число  $m$  велике можна прибрати з розгляду найменше значущі для визначення структури системи змінні. Це здійснюється на підставі величини взаємної інформації

$$I(X_i; X - X_i) = \sum_{(X_i; X - X_i)} p(X_i; X - X_i) \log_2 \frac{p(X_i; X - X_i)}{p(X_i)p(X - X_i)}, i = \overline{1, n}.$$

Задаючись рівнем значущості  $I(X_i; X - X_i)$ , за допомогою  $\chi^2$ -критерію знаходиться порогове значення і відкидаються незначущі змінні. В результаті виходить система із  $k \leq m \leq n$  змінними.

За рахунок заміни груп найбільш зв'язаних змінних новими змінними можна скоротити число різних значень цих змінних. Для цього найменше вірогідні значення групують в одну категорію.

### Приклад синтезу моделей програмованих радіозасобів

Розглянемо змінну  $X_i$ , що приймає значення  $x_1, x_2, \dots, x_k, x_{k+1}, \dots, x_n$ , і визначимо втрату інформації при об'єднанні значень  $x_{k+1}, \dots, x_n$  в категорію  $x'_{k+1}$ .

Об'єднання значень створює нову змінну  $X'_i$  із  $k+1$  значенням замість  $n$ , де  $k+1$ -е значення відноситься до безлічі  $x_{k+1}, \dots, x_n$  значень  $X_i$ . Втрати інформації при заміні  $X_i$  змінної на змінну  $X'_i$  складуть



$$\Delta I = I(X_i; X - X_i) - I(X'_i; X - X_i).$$

Якщо ці втрати не значущі, то можна проводити угруповання значень.

Після виконання першого етапу побудови моделі системи, що породжує, одержуємо систему із  $k$  змінних

$$V = \{V_i\}, i = \overline{1, k},$$

з якою можуть працювати алгоритми, запропоновані [2-4].

На 2-му етапі застосування алгоритмів з [2] дозволяє одержати набір якнайкращих масок для кожної з потужностей маски  $k$  до максимально допустимої. Для вибору маски найбільш придатної для побудови моделі структурованої системи, слід порівняти відносний приріст умовної ентропії. Відносний приріст умовної ентропії зростає із зростанням потужності маски і убуває, починаючи з маски оптимальної потужності.

Об'єднуючи вищесказане, сформулюємо наступний алгоритм ідентифікації багатозв'язкових систем (рис. 3).

Для визначення наскільки модель відповідає початковій системі даних, виконується зворотний перехід від структурованої моделі до моделі системи, що породжує, по ній

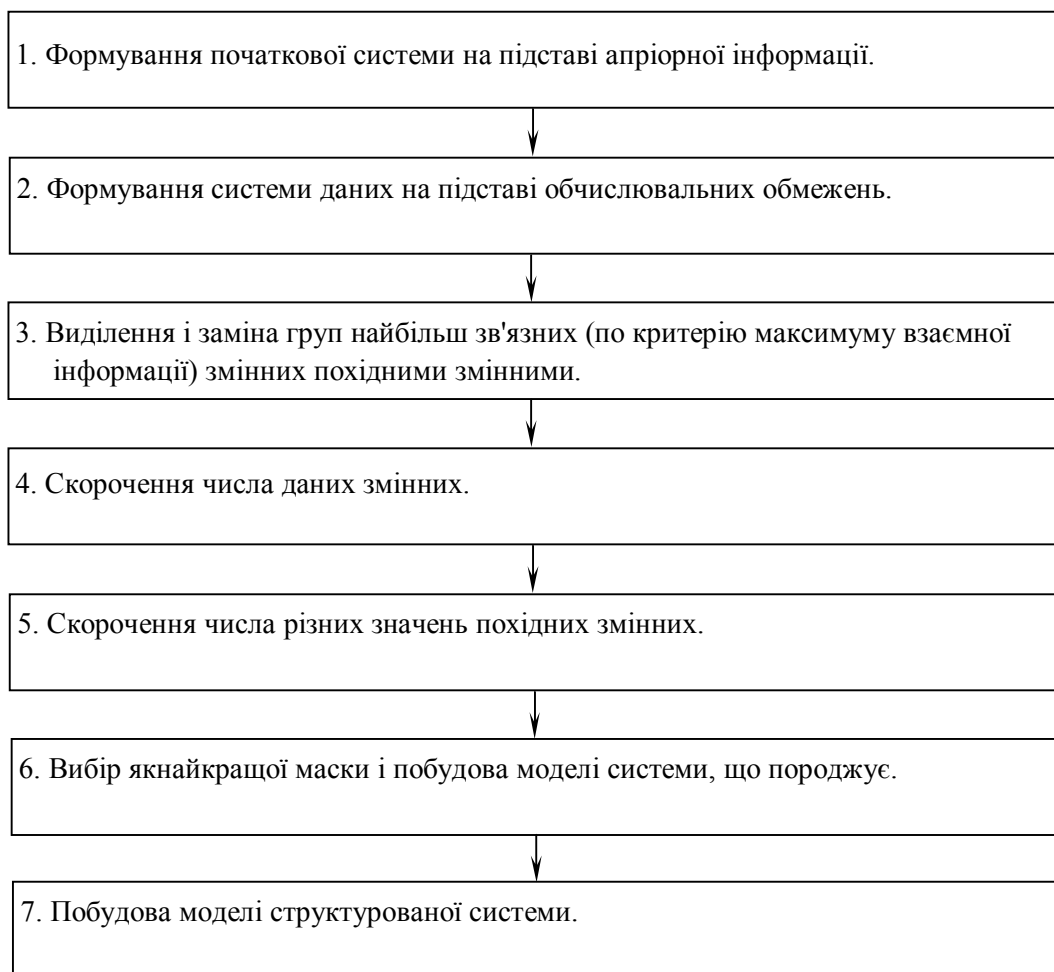


Рис. 3. Алгоритм ідентифікації багатозв'язкових систем

генерується вибірка даних для похідних змінних, і по ній, з використанням таблиці переходу, відновлюється вибірка даних для початкових змінних (значення змінних, які були згруповані в одну категорію, відновлюються з рівною імовірністю).

При використанні запропонованого алгоритму для ідентифікації системи за поточними даними необхідно проводити періодичний контроль придатності моделі. Це можна здійснювати за допомогою спостереження за зміною взаємної інформації між

згрупованими змінними. Якщо приріст для якої-небудь з груп змінних перевищить порогове значення, то необхідно провести зміну моделі.

**Висновки.** У основі запропонованого декомпозиційного підходу лежить припущення про наявність загальної, глобальної моделі ТКС, яка описує основні властивості системи адекватно поставленим цілям дослідження. За наявності такої моделі застосування декомпозиційних методів дозволяє різко скоротити розмірність вирішуваної задачі і звести її до послідовного рішення ряду завдань набагато меншої розмірності. Всі моделі, обмеження і критерії цих завдань безпосередньо витікають тільки з розчленованої спеціальним чином глобальної цільової функції.

Метод синтезу моделі програмованих радіозасобів телекомунікаційних систем ґрунтується на представленні параметрів каналу ПРЗ в просторі станів у векторному вигляді і знаходженні вектора показників, який враховує зв'язність параметрів по критерію максимуму взаємної інформації.

Суть методу полягає в моделюванні в реальному масштабі часу параметрів каналу ПРЗ по розробленому алгоритму, що дозволяє забезпечити максимальну відповідність моделі каналу реальним процесам, що відбуваються в ТКС з ПРЗ.

Результати імітаційного моделювання показують, що побудована модель структурних змін дозволяє визначити тенденції, спостережувані на практиці. Це дає можливість використовувати запропонований апарат оптимізації ієрархічних структур при моделюванні структури реальних ТКС.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Ливенцев С.П., Кувшинов А.В., Миночкин Д. Синтез оптимальной иерархической структуры информационно-телекоммуникационной системы // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2006. – Вип. 1 (12). – С. 162-169.
2. Ливенцев С.П., Кувшинов О.В., Борисов І.В., Жук О.Г. Оптимізація структури інформаційно-телекомунікаційної системи // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – К.:– 2006. – Вип. 2. – С. 52-59.
3. Зайцев С.В., Ливенцев С.П., Горлинский Б.В., Артюх А.И. Синтез оптимальной структуры турбокода с использованием генетического алгоритма // Зв'язок. – 2006. – №8(68) – С.36-42.
4. Зайцев С.В., Ливенцев С.П., Горлинский Б.В. Анализ состояния и возможное направление усовершенствования системы мобильной радиосвязи специального назначения // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні: Тезиси доповідей 4-ї науково-технічн. конфер. НТУУ „КПІ”. – 2006. – С. 85-86.
5. Артюх О.І., Ливенцев С.П., Зайцев С.В. Решение задачи оптимизации в системах специальной связи с турбокодами // Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах : Тези доповідей 9-ї Міжнар. науково-практ. конф. ДСТСЗІ СБ України. – К.: НТУУ „КПІ”, – 2006. – С. 36-37.
6. Горлинский Б.В., Ливенцев С.П., Зайцев С.В., Барановский В. Обоснование направленной модернизации систем радиосвязи с подвижными объектами за счет применения современных технологий // Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах : Тези доповідей 9-ї Міжнар. науково-практ. конф. ДСТСЗІ СБ України. – К.: НТУУ „КПІ”, – 2006. – С. 97-98.
7. Ливенцев С.П., Артюх О.І., Зайцев С.В., Горлинский Б.В., Имитационная модель системы радиосвязи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты с использованием каскадного построения турбокодов и блочных кодов // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 18300. Держ. департамент інтелектуальної власності України, Київ. – 18.10.2006.

Рецензент: д.т.н., проф. Козловский В.В.

## ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВАРТОСТІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*Розкривається один із методів економічної оцінки вартості спеціального програмного забезпечення на основі укрупнених норм часу, які визначають загальну трудомісткість розробки та управління нею за допомогою визначення затрат часу та чисельності спеціалістів-розробників.*

*Раскрывается один из методов экономической оценки стоимости специального программного обеспечения на основе укрупненных норм времени, которые определяют общую трудоемкость разработки и управления при помощи затрат времени и численности специалистов-разработчиков.*

*The article shows a method of assessing the economic cost of special software based on the larger norms of time to determine the overall development of labor and management with the assistance of time and the number of professional developers.*

**Постановка проблеми.** Бурхливий розвиток ринку програмного забезпечення викликає необхідність ретельного його вивчення, аналізу основних його складових. Програмне забезпечення перетворюється в товар, якщо воно задовольняє певним вимогам ринку. Тому для успішної торгівлі програмним забезпеченням, особливо коли йде мова про особливе його призначення, дуже важливо виконувати всі основні вимоги ринку, що ставляться. Серед основних вимог ринку можна виділити такі основні вимоги: функціональні вимоги, вимоги щодо характеристики якості, вимоги щодо маркетингу програмного забезпечення, вимоги по цінам та інші. Варто зазначити, що особливе місце тут посідають вимоги щодо визначення вартості програмного забезпечення, управління вартістю продукції та сама методика визначення. Ця необхідність пов'язана з тим, щоб продукт визначався конкурентоспроможністю на ринку, ефективністю та окупністю щодо його розробки. Не існує єдиних визнаних методів щодо оцінки вартості спеціального програмного забезпечення і актуальність даної теми полягає в тому, що вона розкриває найбільш прийнятну методику розрахунку вартості та управління нею.

**Основні результати дослідження.** Основа розрахунку такої вартості ґрунтується на визначенні собівартості продукції, де можна використовувати укрупнені норми часу, які призначені для визначення затрат часу на розробку програмних засобів електронно-обчислювальної техніки (ЕОТ), визначення чисельності спеціалістів, а також для визначення трудомісткості розробки програмних засобів до початку роботи. Укрупнені норми часу розраховані з врахуванням наступних факторів, які впливають на трудомісткість розробки: це об'єм програмних засобів в тисячах умовних машинних команд, складність розробки, міра новизни та використання в розробці стандартних модулів, типових програм.

Так, об'єм програмного забезпечення, що розробляється, вираховуємо за наступною формулою:

$$V_0 = \sum_{i=1}^n V_i$$

де  $V_i$  - це об'єм функцій програмного забезпечення ЕОТ;  $N$  - загальна кількість функцій.

Трудність розробки встановлюється в спеціальному збірнику за 11 основними критеріями і 4 додатковими характеристиками, які показують складність наступних компонентів : мовний інтерфейс, ввід-вивід, організація даних, режими роботи та ін. Виділяється 3 групи складності, де для кожної з них визначаються свої значення трудомісткості розробки, а також додаткові коефіцієнти підвищення складності:

А – принципово нові програмні засоби, в тому числі розроблені за новим типом ЕОМ та з використанням нових операційних систем.

Б – програмне забезпечення, що являє собою розвиток певного параметричного ряду програмних засобів.

В – програмне забезпечення, що являє собою розвиток певного параметричного ряду програмних засобів, що розроблені на раніше використовуваних типах ЕОМ та операційних систем.

Так, групи складності диференціюються приблизно наступним чином (див. табл.1):

Таблиця 1

Групи складності	Характеристика ПЗ ЕОТ
1	ПЗ що має одну або декілька наступних програмних характеристик
	1) наявність потужного інтелектуального мовного інтерфейсу
	2) режим роботи в реальному часі;
	3) забезпечення телекомунікаційної обробки даних та управління об'єктами;
	4) машинна графіка;
	5) багатомашинні комплекси;
2	ПЗ, що має одну або декілька наступних програмних характеристик :
	1) оптимізаційні розрахунки;
	2) забезпечення налаштування ПЗ на зміни структури вхідних та вихідних даних;
	3) настройка ПЗ на нестандартну конфігурацію технічного засобу;
	4) забезпечення портативності;
5) реалізація особливо складних інженерних розрахунків.	
3	ПЗ, що не відповідають вище перерахованим пунктам.

Для вибраної групи складності експертно у відповідності з таблицею 2 можуть визначатися додаткові коефіцієнти складності за наступною формулою:

$$K_T = 1 + \sum_{i=1}^n K_i,$$

де  $K_i$  - коефіцієнт, що враховує рівень підвищення складності за додатковими характеристиками програмного забезпечення;  $n$  – кількість додатково врахованих характеристик програмного забезпечення.

Таблиця 2. Значення коефіцієнта, що враховує рівень підвищення складності програмного забезпечення

№ п/п	Додаткові характеристики ПЗ	Значення $K_i$
1	Функціонування ПЗ в розширеній сфері	0,08
2	Інтерактивний доступ	0,06
3	Забезпечення зберігання, ведення та пошук даних в складних структурах	0,07
4	Наявність в ПЗ одночасно декількох характеристик по табл. вище:	
	2	0,12
	3	0,18
	більше 3	0,26

На основі значення затрат праці ( $T_p$ ), визначеного за нормативною таблицею збірника ( $V_o$ ) для відповідної групи складності ПЗ і з врахуванням поправочного коефіцієнта складності ( $K_m$ ) для даної групи, розраховується загальна трудомісткість ( $T_o$ ) розробки ПЗ за формулою:  $T_o = K_T \times T_p$ .

Розрахунок загальної трудомісткості розробки програмного забезпечення ( $T_{заг}$ ) в людино-днях вираховуємо згідно формули:

$$T_{заг} = \sum_{i=1}^n T_i,$$

де  $T_i$  – трудомісткість розробки  $i$ -ї стадії;  $n$  – кількість стадій розробки.

Виходячи з трудомісткості стадій розробки програмного забезпечення оцінюємо кількість спеціалістів або термін, необхідні для реалізації стадій розробки програмного забезпечення. Дана оцінка здійснюється в умовах одного з двох обмежень:

- а) задано (обмежено) кількість розробників на кожній стадії розробки ПЗ;
- б) задано терміни реалізації розробки ПЗ.

Необхідний термін реалізації ПЗ (в роках) визначається згідно формули:

$$t = \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{N_i \times \Phi},$$

де  $t$  - час, необхідний для розробки ПЗ;  $N_i$  – кількість розробників, на  $i$ -й стадії;  $\Phi$  - фонд часу одного розробника протягом року, днів/рік;  $T_i$  – трудомісткість розробки  $i$ -ї стадії, люд.-дні.

При заданих термінах розробки програмного забезпечення підбір кількості розробників на різних стадіях розробки ПЗ досягають необхідного терміну завершення роботи. Таким чином ми можемо в певній мірі керувати процесом розробки необхідного програмного забезпечення, регулюючи терміни реалізації роботи з кількістю працюючих за програмою на кожній стадії.

**Висновок.** Таким чином можна зауважити, що укрупнені норми часу займають вагомe місце в економічній оцінці вартості програмного забезпечення, диференціюючи його за певними критеріями за допомогою системи коефіцієнтів. Використовуючи систему коефіцієнтів, ми розраховуємо загальну трудомісткість розробки, тим самим визначаючи собівартість продукції. Управління вартістю розробки програмного забезпечення також займає вагомe місце в системі, корегуючи показник часу розробки і кількості працюючих за продуктом відповідно до обраної мети.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Блек Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы. -М.: Мир, 2004, - 104 с.
2. Автоматизированные информационные технологии в экономике. Під ред. Г.А.Титоренко - М. Компьютер ЮНИТИ, 2000, - 158 с.
3. Бердтис А. Структуры данных. - М.: Статистика, 1995, - 300 с.
4. Брябрин В.М. Программное обеспечение персональных ЭВМ. - М.: Наука, 1998, - 213с.

**Рецензент: д.т.н., проф. Жердєв М.К.**

## ЩОДО ЗАХИСТУ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ ВІД ДЕСТРУКТИВНОГО ВПЛИВУ НЕОКУЛЬТІВ

*Розкрито загрози для держави, суспільства та окремих громадян від деструктивних ідеологій і діяльності неоекультів. Розглядаються положення резолюцій та рекомендацій Європейського Парламенту з протидії цим загрозам. Показано міждержавний, державний та недержавний рівні протидії протиправним діянням представників неоекультів.*

*Раскрыты угрозы для государства, общества и отдельных граждан от деструктивных идеологий и деятельности неоекультов. Рассматриваются положения резолюций и рекомендаций Европейского Парламента по противодействию этим угрозам. Показаны межгосударственный, государственный и негосударственный уровни противодействия протиправным деяниям представителей неоекультов.*

*This article describes the threats to the state, society and individuals from destructive ideologies and cults' activity. The resolutions and recommendations of the European Parliament to combat these threats are given. There are interstate, governmental and non-governmental levels of combating neocults representatives' unlawful activity.*

Різні аспекти загроз від деструктивної діяльності новітніх релігійних організацій (неоекультів) розглядалися Сьоміним С.В.[1], Дворкіним О.Л. [2], Грановим В.І. [3], Приваловим К.І. [4], Журавльовим В.В.[5], Парновим Є.В.[6], Кривельською Н.В.[7], Григулевичем І.Р.[8] та ін. Слід відмітити, що на сьогодні вченими і публіцистами не виділялися міждержавний, державний та недержавний рівні протидії цим загрозам. **Мета** статті – показати зазначені рівні.

Діяльність деяких неоекультів призводить до шкоди психічному і фізичному стану особистості через такі форми: фізичні (обмеження у харчуванні, сні, виснажлива робота), психічні (негативні зміни у психіці та поведінці особистості, виявляється її нездатність до критичного мислення), розумові (звуження інтелектуальної та культурної сфери особистості, обмеження знань, навичок і умінь, що стосуються культу), соціальні (регресія здатності до спілкування з оточенням, що не належить до культової групи, тотальна ворожість до всієї системи функціонування суспільства).

У межах дисертаційного дослідження "Шляхи та механізми вдосконалення державно-церковних відносин в Україні (на прикладі новітніх релігійних об'єднань)" визначено основні загрози національній безпеці України від деструктивної діяльності неоекультів, які становлять небезпеку для держави, суспільства та окремих громадян:

1. Використання релігійного фактору як знаряддя втручання у внутрішні та зовнішні справи України, проникнення в органи законодавчої, виконавчої і місцевої влади та ЗМІ.

2. Поширення деструктивних ідеологій, що становлять загрозу духовності українського народу та суперечать загальнолюдським нормам.

3. Можливий вихід з-під контролю окремого войовничого культу, діяльність якого може призвести до загибелі людей, масових заворушень та терористичних актів.

4. Провокування та загострення конфліктів на релігійному і національному ґрунті.

5. Поширення впливу культів, діяльність яких супроводжується підривом громадського порядку, ушкодженням здоров'я і моральності населення. Використання спеціальних хімічних препаратів і апаратури, котрі надають можливості маніпулювати вольовою сферою людини. Загрози, переслідування, а в деяких випадках і фізичний тиск на тих, хто вирішив залишити культ, з боку його лідерів.

6. Використання релігійних організацій кримінальними структурами. Можливе відмивання через секти «брудних» грошей, отриманих злочинним шляхом, чи, навпаки,

використання пожертв і навіть самих віруючих для протиправної діяльності. У цьому зв'язку створює небезпеку поширення наркоманії. Деякі керівники неокультів використовують різні наркотичні речовини, вводючи своїх послідовників у залежність, що надає можливість маніпулювати віруючими та отримувати прибутки. Переважна більшість неокультів є або релігійними об'єднаннями, що звільняються від сплати податків з грошей, які надходять від пожертвувань, або громадськими організаціями, які не сплачують податків з членських внесків. З'являється можливість вести «бізнес», завдяки якому шахраї намагаються заробляти великі гроші, вводючи в оману людей. Нерідко представники релігійних та громадських організацій, зокрема неокультів, займаються під прикриттям статутної господарської незаконною комерційною діяльністю і не сплачують прибутків, отриманих від її проведення, а також під виглядом гуманітарної допомоги ввозять комерційні товари [9].

Проблеми протидії протиправним проявам, котрими супроводжується діяльність неокультів, стали об'єктом уваги не лише національних парламентських, державних і неурядових організацій, а й Європейського парламенту. Ним підготовлені такі документи: доповідь комітету Європарламенту в справах молоді, культури та спорту „Про активність деяких новітніх релігійних рухів у країнах Європейської співдружності” (квітень 1984 року), Рекомендація Парламентської Асамблеї Ради Європи №1178 від 5 лютого 1992 року, Резолюція Європарламенту від 29 лютого 1996 року, Рекомендацію №1412 (1999) „Протиправні дії сект” та ін.

У результаті Європарламентом було розроблено цілу систему критеріїв легітимності релігійної активності:

1. Неповнолітні не повинні примушуватися до членства в русі та приймати урочисті обітниця, котрі б визначали спосіб їхнього життя на тривалу перспективу.

2. Слід надавати певний період для обдумування кандидатам про майбутню участь у неокультурі.

3. Після приєднання до організації новонаверненому має надаватися можливість контактувати з родиною і друзями.

4. Члени організації, які вже розпочали курс навчання, не повинні примушуватися до того аби його продовжувати.

5. Мають поважатися такі індивідуальні права, як право залишати організацію; право контактів з довіллям (персонально або поштою чи телефоном); право на незалежну пораду щодо участі у русі, право у будь-який час звернутися за медичною допомогою.

6. Нікого не можна примушувати порушувати закони, зокрема збирати гроші для організації жебракуванням чи проституцією.

7. Керівники неокультів не повинні наполягати на виконанні постійних зобов'язань від потенційних рекрутів, наприклад, студентів чи туристів, які завітали до тієї чи іншої країни.

8. Під час рекрутування до організації її назва і принципи повинні бути негайно правдиво повідомлені.

9. На запит компетентних органів керівники неокультів повинні повідомляти адресу чи приблизне місцезнаходження своїх членів.

10. Новітні релігійні рухи повинні страхувати тих, хто перебуває на їхньому утриманні, а на тих, хто на них працює, повинні поширюватися всі закони про соціальне страхування відповідної країни.

11. Якщо особа подорожує за кордоном в інтересах релігійної організації, остання повинна взяти на себе відповідальність за повернення її додому, особливо у разі її захворювання.

12. Листи, а також інформація про телефонні дзвінки від рідних членам рухів повинні передаватися негайно.



13. Якщо рекрутований до організації має дітей, вона повинна зробити все від неї залежне для подальшого навчання цих дітей, уникаючи обставин, що загрожують їхньому добробуту [10].

Європарламент рекомендував країнам ЄС створити спеціальні парламентські комісії для дослідження діяльності неокультів. Чотири вже створили такі комісії: Австрія, Бельгія, Німеччина і Франція. Було рекомендовано також захищати права і свободи громадян ЄС від негативних виявів з боку певних неокультів шляхом забезпечення широким верствам населення доступу до інформації про різні релігії, сприяти вільному вибору релігії й утвердженню поваги до інших, а в разі порушення закону - вжити адекватних заходів усупереч тому, якою релігією прикриваються порушники. Інформація про різні релігійні утворення, їхні особливості та реальну дійсність повинна бути доступна широкому загалу. Вступаючи до того чи іншого культу, люди повинні бути інформовані про те, що вони можуть вийти з них. Нарешті, ті, хто працює в культурах, мають бути зареєстровані в органах соціального забезпечення і на них повинні поширюватися всі соціальні гарантії.

Європарламентом рекомендовано державам-учасникам ефективно застосовувати чинне законодавство проти зловживань у релігійній сфері, забезпечити такі законодавчі - адміністративні, фіскальні, карні - заходи, котрі б виявилися достатніми для попередження незаконної діяльності неокультів. Держави-учасниці запрошуються до більш інтенсивного обміну інформацією між собою із „сектантської” проблематики, а також до більшої пильності, аби субсидії ЄС не були використані для незаконної сектантської діяльності. Також розроблено такі заходи:

- створення та підтримка незалежних загальнонаціональних та регіональних інформаційних центрів, а також Європейського Центру спостереження за діяльністю груп релігійного, езотеричного чи спіритуального характеру;

- внесення до базових освітніх програм країн ЄС об'єктивної всебічної інформації про поширені релігії у світі та про права людини, елементи порівняльного релігієзнавства.

- застосовування заходів, передбачених кримінальним та цивільним законодавством даної країни, щодо неправомірних дій, вчинених від імені груп релігійного, езотеричного чи спіритуального характеру;

- гарантування суворого дотримання законодавства про обов'язкове відвідування школи дітьми та втручання відповідних органів у разі їх недотримання.

Аналізуючи світову практику виявлення, попередження і припинення протиправної діяльності неокультів, нами зроблено висновок, що її можна поділити на **три рівні**: міждержавний, державний, недержавний.

**1. Міждержавний рівень** (Євросоюз, міждержавні стосунки) включає:

- підготовку декларацій, рекомендацій, резолюцій, конвенцій, закликів до урядів інших держав;

- обмін інформацією;

- укладання угод та спільні дії, що спрямовані на виконання цих угод;

- створення та підтримка міжнародних центрів моніторингу діяльності неокультів і їх осередків у різних державах.

**2. На державному рівні** спостерігається розподіл функцій між:

2.1. Парламентською комісією, комісією при прем'єр-міністрі, урядом.

2.2. Міністерствами, міжвідомчими міністерськими координаційними органами.

2.3. Правоохоронними органами.

*Парламентська комісія, комісія при прем'єр-міністрі, уряд спрямовують свої зусилля на:*

- вдосконалення чинного законодавства;

- підготовку резолюцій, доповідей та рекомендацій;

- вивчення діяльності неокультів;

- координацію дій державних органів;
- розробку та впровадження протекціоністської державної політики щодо традиційних церков.

*Міністерства, міжвідомчі міністерські координаційні органи займаються:*

- розробкою пропозицій щодо вдосконалення чинного законодавства, підготовка відповідних внутрішньовідомчих інструкцій;
- розповсюдженням серед населення інформації щодо діяльності окремих неокультів як в Україні так і за її межами;
- розробкою та координацією загальноосвітніх програм;
- внесенням відомостей про історію окремих віровчень та філософські погляди їх представників до навчальних програм загальноосвітніх шкіл і вищих навчальних закладів;
- підготовкою і проведенням науково-практичних конференцій та семінарів, зокрема міжнародних, з вивчення діяльності неокультів;
- координацією спільних дій державних органів, недержавних організацій та зацікавлених осіб;
- впровадженням протекціоністської державної політики щодо традиційних церков;
- зобов'язанням релігійних організацій надавати доповідь про свою діяльність;
- відмовою або зняттям з реєстрації окремих релігійних груп;
- локалізацією негативних наслідків від самогубств, терористичних актів, втручання у внутрішні справи держави, масових заворушень та ін. протиправних дій неокультів.

*У функції правоохоронних органів входять:*

- створення робочих груп при МВС та окремих підрозділів спецслужб;
- збір та аналіз інформації про протиправні дії представників неокультів;
- профілактика порушень чинного законодавства представниками неокультів;
- розповсюдження інформації про протиправну діяльність окремих неокультів через ЗМІ;
- інформування та консультування відповідних державних органів;
- оперативне супроводження релігійного середовища, створення переліку потенційно небезпечних неокультів, здійснення оперативного контролю за їх керівниками та активістами;
- притягнення порушників чинного законодавства до кримінальної або адміністративної відповідальності;
- протидія втручання представників неокультів у внутрішні та зовнішні справи держави.

Спецслужби багатьох держав (Служба загального розвідінформування Франції, Федеральне та земельні відомства захисту конституції Німеччини, МІ-5 Великобританії, Сюрте де Л'Ета Бельгії, ФБР США, ФСБ РФ та ін.) також залучаються до заходів з протидії протиправній діяльності неокультів [11].

На **недержавному рівні** громадські організації, традиційні церкви і зацікавлені особи (правознавці, релігієзнавці, політологи, психологи, соціологи, журналісти, громадські діячі та ін.) вирішують такі завдання:

- збір та обробка інформації про порушення прав і свобод громадян та чинного законодавства для розповсюдження його серед широких верств населення;
- підготовка матеріалів для науково-практичних конференцій та семінарів з вивчення діяльності неокультів;
- видання наукової (монографії, дисертації), науково-популярної, навчально-методичної (посібники та програми) літератури, у якій висвітлюються загрози державі, суспільству та його окремим громадянам від діяльності неокультів;
- консультування відповідних державних, зокрема правоохоронних, органів;
- внесення пропозицій щодо вдосконалення чинного законодавства;

- підтримка і координація діяльності вітчизняних та іноземних інформаційних центрів моніторингу діяльності неокультурів;
- консультивання зацікавлених осіб родичі, яких потрапили до “проблемних” неокультурів;
- надання допомоги особам, які постраждали від діяльності неокультурів.

**Висновки.** Надання державного статусу окремим церквам, а також відкрита та цілеспрямована протекціоністська політика стосовно них (на взірць Великобританії, Греції, Франції, Туркменистану, Узбекистану, Вірменії, Саудівської Аравії та деяких країн) суперечить українській ментальності і тому є несприятливою для нашої держави. До того ж така політика на українських теренах може спровокувати конфлікти на релігійному ґрунті, тиск міжнародних правозахисних організацій, а також введення санкцій щодо України деякими державами, насамперед США, що активно захищають інтереси релігійних об'єднань американського походження за кордоном з ідеологічних міркувань, вбачаючи в них інструмент духовної експансії, «експортування» американського способу життя та розробки механізму втручання у внутрішні справи інших держав. Законодавство та державна політика США не надають привілеїв ніяким конфесіям тому, що кожна з них не може бути традиційною для «країни емігрантів». Україна має традиційні церкви, що стали одним із носіїв національної культури, тому досвід США хоч і цікавий, але для нашої держави не має великого практичного значення.

Більш корисним для України є досвід державно-церковних відносин Німеччини, Австрії, Італії, Іспанії, Бельгії, Литви, Росії та деяких інших країн. Наприклад, російське та литовське законодавства запроваджують часовий ценз для надання особливого статусу релігійним організаціям, а Німеччина – кількісний. Італійський закон про церкву створює систему, що має три рівні для різних релігійних організацій, а особливий статус традиційним церквам надається шляхом укладання конкордату з державою. На відміну від італійського, законодавство Іспанії розрізняє чотири групи релігійних організацій, що суттєво відрізняються у правах. У Бельгії шість традиційних конфесій мають значні привілеї порівняно з іншими релігійними організаціями, в Австрії – дванадцять [12].

При вдосконаленні державно-церковних відносин в Україні потрібно використовувати позитивний досвід різних держав з протидії протиправній діяльності представників неокультурів та протекціоністської політики щодо традиційних церков як носіїв національної культури, а особливо положення рекомендацій та резолюцій ЄС у зв'язку з європейською інтеграцією України. Доцільно також спрямувати зусилля на залучення коштів та ін. можливостей ЄС для створення незалежних інформаційних центрів моніторингу діяльності неокультурів.

Для службовців законодавчих та виконавчих органів України має практичне значення досвід країн Європи та ін. держав, що давно і ефективно застосовують цілий спектр форм державного втручання: створення відповідних законодавчих рамок умов, просвітительська робота, інформування громадськості про діяльність та особливості віровчення неокультурів, у разі необхідності попередження про їх небезпеку, профілактика порушень чинного законодавства, допомога особам, які зазнали шкоди внаслідок діяльності неокультурів, впровадження протекціоністської політики стосовно традиційних церков як носіїв національної культури.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Сьомін С.В. Міжнародні християнські організації і безпека України: Монографія. — К., 1999. — 267 с., Сьомін С.В., Парахонський Б.О. Нетрадиційні релігійні культури як питання національної безпеки України // Стратегічна панорама. — 2000. — № 1-2. — С. 200-212.
2. Дворкин А. Сектоведение. Тоталитарные секты: опыт системного исследования. — Нижний Новгород: Издательство Братства во имя св. князя Александра Невского, 2000. — 703 с.
3. Гранов Д. Торговцы верой в Бога. — К.: Фалиант, 2004. — 196 с.
4. Привалов К. Секты: досье страха. — М.: Политиздат, 1987. — 192 с.

5. Журавлев В. Черная месса // Человек и закон. — 2000. — № 4. — С. 66-69., Журавлев В. “Конец света” в конце тунеля. Необуддистские секты: реальность угрозы // Человек и закон. — 2000. — № 7(8). — С. 7-8.
6. Парнов Е.И. Трон Люцифера. — М.: Политиздат, 1991. — 302 с.
7. Кривельская Н.В. Религиозная экспансия против России // Аналитический вестник Федерального собрания – парламента Российской Федерации. — 1998. Выпуск 4. Серия: Оборона и безопасность 16. — 25 с.
8. Григулевич И.Р. Пророки “новой истины”. — М., 1983. — 303 с.
9. Петрик В.М. Шляхи та механізми вдосконалення державно-церковних відносин в Україні (на прикладі новітніх релігійних об'єднань). Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук з державного управління. — Донецьк, 2003. — С. 113-114.
10. Проблема новітніх рухів в Європарламенті // Людина і світ. - 1998. - №8. — С. 31-32.
11. Петрик В.М., Ліхтенштейн Є.В., Сьомін С.В. та ін. Новітні та нетрадиційні релігії, містичні рухи у суспільно-політичній сфері України: Монографія / За заг. ред. З.І.Тимошенко. — К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2001. — 331 с.
12. Петрик В.М., Сьомін С.В. та ін. Нетрадиційні релігійні та містичні культури України: Навчальний посібник / За заг. ред. В.В.Остроухова. — К: Росава, 2003. — С. 325.

Рецензент: **д.т.н., проф. Замаруєва І.В.**

## ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙСЬКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*У запропонованій статті розглядаються проблеми, пов'язані з впливом військової діяльності на стан довкілля та можливі заходи щодо їх врегулювання.*

*В предложенной статье рассматриваются проблемы, связанные с влиянием военной деятельности на состояние окружающей среды и возможные мероприятия по их урегулированию.*

*The article deals with the problems related with military activity, its influence on environment and all possible measures for their solving.*

Сьогодні ми всі, люди Землі, переживаємо важкий і небезпечний період, коли над людством з його цивілізацією, культурою і гуманністю нависла смертельна загроза зникнення з обличчя Планети.

Саме тому глобальній загрозі людства і повинна бути протиставлена глобальна мирна стратегія. Для того щоб зникла ця загроза треба навчитись слухати один одного, вести чесний і зацікавлений діалог з проблем, котрі мають загальнолюдський глобальний характер, до числа яких сьогодні належать проблеми спільного миру, відвернення термоядерної катастрофи та соціально-екологічна проблема збереження біосфери, внесення гармонії у взаємовідносини між суспільством і природою.

Однією з найганебніших рис людської цивілізації є війни. Вченими підраховано, що за останні 6000 років люди жили в мирі всього 292 роки. Вони “звикли” до війни. І, на жаль, досі не зовсім люди усвідомлюють, що в сучасній війні переможців не буде.

Якщо проаналізувати події першої та другої світових війн, ми побачимо, що в першу світову війну (1914 – 1918 рр.) було втягнуто 38 країн, у другу (1939 – 1945 рр.) – 61 країну. У цих двох війнах загинуло більше 64 млн. Чоловік. У 1945 році вперше було застосовано атомну зброю проти мирного населення японських міст Хіросіми і Нагасакі, наслідки якої відлунюються і зараз.

Величезна шкода наноситься довкіллю в результаті застосування хімічної зброї. Вперше це спостерігається під час першої світової війни у 1915 році. Хімічна зброя була застосована німецькими військами проти французької армії. Всього за п'ять хвилин було випущено з балонів 180 т хлору. В результаті чого 15 тис. чоловік отримали отруєння, 5 тисяч з них невдовзі загинули. Такі газові атаки проводились Німеччиною і на інших фронтах. Зокрема проти російських і американських військ [ 2 ]. Всього в першу світову війну від отруєного повітря постраждали 1 млн. 300 тис. чоловік, причому 100 тисяч з них загинуло [ 3 ].

У другу світову війну довкілля також піддавалось впливу хімічної зброї, правда більш обмежено, ніж в першу світову. Так, фашисти використовували цю зброю для отруєння повітря в Аджимушкайських каменоломнях у Керчі в 1942 році. Вони намагались за допомогою отруєного повітря “викурити” звідти радянських військовополонених та партизан [ 3 ].

У роки другої світової війни готувалась широкомасштабна операція гітлерівською Німеччиною по використанню хімічної зброї під Ленінградом, але вона не відбулась. За даними Щорічника Стокгольмського інституту досліджень проблем миру на площі 50 тис. га загинуло 85 – 100 % дерев гірських лісів через застосування хімічної зброї у Південному В'єтнамі. Тут було розпилено 72 млн. л гербіцидів і дефоліантів [ 8 ]. З 1965 по 1970 рік тут було отруєно 41 % мангових зарослів. Зараз цей район перетворився у пустелю, котра через відсутність рослин розмивається.

В джунглях, отруєних хімікатами, постраждали не лише рослини. Замовкли голоси птахів і тварин. Багато з них захворіли і загинули. Для відновлення лісів В'єтнаму,

Лаосу, Камбоджі, на місці яких виникли савани, для відновлення тваринного світу, вражених отрутохімікатами ґрунтів, як передбачають спеціалісти, потрібне не одне десятиліття.

Військові дії призводять не лише до порушення ґрунтів, враження рослин і тварин. Одночасно забруднюються вода і повітря. Широкомасштабне забруднення довкілля відбулось внаслідок війни в Індокитаї. Знімки з супутників зафіксували димові шлейфи на багато десятків і сотень кілометрів. В районі бойових дій між Іраном і Іраком спостерігався димовий шлейф на тисячі кілометрів [ 4 ].

Під час війни у Перській затоці з ініціативи іранського боку була розв’язана так звана танкерна війна. В результаті цієї війни багато танкерів виходили з ладу, при цьому нафта, яка перевозилась ними, часто виливалась у море.

Велику шкоду природі військові відомства наносять не лише під час війн, але і в періоди підготовки до неї в мирний час. У більшості країн світу великі території відведені під розміщення військ, для військових полігонів. Під час військових навчань на цих полігонах здирається ґрунтово-рослинний покрив. А пошкоджена рослинність на таких місцях довгий час не відновлюється. Особливо небезпечно випробування на полігонах хімічної, бактеріологічної і ядерної зброї. Отруйні речовини, що потрапляють у річки чи повітря, можуть бути перенесені за межі полігонів і вразити довкілля.

Таким чином, стало відомо, що в ході військових дій гинуть не лише люди. Гине довкілля. І хоч спеціальної мети – завдати екологічної шкоди противнику – не ставилось, деякі воєнні дії часів другої світової війни були такими. Як інакше можна розцінювати знищення лісів і посівів у Польщі, Норвегії, Франції, СРСР, штучне створення вогняних смерчів авіацією союзників під час бомбардування міст Гамбурга і Дрездена. У Дрездені вони бушували близько тижня. Навколо міст, поселень горіли ліси, сади, парки. Але особливо багато згарищ залишили німецько-фашистські війська по всій Європі.

Страшні наслідки першої та другої світових воєн здається нічому не навчили людей. Адже після 1945 р. мали місце 150 збройних “локальних” конфліктів. Кілька разів світ стояв біля небезпечної межі, за якою могла спалахнути пожежа третьої світової війни. Така загроза нависла над світом і сьогодні в зв’язку з терористичними актами, які стались у США 11 вересня 2001 року.

Сучасна війна й підготовка до неї стають все дорожчими. На економіку країн світу непосильним тягарем лягає розробка, виготовлення й випробування нових видів зброї. Так, за даними ООН, світ сьогодні витрачає один трильйон доларів США щорічно на розробку та виробництво зброї, утримання армій і фінансування конфліктів. За офіційними даними США, лише на виготовлення й випробування ядерних боєголовок вони інвестували з 1943 р. 300 млрд. доларів [ 5 ].

Про величину сум, що витрачаються на військові цілі у порівнянні з тим, що можна було б отримати з цих сум, дає уявлення Таблиця 1 складена фахівцями ООН [7].

Таблиця 1

Військові об’єкти	Цивільні об’єкти	Вартість кожного з них
Американська програма створення бомбардувальника “Стелс”	2/3 Програми США для отримання чистої води до 2000 р. (2/3 її)	68 млрд. дол..
Щорічні військові витрати Німеччини	Очищення північного моря (німецької частини)	10,7 млрд. дол..
Військові витрати країн – членів ЄС за 10 днів	Очищення звалищ у країнах ЄС за рік	2 млрд. дол..
Проведення одного ядерного випробування	Установлення 80 тис. ручних насосів в країнах третього світу для забезпечення питною водою	12 млрд. дол..

На військові потреби в світі щорічно витрачається 2 – 3 % енергетичних ресурсів, 3 – 4 % запасів нафти. До 3 % території розвинених країн відводиться під військові бази, склади, полігони тощо – і це переважно родючі землі або лісові масиви. В усьому світі військові займають близько 42 млн. га суші. Втрати на військові потреби у світі в 2,5 рази переважають витрати на охорону здоров'я і в 1,5 рази – на освіту. І це тоді, коли мільйони людей в світі недоїдають, не отримують медичної допомоги, п'ють забруднену воду й мешкають у жахливих умовах. На підготовку до війни витрачаються найкращі матеріали, новітні технології, розум кращих вчених. Усе це відволікає від вирішення найбільш важливих екологічних проблем людства [ 7 ].

Сучасний мілітаризм не зупиняється ні перед якими заходами для досягнення своєї мети. Та найганебнішим є його злочинні плани використання для війни глибинних природних сил: плани безпосереднього впливу на клімат, газообмін і тепловий баланс атмосфери й гідросфери, створюється “геофізична” зброя, не дивлячись на введену в дію рішенням Генеральної Асамблеї ООН 1981 року концепцію про заборону військового та будь-якого іншого використання засобів впливу на природне середовище.

На сторінках світової преси з'являються дані про дослідження військових, спрямовані на викликання штучних землетрусів на території противника, провокування вивержень вулканів, утворення тайфунів та ін.

Величезної екологічної шкоди біосфері Землі завдали наземні, підземні та підводні випробування ядерної зброї, що їх проводили США, Радянський Союз, Великобританія, Франція, Китай. З 1945 по 1981 р. у світі було здійснено 1315 ядерних вибухів. Величезна кількість радіоактивних речовин, що надійшла в атмосферу, осідає ще й досі в усіх куточках земної кулі. Не менше лиха заподіяли й ще заподіють радіоактивні відходи військового виробництва, скидання в моря й океани відпрацьованих ядерних реакторів підводних човнів, тисяч контейнерів з радіоактивними відходами, атомні підводні човни, що потрапили на дно океанів після пожеж і аварій. За офіційними даними США, їхня військова промисловість лише протягом 80-х років виробила 450 тис. т шкідливих відходів, що перевищує загальну кількість відходів, що їх виробили всі американські хімічні компанії, разом узяті [ 7 ].

З огляду на те, що на військових складах накопичено колосальні запаси зброї, вибухових речовин, боєприпасів, у тому числі хімічних і ядерних, велику тривогу викликає проблема їх охорони, знешкодження, обслуговування тощо. Особливо гострою вона є на території колишнього СРСР, де зросло безладдя, крадіжки, безвідповідальність військових тощо. Прикриваючись завісою секретності, військові власті не давали жодної інформації про стан цих складів. Та в наш час існування супутникової розвідки таку інформацію приховати неможливо. Світовій громадськості стало відомо про військову катастрофу на складах ракетних сховищ, які стали причиною поранення й смерті сотень солдатів. Приблизно в той же час у Білорусі (в районі Бобруйська) прогрімів могутній вибух на складах військового аеродрому. А в травні 1992 р. поблизу Владивостока загорілись і почали вибухати склади з тисячами тонн артилерійських снарядів. Пожежа й вибухи тривали дві доби (за оцінками спеціалістів було знищено дев'ять підземних сховищ і сім наземних складів боєприпасів) [ 7 ].

Від діяльності військових сильно страждає й природа України. Так, розташовані поблизу Білої Церкви (в Узині) та поблизу Прилук бази стратегічних бомбардувальників надзвичайно сильно забруднили авіаційним паливом ґрунти й підземні води в цих місцевостях: воду з колодязів пити неможливо – вона наполовину складається з гасу; нафтопродукти витікають з балочок і ярів. Таке ж становище спостерігається навколо військових аеродромів і ракетних баз поблизу Луцька, Бродів, Червонограда, ряду сіл на Житомирщині, Чернігівщині, Сумщині. Військові полігони, стрільбища, станції стеження руйнують чудову українську природу в Медоборах, в Криму (район Карадагу) і в інших місцях [ 7 ].

У розвитку проблеми “екологія – війна” новий етап пов’язаний з освоєнням людиною космічного простору. Не секрет, що з самого початку практична космонавтика потрапила в руки військових, абсолютна більшість виконуваних нею програм і діючих супутників мають військове призначення. Запускаються сотні супутників – “шпигунів”, розробляються нові види так званої “космічної зброї” – лазерні гармати з ядерною начинкою для знищення ворожих ракет тощо. Вже відомі випадки зараження значних ділянок Землі внаслідок падіння супутників з плутонієвими генераторами. Ближній космічний простір заповнюють сьогодні тисячі уламків супутників і ракет – носіїв та інше “космічне сміття”, що вже є загрозою для польотів, а ядерні вибухи, що їх в 60-ті роки проводив колишній СРСР у верхніх шарах атмосфери, викликали значні порушення магнітосфери і радіаційних поясів Землі.

Україна проголосила свій намір стати без’ядерною державою і значно скоротити свою військову міць. Зробити це надзвичайно важко, враховуючи нинішню економічну скруту, кризу, а також те, що за часів СРСР на її території накопичено багато зброї, боєприпасів, військової техніки. Дуже актуальним є також прийняття закону про обмеження впливу мілітаристичної пропаганди, особливо на молодь. Це стосується, зокрема, й дитячих військових іграшок, які займають чимало місця в “арсеналах” наших дітей, і використання жорстоких військових сюжетів у мультфільмах, дитячих книжках та іграх.

Ще одна серйозна проблема, пов’язана з військовою діяльністю – це “підвищена мінна небезпека на планеті”, як її названо в недавній резолюції ООН. Мова йде про те, що на території країн, де в останні роки відбувалися “локальні” військові дії, залишилась величезна кількість мін – експерти ООН оцінюють їх загальну кількість в 100 млн. (!), з них 50 млн. – на землях Камбоджі, 10 млн. – в Афганістані, 9 – в Анголі тощо. Близько 90 % цих мін – протипіхотні, тобто такі, від яких гинуть, або стають каліками люди, здебільшого мирні жителі. За оцінками Міжнародної гуманітарної організації “Оперейшн хендікеп Інтернешнл”, за останні 15 років на мінах підірвалося понад 1 млн. чоловік, а утрое більше стало каліками. Багато серед цих жертв – діти [ 3 ].

Сучасні міни завдяки зусиллям військових вчених і конструкторів стають чимдалі небезпечними. Так, винайдення надзвичайно потужних вибухових речовин дозволило зробити такі міни мініатюрними. Вага сучасної протипіхотної міни 9 – 10 грамів. “Розсіюються” ці міни з літака чи вертольота, закидаються тисячами за допомогою артилерійських чи ракетних установок за 10 – 20 км. Наприклад, один залп ракетної системи “Ларс” “розсіває” 160 тис. протипіхотних мін на площі 2 x 8 км на відстані 15 км від установки. Вони не мають ніяких металічних деталей і тому не вловлюються міношукачами. Розмінування місцевості, замінованої сучасними мінами, дуже небезпечна й дорога справа. Так, якщо сучасна міна – “малятко” коштує всього 3 долари, то витрати на розмінування, включаючи підготовку, матеріально-технічне забезпечення й допоміжні матеріали, сягають 300 – 1000 доларів на одну міну! Такі витрати, що обчислюються загалом багатьма мільйонами доларів, не під силу країнам, що розвиваються, і тому великі території лісів, родючих земель, де можуть бути такі міни, тут не використовуються, що ще більше загострює соціально-економічні проблеми цих країн. Процес розмінування не лише вимагає величезних коштів, але й не обходиться без людських жертв. Так, в Кувейті, де під час війни в перській затоці було встановлено не менше 7 млн. мін, загинуло 84 спеціалісти по розмінуванню, а ще 200 саперів скалічено [ 5 ].

Сьогодні з трибуни ООН лунають заклики оголосити сучасні міни таким же засобом масового знищення людей, яким вважається атомна, хімічна й бактеріологічна зброя. Враховуючи, що поки й досі виробництво мін не скоротилось, а розробка їх нових типів триває з незмінною інтенсивністю, необхідне термінове прийняття міжнародним співтовариством дійових і активних заходів для боротьби з цією небезпекою.



#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Милитаризм. Цифры и факты. – М., 1985. – 288 с.
2. Кунцевич А.Д., Назаркин Ю.К. Химическое оружие под полный запрет. – Л., 1977. – 184 с.
3. Милитаризм и разоружение: Справочник. – 1984. – 354 с.
4. Григорьев А.А. Исторические уроки взаимодействия человека с природой (по данным аэрокосмических исследований). – Л., 1986. – 32 с.
5. Григорьев А.А. Экологические уроки прошлого и современности. – Л., 1991. – 252 с.
6. Исаченко А.Г. Оптимизация природной сферы. – М., 1980. – 264 с. 7. Білецький О.Г., Фурдуй Р.С. Основи екологічних знань. – К., 1995. – 288 с.
8. Экологические последствия войны во Вьетнаме // Экоцид в политике американского империализма. Пер.с англ.- М., 1995. – С. 110 – 118.
9. Ситаров В.А., Пустовойтов В.В. Социальная экология. – М., 2000. – 280 с.

Рецензент: **д.пед.н., проф. Маслов В.С.**

## ФОРМУВАННЯ ДІАЛОГУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

*У статті розглядаються моделі діалогової взаємодії, розробка яких є актуальною задачею на етапі проектування інформаційних систем.*

*В статье рассматриваются модели диалогового взаимодействия, разработка которых является актуальной задачей на этапе проектирования информационных систем.*

*The models of dialog co-operation, development of which is an actual task on the stage of planning of the informative systems, are examined in the article.*

Традиційно під діалогом між людиною і комп'ютером розуміють обмін інформацією між обчислювальною (інформаційною) системою і користувачем, що проводиться за певними правилами. Підтримка діалогової взаємодії користувача з інформаційною системою (ІС) досягається засобами розробки сценаріїв діалогу та організацією зв'язку між сценаріями і областю інформаційних запитів. Питанням побудови діалогових процедур приділяється особлива увага при проектуванні інформаційних систем, оскільки від якості перших багатьох в чому залежить ефективність функціонування останніх.

В інформаційних системах можна виділити два типи дій користувача: отримання довідок стосовно теми діалогу і прийняття рішень для відновлення обчислень. Якщо дії першого типу повинні бути доступні користувачу у будь-який момент часу обчислень, то дії другого типу регламентуються і контролюються системою. Розглянемо моделі цих дій.

*Модель діалогової взаємодії першого типу.* Процедuru інформаційного діалогу стосовно отримання довідок можна формально представити наступним кортежем:

$$П_1 = \langle M_z, M_m, M_0 \rangle,$$

де  $M_z$  – множина запитів, що поступають від користувача;  $M_m$  – множина моделей пошуку відповіді по областях визначення запитів;  $M_0$  – множина відповідей, що видаються запиту користувача.

Першим кроком в реалізації цієї процедури є вибір мови опису запитів. Серед великої кількості таких мов, найбільш підходять предикатні мови. Перевагою таких мов є наявність процедур, що дозволяють здійснювати логічний висновок, а це, в свою чергу, дозволяє організувати людино-машинну взаємодію на мові професійної лексики, а також одержувати відповіді на запити як за наявною в базі знань інформацією, так і апіорі в ній не закладеною і отриманою шляхом дедуктивного висновку.

Інформаційні запити користувачів до системи можна розділити на наступні класи.

1. Питання, які вимагають відповіді типу “так-ні”. Такі питання виражаються формулою, що містить як аргументи тільки символи констант або змінних, зв'язаних квантором спільності, наприклад  $\forall_y Q(a, y), \forall_x \forall_y (x, y)$ .

2. Питання, що вимагають підстановки констант замість змінних, зв'язаних квантором існування. При цьому кожен квантор існування в префіксі формули-питання має специфічну для питально-відповідної системи інтерпретацію – він позначає фактично імператив. Наприклад, питання  $\forall_x \exists_y Q(x, y)$  інтерпретується як вираз: “для кожного  $x$  вказати такі  $y$ , при яких  $Q(x, y)$  істинна”.

3. Питання щодо плану дій за заданих початкових і кінцевих умов, зводиться до вибору послідовності функціональних кроків, які необхідно здійснити для досягнення

кінцевого стану. Описи ситуацій представляється множиною формул мови предикатів першого порядку, а кроки – у вигляді імперативу.

Для пошуку відповідей на питання першого класу досить довести теорему, в якій відомі факти вважаються аксіомами, а сам процес – як доведення теореми.

Пошук відповіді на питання другого класу вимагає застосування в процесі доказу спеціальних механізмів видобування відповіді. Один з таких механізмів, сумісний з методом резолюцій, є метод Гріна [1]. Суть цього методу полягає в тому, що до заперечення формули-питання через диз'юнкцію приєднується спеціальний предикат, що містить в якості аргументу всі змінні, конкретні значення, які повинні бути знайдені в процесі доведення. Після цього до модифікованої таким чином формули-питання і аксіом застосовується послідовно правило резолюцій до тих пір, поки у результаті не буде одержана формула, що включає тільки вказаний додатковий предикат, що містить константи на місці всіх змінних. Ці константи і є відповіддю на поставлене питання.

І, нарешті, пошук відповідей на питання останнього класу зводиться до планування в просторі станів. Представлення задач в просторі станів припускає: задання множини станів  $\Omega = \{W_1, \dots, W_n\}$ , множини операторів  $F = \{f_1, \dots, f_n\}$  переходу із стану в стан і кінцевих (цільових) станів  $\Omega^* = \{W_1^*, \dots, W_m^*\}$ . Простір станів представимо графом, вершини якого помічені станами, а дуги – операторами (рис.1).

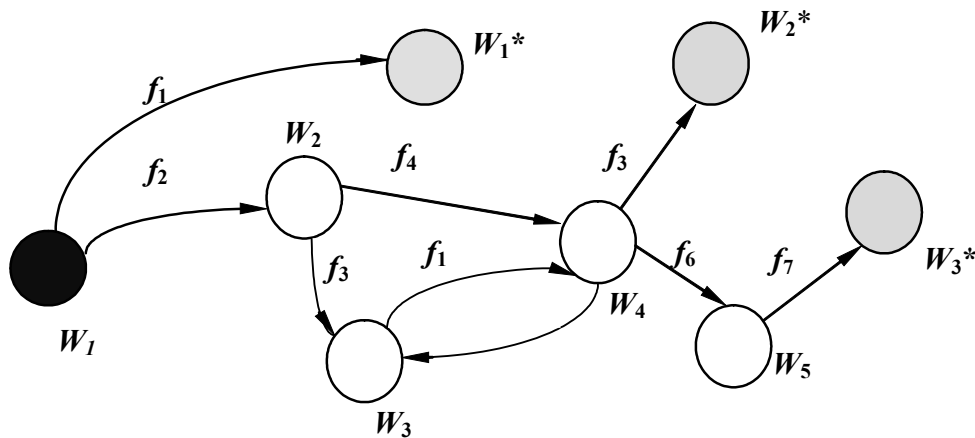


Рис. 1. Граф станів

Тоді задача планування полягає в пошуку шляхів на графі, які ведуть з початкового стану  $W_1$  у фіксовану множину кінцевих станів  $\{W_1^*, W_2^*, W_3^*\}$ .

Клас задач перетворення визначимо трійкою:  $\langle M, F, T \rangle$ , де  $M = \{m_i\}$  – кінцева множина станів проблемного середовища;  $F = \{f_k / \alpha_k\}$  – множина операторів: таких, що

$$m_{i+1} = f_k(m_i), \quad (1)$$

де  $\alpha_k$  – “ціна” перетворення оператором  $f_k$ ;  $T \subseteq M \times M$  – множина пар початкових і кінцевих ситуацій така, що для будь-якої пари  $(m_i, m_j)$  існує хоч би одна послідовність операторів з  $F$ , що перетворює  $m_i$  в  $m_j$ . Під “ціною”  $\alpha_k$  оператора  $f_k$  розумітимемо показник, який виражає його ефективність (наприклад, вартість операції перетворення).

Конкретні задачі класу  $\langle M, F, T \rangle$  визначаються трійками  $\langle m_i, F, m_{G_i} \rangle$ , де  $m_i$  – початковий стан, а  $m_{G_i}$  – кінцевий стан (стан мети). Кінцевий стан  $m_{G_i}$  може бути

отриманий з  $m_i$  шляхом послідовного застосування співвідношення (1). Тоді задача зводиться до знаходження такої послідовності операторів  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , що:

$$а) f_n(\dots(f_2(f_1(m_i)))) \vdash_{A_P} m_{G_i}, \text{ де } A_P \text{ – аксіоматична система проблемного середовища } P;$$

$$б) S = \text{opt} \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i \right),$$

де  $S$  – оптимальна “ціна” шляху  $f_1, f_2, \dots, f_n$ .

Іншими словами, рішення задачі перетворення можна представити у вигляді  $f_i = \pi(m_i)$ , де  $\pi$  – правило вибору оператора залежно від стану  $m_i$ , що реалізувався.

*Модель діалогової взаємодії другого типу.* У якості моделі діалогової взаємодії другого типу доцільно вибрати графові моделі, які в даний час є найбільш поширеним способом опису діалогових систем. Серед цих моделей особливе місце займають автоматні моделі.

Автоматну модель взаємодії можна представити у вигляді орієнтованого навантаженого графа [2]:  $G = (S, U)$ , де  $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$  – множина вершин, які відображають виконувані ІС дії;  $U = (U_1, U_2, \dots, U_k)$  – множина дуг, яка вказує порядок виконання дій.

Множину  $S$  можна представити у вигляді  $S = M \vee P \vee Q$ , де  $M = (m_1, m_2, \dots)$  – дії, що виконуються користувачем,  $P = (p_1, p_2, \dots)$  – дії, які виконуються функціональними програмними модулями ІС,  $Q = (q_1, q_2, \dots)$  – дії, що виконуються операційною системою.

Дві довільні вершини  $S_i$  і  $S_j$  сполучені дугою, якщо виконувана дія  $S_i$  спричиняє за собою необхідність виконання дії  $S_j$ .

Після вибору моделі діалогу необхідно забезпечити індивідуальну адаптацію структури діалогу до користувача. Адаптація діалогу до характеристик користувача може бути зведена до задачі визначення найкоротшого шляху на графі. При орієнтації на прикладного користувача у якості моделі діалогової взаємодії доцільно використовувати орієнтований зв'язний граф, який відображає залежності між інформаційними кадрами  $S_i$ . При цьому критерієм буде мінімальний час проведення сеансу діалогу. Для знаходження такого шляху можна використати алгоритми Дейкстри [3], Форда [4], Флойда-Уоршелла [5], Данцига [6]. Алгоритми Дейкстри і Форда дозволяють знаходити найкоротші шляхи між заданими вершинами графа, а алгоритми Флойда-Уоршелла і Данцига – одночасно між всіма парами вершин.

А так як у загальному випадку діалог по графовій моделі може початися і закінчитися в довільних вершинах (це залежить від статусу користувача, функцій ІС і т.п.), тому доцільно знайти найкоротші шляхи між всіма парами вершин, а потім вибрати найкоротший шлях між конкретною парою вершин  $S_i$  і  $S_j$ . Тому для вирішення даної задачі доцільніше використовувати або алгоритм Флойда-Уоршелла, або алгоритм Данцига. Обидва алгоритми характеризуються абсолютно однаковим об'ємом обчислень, проте алгоритм Флойда-Уоршелла легше програмується. Суть даного алгоритму полягає в наступному.

Для фіксованої вершини  $S_j$  вводиться операція трикутника встановлення відстані (для всіх  $i$  і  $k$  не рівних  $j$ ):

$$d_{ik} = \min(d_{ik}, d_{ij} + d_{jk}), \quad (2)$$

де  $d_{ik}, d_{ij}, d_{jk}$  — довжини дуг між відповідними вершинами. У даному випадку під довжиною розуміється час, що витрачається на перехід від одного інформаційного кадру до іншого.

Для виконання операції порівнюються довжина  $d_{ik}$  дуги  $A_{ik}$  і довжина шляху  $S_i \rightarrow S_j \rightarrow S_k$ . Якщо виконується умова  $d_{ik} > d_{ij} + d_{jk}$ , то довжині дуги  $A_{ik}$  присвоюється значення  $d_{ij} + d_{jk}$ . Якщо виконати цю операцію для кожної вершини, то одержані в результаті значення  $d_{jk}$  будуть довжинами найкоротших шляхів між всіма парами вершин графа.

В результаті формуються дві квадратні матриці  $D$  і  $P$ . У матриці  $D$  містяться довжини найкоротших шляхів, а в матриці  $P$  — інформація, за допомогою якої можна визначити вершини, що входять у найкоротші шляхи на графі. Обидві матриці заповнюються по мірі послідовного виконання операції (2).

Елементи матриці  $D$  приймають одне із значень:

$$d_{ik} = \begin{cases} \text{вага дуги } A_{ik}, \text{ якщо вершина } S_i \text{ зв'язана з вершиною } S_k, \\ 0, \text{ якщо } i = k, \\ \infty, \text{ якщо вершини } S_i \text{ і } S_k \text{ не зв'язані.} \end{cases}$$

Матриця  $P$  заповнюється наступним чином. Спочатку всі елементи  $P_{ik}(i, k = 1, \dots, m)$  вважаються рівними значенню  $k$ . Потім вони корегуються таким чином:

$$P_{ik} = \begin{cases} p_{ij}, \text{ якщо } d_{ik} > d_{ij} + d_{jk}, \\ p_{ik}, \text{ в протилежному випадку.} \end{cases}$$

У результаті роботи алгоритму в матрицях  $D$  і  $P$  будуть знаходитися дані, які можуть бути використані для визначення найкоротшого шляху між двома довільними вершинами.

І, нарешті, в процесі рішення оперативних задач часто можуть виникати ситуації, в яких ІС не має в своєму розпорядженні всієї необхідної інформації для вирішення поставленої задачі і повинна ставити питання користувачу. Тому в умовах дефіциту часу, що відводиться на рішення цих задач, необхідно мінімізувати кількості питань, які задаються користувачу. Нижче розглянутий такий механізм, який заснований на ідеях методу оціночних функцій [7].

Нехай в процесі рішення задачі виникла ситуація, коли для продовження роботи ІС, заснованої на продукціях, необхідні додаткові відомості. Розглянемо правило продукції  $A \rightarrow B$ , де  $A$  — правильно побудована формула логіки предикатів першого порядку. Без втрати спільності, це правило можна представити таким чином:

$$\bigcup_{i=1}^n A_i \rightarrow B \text{ або } \bigcap_{i=1}^n A_i \rightarrow B.$$

Візьмемо правило першого виду. У даному випадку для отримання висновку  $B$  досить задати будь-яке значення  $A_i$ . Поставимо кожному предикату  $A_i$  у відповідність питання  $Q_i$ , відповідь на яке робить цей предикат істинним. Тоді серед цих питань необхідно визначити найбільш результативне з точки зору мінімізації часу формування відповіді.

Введемо поняття власної оцінки питання, яка визначається співвідношенням очікуваної різноманітності відповідей до часу пошуку відповіді на це питання. Тобто, власна оцінка питання  $Q_i$  задається як  $\frac{P_i}{T_i}$ , де  $P_i$  — величина очікуваної різноманітності відповіді, а  $T_i$  — час, необхідний для його отримання.

Різноманітність відповідей на питання може бути дуже великою, наприклад, у ситуаціях, пов'язаних з погодними умовами, які, як відомо, часто змінюються. Отже, власна оцінка питання, яке будь-яким чином пов'язане з погодою, буде досить високою внаслідок великої величини співвідношення очікуваної різноманітності відповідей до порівняно невеликого часу на збір інформації про погоду. Таким чином, серед питань  $Q_i$  найбільш результативним буде те, власна оцінка якого максимальна.

Розглянемо правило другого виду. У даному випадку для отримання висновку  $B$  необхідно ввести в систему всі дані  $A_i$ . Тобто, в цьому випадку задача полягає у виборі такої послідовності питань, яка мінімізувала би час діалогу в цілому.

Представимо сукупність питань  $Q_i$  у вигляді орієнтованого двонаправленого повнозв'язного графа  $G = (Q, U)$ , в якому напрям дуг вказує можливу послідовність питань, що ставляться. Додатково введемо поняття ребрової оцінки дуги, яка стосується наслідків відповіді в деякій вершині і його впливу на вище розміщену вершину. Так реберна оцінка дуги  $U_{ij}$  представлятиме співвідношення величини зміни  $P_j$  у вершині

$Q_j$  до величини зміни  $P_i$  у вершині  $Q_i$ , тобто буде рівна  $\frac{P_j}{P_i}$ . Тоді сумарна оцінка вершини  $Q_i$ , яка пов'язана з вершиною  $Q_j$  дугою  $U_{ij}$  буде рівна добутку його власної і

реберної оцінок  $\xi_{ij} = \frac{P_i}{T_i} \cdot \frac{P_j}{P_i} = \frac{P_j}{T_i}$ .

Далі оцінюємо всі дуги  $U_{ij}$  і  $U_{ji}$  і видаляємо ті, сумарна оцінка яких менше. У результаті граф  $G$  трансформується в орієнтований повнозв'язний граф  $G_1$ . Потім кожній вершині  $Q_i$  графа  $G_1$  ставиться у відповідність ранг  $r_i$ , який відображає кількість дуг, що з нього виходить. Далі вибирається вершина з максимальним рангом і вона позначається певним чином. Якщо таких вершин опиниться декілька, то вибирається та вершина, у якої сумарна оцінка дуг, що витікають з неї більше.

Нехай це буде вершина  $Q_k$ . Потім серед непомічених вершин, які пов'язані з вершиною  $Q_k$ , вибирається і позначається вершина з максимальним рангом. Якщо таких вершин декілька, то перевага віддається тій, яка зв'язана дугою з максимальною сумарною оцінкою.

Припустимо, що це вершина  $Q_r$ . Після цього з вершини  $Q_k$  видаляють всі дуги окрім дуги  $U_{kr}$ . Далі для вершини  $Q_r$  аналогічно вибирається наступна непомічена вершина  $Q_p$  і видаляють всі дуги окрім дуг  $U_{kr}$  і  $U_{rp}$ . Цей процес продовжується до тих пір, поки початковий граф не утворить гілку, яка і буде представляти пошукову послідовність питань. Оскільки приклади переконливіші, чим загальні міркування, розглянемо один з них.

Нехай необхідно визначити послідовність задавання питань  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ . На рис. 2 граф а) є початковим графом  $G$ .

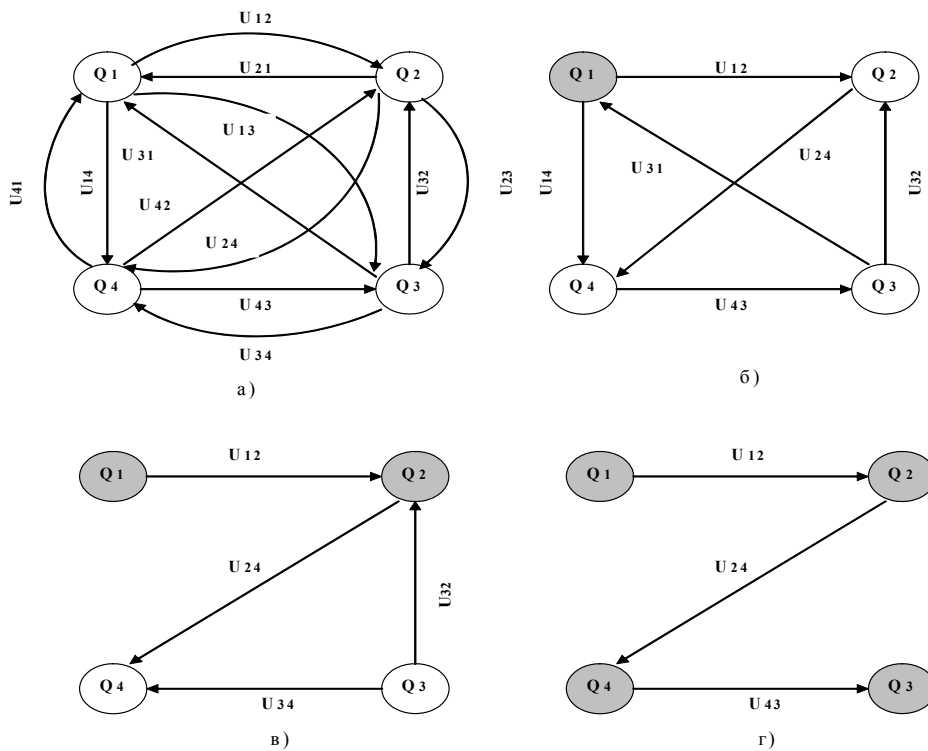


Рис. 2. Послідовність перетворень початкового графа

Далі, нехай оцінки мають наступні значення:  $\xi_{12} = 5$ ;  $\xi_{21} = 2.5$ ;  $\xi_{13} = 7$ ;  $\xi_{31} = 2$ ;  $\xi_{14} = 4$ ;  $\xi_{41} = 3$ ;  $\xi_{32} = 2$ ;  $\xi_{23} = 1.5$ ;  $\xi_{24} = 6$ ;  $\xi_{42} = 4$ ;  $\xi_{43} = 8.3$ ;  $\xi_{34} = 5$ .

Тоді відкидаючи відповідні дуги одержимо граф б. У цьому графі вершини  $Q_1$  і  $Q_3$  мають найбільші ранги, а оскільки сумарна оцінка дуг, що виходять з цих вершин більше у вершини  $Q_1$ , то вона вибирається і позначається як початкова.

У свою чергу вершина  $Q_1$  пов'язана з двома непоміченими вершинами  $Q_2$  та  $Q_4$ , а оскільки  $\xi_{12} > \xi_{14}$ , то наступною вибирається і позначається вершина  $Q_2$ , при цьому дуги  $U_{13}$  та  $U_{14}$  відкидаються (граф в).

І, нарешті, вибираються і позначаються вершини  $Q_4$  і  $Q_3$  (граф г). У результаті одержимо наступну послідовність питань:  $Q_1, Q_2, Q_4, Q_3$ .

Як було зазначено вище, в основу розглянутого алгоритму покладені ідеї методу оціночних функцій, тому для оцінки його ефективності, в першому наближенні, можна використовувати наступні порівняльні характеристики (рис. 3) [8].

На цьому рисунку відображені характеристики методу оціночних функцій порівняно з двома іншими методами формування питань: методом випадкового вибору і методом фіксованого порядку.

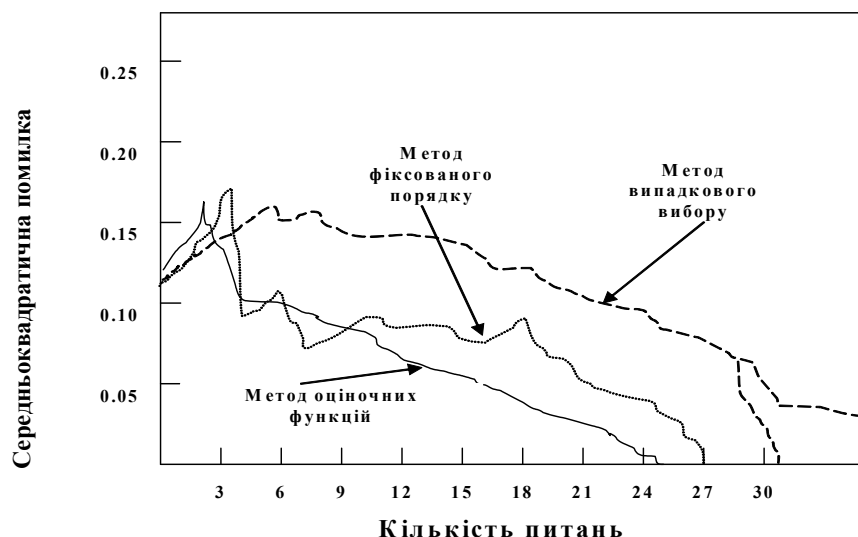


Рис. 3. Порівняльні характеристики різних методів формування питань

Величина помилки, відкладена по осі ординат, вказує у відносних одиницях різницю між значеннями параметрів, які відповідають оптимальному рішенням і значенням тих самих параметрів для трьох методів, які розглядаються. Наприклад, метод оціночних функцій дає рішення, яке лежить в межах 5%-го відхилення від оптимального, при числі питань менше 13. Два інших методи вимагають для досягнення того ж результату 18 і 25 питань відповідно. Таким чином, метод оціночних функцій дозволяє скоротити число непотрібних питань в середньому на 17%.

На закінчення відзначимо, що розглянуті моделі діалогової взаємодії є базовими моделями і можуть бути адаптовані відповідно до практичної орієнтації інформаційної системи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Грин К. Доказательство теорем с использованием правила резолюции как основа для построения вопросно-ответных систем // Слейгл Дж. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1973. – С. 275-309.
2. Кокорева Л.В., Перевозчикова О.Л., Ющенко Е.Л. Диалоговые системы и представление знаний. – К.: Наукова Думка, 1993. – 443 с.
3. Dijkstra E.W., A Note on Two Problems in Connexion with Graphs, Numer Math., 1, pp. 269 – 271, 1959.
4. Ford L.R., Network Flow Theory, Rand Corporation Report, p. 923, 1946.
5. Floyd R.D., Algorithm 97, Shortest Path, Comm. ACM, 5, p. 345, 1962.
6. Dantzig G.B. 1967. All Shortest Routes in a Graph, Theory of Graphs, International Symposium, Rome, Gordon and Breach, New York, pp. 91, 92, 1966.
7. Slagle J., and Hamburger H. An expert system for a resource allocation problem // Communications of the ACM. – 1985. – vol.28. – № 9. – P. 994-1004.
8. Франклин Дж. Технология экспертных систем для военных применений // ТИИЭР. – 1988. – №10. – С. 18-69.

Без рецензії.



## ОДИН З МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЄПРИПАСАМИ

*Мета даної статті полягає в наданні одного з можливих варіантів вирішення проблеми своєчасного забезпечення військ боєприпасами, а зокрема визначення раціональних розмірів незнижуваних запасів.*

*Цель данной статьи заключается в предоставлении одного из возможных вариантов решения проблемы своевременного обеспечения войск боеприпасами, а в частности определение рациональных размеров неснижаемых запасов.*

*The purpose of the article is one of possible variants of the decision of a problem of timely maintenance of armies an ammunition, and in particular the definition of the rational sizes of minimum level of supply.*

**Постановка проблеми.** Сукупність тимчасово невикористаних матеріальних засобів або ресурсів створює запаси цих засобів (ресурсів), які потребують подальшого використання. Звичайно для підтримання необхідного рівня використання матеріальних засобів на протязі визначеного (планового) періоду забезпечення їх витратні запаси повинні своєчасно поповнюватися [1].

Раціональна стратегія створення та розподілу між користувачами для подальшої витрати запасів матеріальних засобів має дуже велике значення та складає сутність теорії і практики управління запасами (УЗ). Створення та використання запасів матеріальних засобів, зокрема боєприпасів (бп), які пов'язані з їх накопиченням та витратою, можуть визивати [1]:

- дефіцит бп, який визвано недостатньою кількістю бп;
- надлишок запасів бп, який приводить до значних витрат за рахунок зберігання та переміщення бп.

Однією з найважливіших задач управління запасами є визначення раціонального розміру незнижуваних запасів та часу поповнення (накопичення) запасів бп на складі (в системі забезпечення бп) та, таким чином зводиться до розрахунків раціональних [2]:

- кількості бп, які необхідно утримувати в запасі (а саме кількість незнижуваних запасів бп (НеЗ));
- часу (проміжку часу) поповнення (накопичення) запасів бп;
- розмірів поставки бп які поповнять склад;

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз функціонування системи забезпечення бп можна здійснити за допомогою математичних моделей, представляючи систему в якості математичних залежностей та логічних правил, які дозволяють описувати найбільш важливі сторони системи забезпечення в цілому та раціональні розміри незнижуваних запасів бп.

**Постановка завдання.** З метою вирішення проблеми своєчасного поповнення бп військ необхідно розглянути основні характеристики, які впливають на визначення раціональних розмірів НеЗ бп.

**Основна частина.** Для розв'язання даної задачі необхідно розглянути ряд основних характеристик таких як: середній час між витратою (поповненням) одної одиниці бп, [3], який становить:

$$t_{d1} = \frac{l}{d_1}; \quad t_{d2} = \frac{l}{d_2}; \quad t_v = \frac{1}{v} \quad t_p = \frac{l}{p}. \quad (1.1)$$

де  $t_{d1}$  - середній час між витратою однієї одиниці бп (хв);  
 $t_{d2}$  - середній час між поповненням однієї одиниці бп (хв);  
 $t_v$  - середній час між накопиченням однієї одиниці бп (хв);  
 $t_p$  - середній час між поставкою однієї одиниці бп (хв);  
 $l$  - тривалість циклу (хв);  
 $d_1$  - інтенсивність витрати МЗ у фазі витрати (од/хв);  
 $d_2$  - інтенсивність витрати МЗ у фазі поповнення (од/хв);  
 $V$  - інтенсивність накопичення МЗ (од/хв);  
 $P$  - інтенсивність постачання МЗ на склад (од/хв).

Залежності інтенсивностей від часу описується наступними залежностями [3]:

$$\begin{aligned}
 t_{d1} &= \frac{l}{d_{1cp}} = \frac{l}{\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} d_1(t) dt}; & t_{d2} &= \frac{l}{d_{2cp}} = \frac{l}{\frac{1}{t_2} \int_0^{t_2} d_2(t) dt}; \\
 t_p &= \frac{l}{V_{cp}} = \frac{l}{\frac{1}{t_2} \int_0^{t_2} V(t) dt} & t_p &= \frac{l}{P_{cp}} = \frac{l}{\frac{1}{t_2} \int_0^{t_2} p(t) dt}
 \end{aligned} \quad (1.2)$$

До динамічних характеристик відносяться:

$Q(t)$ - миттєва (поточна) величина запасів МЗ, які знаходяться на складі в момент часу  $t$ . Ця величина може бути вирахована в будь-якій точці цього періоду  $T$ . А при  $l = 0$  значення  $Q(t) = Q(0) = Q_0$ . Визначимо  $Q(t)$  функцією запасу [3,4,5];

$Q_0$  – величина запасів МЗ, яка створюється до початку ( $t = 0$ ) періоду забезпечення  $T$  та до початку кожного циклу;

$q_{min}$  – гранично допустимий рівень зниження запасів матеріальних засобів на складі (в підрозділі та при одиниці зброї) в процесі витрати запасів. Цей рівень носить назву незнижуваних запасів (НЗ), або для цивільних підприємств – страховий запас МЗ; при досягненні цієї величини утворюється зміна фази витрати  $t_1$  на фазу накопичення  $t_2$  у відповідності до відношення  $Q(t_1) = q_{min}$ ;

$\Delta$  - величина гранично допустимого значення дефіциту на складі (в підрозділі або при одиниці озброєння), витрата яких можлива лише в виключних випадках з дозволу командира, який проводить бій, виходячи з співвідношення  $Q(t_1) = -\Delta$ . Ця величина носить назву недоторканих запасів (НЗ) МЗ (рис. 1.1).

В період  $AC$  існування дефіциту (рис. 1.1) [5], значення  $Q(t) < 0$ , на протязі часу  $AB$  відбувається накопичення незадоволених заявок; на протязі  $BC$  здійснюється часткове задоволення заявок за рахунок поставки МЗ на склад з інтенсивністю  $V$  (для нашого випадку поповнення МЗ у розмірах не нижче розмірів військових запасів);

$q_{cp}$  – середній рівень запасу, який підтримується на протязі часу знаходження МЗ на складі; ця характеристика є похідною від раніше введених динамічних характеристик системи забезпечення;

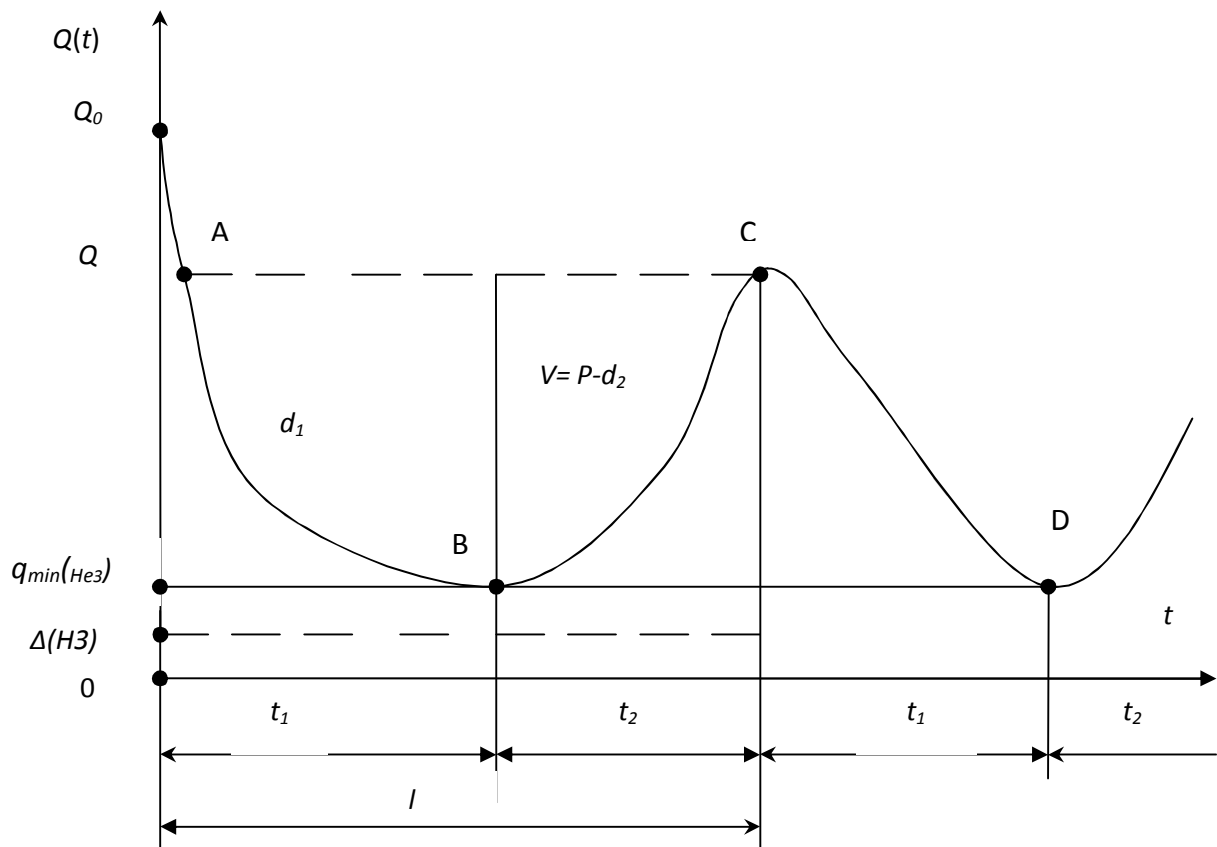


Рис. 1.1 Графік залежності розмірів запасів боєприпасів від часу

$D_1(t)$  – величина витрачених бп у фазі витрати за час  $t$  від початку циклу ( $0 \leq t \leq t_1$ ); інтенсивність витрати бп в цій фазі (кількість витрачених бп в одиницю часу) буде складати величину яка дорівнює[3] :

$$d_1(t) = \frac{dD_1(t)}{dt}, \quad (0 \leq t \leq t_1); \quad (1.3)$$

$D_2(\tau)$  – величина витрачених бп за час  $\tau$  від початку фази накопичення з моменту  $t_1$  ( $t_1 \leq \tau \leq t_2$ ). Інтенсивність витрати бп в цієї фазі складає:

$$d_2(\tau) = \frac{dD_2(\tau)}{d\tau}, \quad t_1 \leq \tau \leq t_2; \quad (1.4)$$

$D(t)$  – сумарна кількість бп, які витрачені до часу  $t$  ( $0 \leq t \leq t_1 + t_2$ ) у циклі незалежно від його фаз, з урахуванням можливої витрати бп у фазі накопичення (рис. 1.1.):

$$D(t) = \begin{cases} D_1(t), & 0 \leq t \leq t_1 \\ D_1(t_1) + D_2(t - t_1), & t_1 \leq t \leq t_1 + t_2 \end{cases} \quad (1.5)$$

У загальному випадку величини  $d_1, d_2, d, V, P$  можуть бути як детерміновані (постійними або ті які змінюються протягом часу), а також стохастичними (випадковими) з відповідними моментами або функціями розподілу.

Рациональні розміри запасів ( $Q_{0\text{рац}}$ ) МЗ заказані за період часу  $T$ , будуть складати:

$$Q_{0\text{рац}} = q_{\text{нез}} + \sqrt{\frac{2S}{h}} \times \sqrt{\frac{1}{M \left[ \frac{\tilde{V} + \tilde{d}_1}{\tilde{V}\tilde{d}_1} \right]}} \quad (\text{шт}), \quad (1.6)$$

Одним з можливих варіантів визначення для рациональних розмірів неЗ бп в ході планування бойових дій ( $q_{\text{нез}}$ ) за період  $T$  буде наступний.. Середня сумарна затримка доставки бп ( $\bar{C}_T(Q)$ ) буде складати суму середньої затримки часу ( $\sum Z_i$ ) на доставку бп

від складу частини до пункту боєпостачання підрозділу ( $Z_1$ ) та середнього часу на завантаження ( $Z_2$ ) та розвантаження ( $Z_3$ ) бп на одиницю транспортного засобу.

Для визначення середньої затримки часу на доставку бп необхідно середню відстань складу частини від пункту боєпостачання підрозділу ( $S_{cp}$  км) поділити на середню швидкість руху транспортних засобів ( $V_{cp}$  км/хв):

$$Z_1 = \frac{S_{cp}}{V_{cp}} \text{ (хв)}. \quad (1.7)$$

Сумарні затримки будуть складати:

$$\sum Z_i = Z_1 + Z_2 + Z_3 ; \quad (1.8)$$

де  $Z_1$  - час доставки бп від складів старшого начальника до складу частини (хв);

$Z_2$  - час завантаження одного транспортного засобу (хв);

$Z_3$  - час розвантаження одного транспортного засобу (хв).

Також необхідно знати середньодобову інтенсивність витрати бп ( $d_j$  шт). Для цього необхідно кількість бп які плануються для витрати ( $Q_{прац}$  шт.), які можна визначити з виразу (1.6) поділити на середню тривалість витрати за добу ( $T_{cp}$  хв). Таким чином середньодобова інтенсивність витрати бп буде складати:

$$d_j = \frac{Q_{прац}}{T_{cp}} \text{ (шт/хв)}; \quad (1.9)$$

Для визначення раціональних розмірів НєЗ бп в ході планування бою ( $q_{нез}$  шт) необхідно середньодобову витрату бп ( $d_j$  шт) помножити на сумарні затримки доставки АБ ( $\sum Z_i$  хв):

$$q_{нез} = d_j \times \sum Z_i \text{ (шт)}; \quad (1.10)$$

Виходячи з вище сказаного можна визначити оптимальні розміри запасів бп враховуючи НєЗ, які будуть заказані за період часу  $T$ :

$$Q_{опт} = \sqrt{\frac{2S}{h}} \times \sqrt{\frac{1}{M \left[ \frac{\tilde{v} + \tilde{d}_1}{\tilde{v}\tilde{d}_1} \right]}} + q_{нез}, \quad (1.11)$$

**Висновок.** Таким чином запропонований спосіб вирішення проблеми забезпечення бп, визначення раціональних розмірів незнижуваних запасів бп та їх своєчасної доставки дозволить більш якісно вирішувати проблеми відновлення озброєння та військової техніки.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Берс Л. Математический анализ. М.: Высшая школа, 1975.
2. Гурин Л.С., Дымарский Я.С., Маркулов А.Д. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов. М.: Сов. Радио, 1968.
3. Хелди Д., Уайтин Т. Анализ систем управления запасами. М., Наука, 1977.
4. Шуенкин В.А., Донченко В.С. Прикладные модели теории массового обслуживания. К.: НМК ВО, 1992.
5. Шуенкин В.А., Донченко В.С. Модели управления запасами. С., ВС РФ, 1998.

Рецензент: д.т.н., проф. **Ленков С.В.**

## **ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОДЕЛІ ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

*Розглядається комплекс моделей прикладних функцій систем управління телекомунікаційними мережами і їх елементами тих, що відображають реалізацію трьох категорій управління: несправностями, робочими характеристиками, конфігурацією.*

*Рассматривается комплекс моделей прикладных функций систем управления телекоммуникационными сетями и их элементами тех, которые отображают реализацию трех категорий управления: неисправностями, рабочими характеристиками, конфигурацией.*

*The complex of models of applied functions of control systems by telecommunication networks and their elements is considered. Display realisation of three categories of management: malfunctions, performance data, configuration is considered.*

**Аналіз останніх досягнень.** Особливостями сучасних мереж нового покоління, з точки зору керування, є те, що ці мережі складаються з більшого числа різнотипних компонентів, а не з порівняно невеликої кількості менш різноманітних великих сучасних комутаційних пристроїв. Крім того, в мережах нового покоління буде підтримуватися більше число інтерфейсів, чим в існуючих мережах, і більш висока пропускна здатність.

Система керування представляє собою набір рішень, що забезпечують керування мережами, реалізованими на базі різних технологій (фіксовані й мобільні телефонні мережі, мережі передачі даних, сигналізації й т.п.), що надають різні послуги і побудовані на обладнанні різних виробників. Вона повинна будуватися з використанням об'єктно-орієнтованої розподіленої структури.

Однією з головних особливостей систем керування мережами нового покоління є відкрита модульна архітектура, що дозволяє розробляти й впроваджувати нові модулі, працювати з існуючими додатками й модернізувати існуючі модулі. Для реалізації інтегрованого керування системами й мережами незалежно від їх виробника й технології можуть використовуватися різноманітні стандарти та протоколи, такі як, SNMP, OSI, ASCII, CORBA. Зокрема, стандартом керування де-факто в мережах передачі даних є протокол SNMP. У моделі TMN передбачалося використання протоколів OSI. Однак практична реалізація систем керування на базі TMN виявилася складною, повільною й дорогою, у ній недостатньо опрацьовані питання керування послугами. Останнім часом активно розвиваються й реалізуються рішення по організації керування на базі архітектури CORBA, яка є досить перспективною, особливо на верхніх рівнях керування.

**Постановка проблеми** У мережах NGN системи керування будуть у першу чергу націлені на рішення конкретних завдань операторів, рівнева архітектура TMN уже не буде мати першорядне значення й відійде на другий план. Більшу значимість здобувають питання керування послугами.

Основними вимогами, що пред'являються до систем керування мережами нового покоління, є:

- підготовлене рішення на практиці повинно реалізовуватися за короткий термін;

- структури відкритих систем повинні забезпечувати гнучкість реалізації та сумісність із іншими рішеннями, високу надійність, і як результат - якість обслуговування;

- оператор повинен мати можливість модифікувати програмне забезпечення для реалізації специфічних функцій і вводити нові послуги через зміну конфігурації;

- компонентні рішення спрощують можливості оператора з введення нових користувачів і функцій.

Гнучкість і масштабованість дозволять легко адаптуватися до нових технологій і продуктів, а також до потреб користувачів, що змінюються.

Рішення задачі розробки моделей для складної ієрархічної багатофункціональної системи, якою є система управління телекомунікаційними мережами, визначає необхідність використання відомого методу декомпозиції.

Для розробки загальної моделі системи при рішенні задач синтезу проводиться композиція приватних моделей, що описують функціонування СУ (системи управління) для заданої категорії управління або на окремому її ієрархічному рівні. При цьому, методологічний підхід до дослідження систем управління полягає в реалізації багаторівневого модульного принципу що включає наступну послідовність кроків:

- визначення приватних параметрів;
- отримання на основі приватних узагальнених параметрів;
- визначення на основі відповідної обробки попередніх етапів узагальнених мережових показників;
- отримання показників якості.

#### **Модель системи управління для категорії управління несправностями**

Кожен мережовий елемент є СМО (системою масового обслуговування), таким чином, на рівні мережових елементів паралельно функціонують  $N$  СМО, які відзначаємо номером 0. На вхід всіх  $N$  СМО 0 поступають аварійні сигнали що характеризують потік несправностей в устаткуванні з інтенсивністю

$$\lambda_{yH}^{(1)}(1), \lambda_{yH}^{(1)}(2), \dots, \lambda_{yH}^{(1)}(j), \dots, \lambda_{yH}^{(1)}(N),$$

де  $N$  – число мережових елементів,  $j = 1, 2, \dots, N$ .

Для знаходження вірогідності станів процесу в стаціонарному режимі, складемо систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = -(a_{12} + a_{13})P_1(t) + a_{21}P_2(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = -a_{21}P_2(t) + a_{12}P_1(t) + a_{32}P_3(t), \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = -a_{32}P_3(t) + a_{13}P_1(t) \end{cases} \quad (1)$$

де  $a_{12} = \frac{1}{T_{\text{зап.}}}$ ;  $a_{21} = \frac{1}{\tau_{\text{перекл.}}}$ ;  $a_{13} = \lambda_{\text{несправн.}}$ .

Вирішивши її, отримаємо вираз для вірогідності знаходження пристроїв в стані готовності  $P_1$ :

$$P_1 = K_{\Gamma} = \frac{1}{\frac{\tau_{\text{перекл.}}}{T_{\text{зап.}}} + \lambda_{\text{неспр.}} (\tau_{\text{перекл.}} + T_{\text{зап.}}) + e^{-\lambda_{\text{неспр.}} T_{\text{перекл.}}}}. \quad (2)$$

Візьмемо приватну похідну від  $K_{\Gamma}$  по  $T_{\text{зап.}}$ . Вона має вигляд:

$$\frac{\partial K_G}{\partial T_{зап.}} = \frac{\frac{\tau_{перекл.}}{T_{зап.}^2} - \lambda_{неспр.} + \lambda_{неспр.} e^{-\lambda_{неспр.} T_{перекл.}}}{\left( \frac{\tau_{перекл.}}{T_{зап.}} + \lambda_{неспр.} (\tau_{перекл.} + T_{зап.}) + e^{-\lambda_{неспр.} T_{перекл.}} \right)^2}. \quad (3)$$

Для знаходження екстремуму, прирівнюємо цей вираз до нуля.

$$\frac{\tau_{перекл.}}{T_{зап.}^2} - \lambda_{неспр.} + \lambda_{неспр.} e^{-\lambda_{неспр.} T_{перекл.}} = 0. \quad (4)$$

Тоді оптимальне значення періоду опитування пристроїв буде знаходитися з умови:

$$T_{опит.} = \arg \left[ \frac{\tau_{перекл.}}{T_{зап.}^2} - \lambda_{неспр.} + \lambda_{неспр.} e^{-\lambda_{неспр.} T_{перекл.}} \right].$$

Для полегшення подальших перетворень проведемо заміну:

$$\tau_{перекл.} = a; T_{опит.} = x; \lambda_{неспр.} = b.$$

В результаті заміни вираз прийме вигляд:

$$\frac{a}{x^2} - b + b \cdot e^{-bx} = 0. \quad (5)$$

Рівняння є трансцендентним і не має рішення. У цьому випадку можна отримати рішення або чисельним методом, або скористатися деяким спрощенням [3].

Найбільший інтерес при дослідженні функціонального інтерфейсу представляє режим максимального навантаження, коли в буферах виникають черги, а пропускні спроможності каналів близькі до граничних.

Розглянемо систему СМО, що спочатку ідеалізується, з необмеженою чергою,  $R \rightarrow \infty$ . Позначимо вірогідність станів СМО через  $P_{ij}$ . Тоді рівняння станів СМО в сталих

режимах, при  $\frac{dP_{ij}}{dt} = 0$ , буде визначатися наступною системою:

$$(\lambda_1 + \lambda_2)P_{00} = \mu_1 \bar{P}_{21}P_{10} + \mu_2 P_{01} + \mu_2 P_{2/2}P_{11},$$

$$(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2)P_{i0} = \lambda_1 P_{i-1,0} + \mu_1 \bar{P}_{2/1}P_{i+1,0} + \mu_2 \bar{P}_{2/2}P_{i+1,i} + \mu_2 \bar{P}_{1/2}.$$

Відзначимо, що вірогідність стану  $P_{ij}$  складає повну групу подій, так що

$$\sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} P_{ij} = 1. \quad (6)$$

Позначимо приведену інтенсивність на першій фазі  $\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}$  і на другій фазі

$$\rho_2 = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 - \mu_1 \bar{P}_{2/1} \rho_1}{\mu_2 (1 + \bar{P}_{2/2} \rho_1)}. \quad (7)$$

При цьому  $\rho_1$  є найменшим позитивним коренем квадратного рівняння

$$\rho_1^2 \mu_1 (P_{2/2} - P_{1/2} P_{2/1}) - (\lambda_1 P_{2/2} + \lambda_2 P_{1/2} + \mu_1) \rho_1 + \lambda_1 = 0. \quad (8)$$

Можна показати, що стаціонарний стан СМО існує і що сама СМО стійка при  $\rho_1 < 1$  і  $\rho_2 < c$ , при цьому

$$\lambda \langle \mu_1 + \frac{(\lambda_2 + \mu_1 P_{2/1}) P_{1/2}}{1 - P_{2/2}}, \quad (9)$$

$$c \mu_2 \rangle \lambda_2 + \frac{\lambda_1 (\mu_1 P_{2/1} + c \mu_2 P_{2/2})}{\mu_1 + c \mu_2 P_{2/2}}. \quad (10)$$

Вираз для вірогідності станів з врахуванням (7) набуває вигляду:

$$P_{ij} = \rho_1^i \frac{\rho_2^j}{j!} P_{00}, \quad i = 0, 1, \dots, j = 0, 1, \dots, c,$$

$$P_{ij} = \rho_1^i \frac{\rho_2^j}{c! c^{j-c}} P_{00}, \quad i = 0, 1, \dots, j = c + 1, c + 2, \dots, \quad (11)$$

$$P_{00} = (1 - \rho_1) \left( \sum_{j=0}^{c-1} \frac{\rho_2^j}{j!} + \frac{\rho_2^c}{(c-1)!(c-\rho_2)} \right)^{-1}.$$

Вираз (11) отриманий з використанням умов нормування (6).

Врахуємо тепер реалізаційні обмеження. Вважатимемо, що черга R обмежена ( $R < \infty$ ), додатковий потік в 2-ій фазі відсутній ( $\lambda_2 = 0$ ),  $c = 1$ . Крім того, вважатимемо, що втрати

відсутні:  $\bar{P}_{2/1} = \bar{P}_{1/2} = P_{2/2} = 0$ . Число заявок на 1-ій фазі  $i$ . На другій  $j = 0, 1, \dots, R$ .

Введемо додаткові позначення приведених інтенсивностей потоків:

$$r_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu_1}; r_2 = \frac{\lambda}{\mu_2}; r_3 = \frac{\lambda}{\mu_1 + \mu_2}. \quad (12)$$

При цьому умова позитивності значень вірогідності стану  $P_{ij}$ , а відповідно і стійкості СМО, є умова  $r_3 < 1$ .

Перетворення рівнянь стану дає наступні вирази для вірогідностей  $P_{ij}$ :

$$P_{ij} = r_1^i r_2^j P_{00}, \quad i \geq 0, j = 0, 1, 2, \dots, R - 1;$$

$$P_{iR} = \frac{r_2^R}{1 - r_2} (r_1^i - r_2 r_3^i) P_{00}, \quad i \geq 0;$$

$$P_{00} = \frac{(1 - r_1)(1 - r_2)(1 - r_3)}{1 - r_3 - r_2^{R+1}(1 - r_1)}.$$

З отриманих виразів можна отримати також рівняння для СМО з блокуванням заявок. Для цього необхідно покласти  $j = R$ . Для таких СМО з блокуванням отримаємо

$$(\lambda + \mu_2) P_{0R} = \mu_1 P_{i,R-1} + \mu_2 P_{1R},$$

$$(\lambda + \mu_2) P_{iR} = \lambda P_{i-1,R} + \mu_1 P_{i+1,R-1} + \mu_2 P_{i+1,R},$$

де виконуються умови нормування (11). Після підстановки коефіцієнтів отримуємо:

$$P_{ij} = r_1^i r_2^j P_{00}, \quad i \geq 0, j = 0, 1, 2, \dots, R - 1;$$

$$P_{iR} = r_2^R \frac{r_1^{i+1} + r_2^{i+1}}{1 - r_2} P_{00}, \quad i \geq 0.$$

### Модель управління робочими характеристиками системи управління.

Можливі види інформаційних потоків від пристроїв керованого фізичного ресурсу розділені на категорії:

– ПКЗ – потоки, критичні до затримок;



– ПНЗ-1 – потоки, що некритичні до затримок і допускають регламентовані затримки передачі;

– ПНЗ-2 – потоки, що некритичні до затримок і допускають довільні затримки передачі.

Оцінимо якісно ефективність передачі різних видів даних керованого фізичного ресурсу. Для цього використовується відомий результат для СМО типа М/М/м:

– розподіл числа вимог в системі:

$$P(x) = \begin{cases} P_0 \frac{(m\rho)^k}{k!}, & 0 \leq k \leq m, \\ P_0 \frac{(\rho)^k m}{m!}, & k \geq m. \end{cases}$$

– середній час очікування вимогою початку обслуговування:

$$\tau_{\text{очікув.}} = \frac{P_0 (m\rho)^m \bar{\Theta}}{(1-\rho)^2 m \times m};$$

– середній час перебування вимоги в системі:

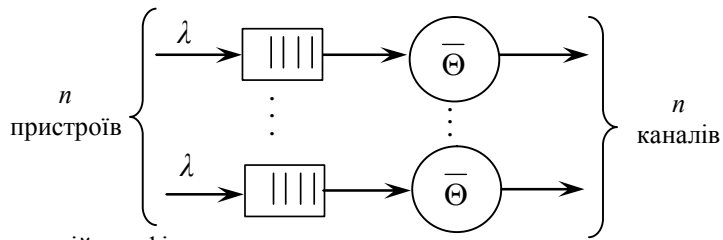
$$\tau_{\text{переб.}} = \tau_{\text{очікув.}} + \bar{\Theta},$$

$$\text{де: } P_0 = \left[ \sum_{k=0}^{m-1} \frac{(m\rho)^k}{k!} + \frac{(m\rho)^m}{m!} \left( \frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1}, \quad \rho = \frac{\lambda \bar{\Theta}}{m}, \quad \lambda - \text{інтенсивність вхідного потоку}$$

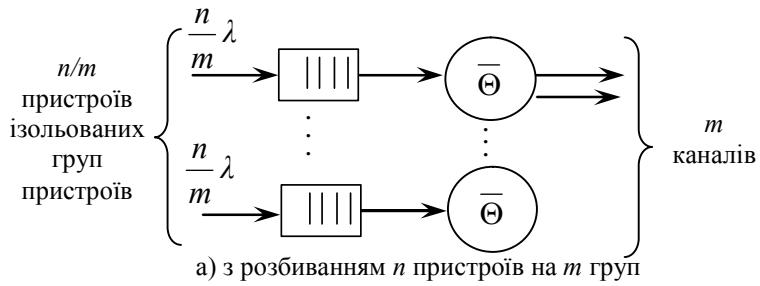
вимог,  $\bar{\Theta}$  – середній час обслуговування вимог.

Розглянемо передачу даних критичних до затримок. В цьому випадку середня тривалість з'єднання  $\bar{\Theta}_3$  і необхідна величина пропускної здібності каналу визначаються самим пристроєм. Хай обслуговується  $n$  однакових пристроїв, кожний з яких генерує виклики з інтенсивністю  $\lambda$  і вимагає з'єднання з середньою тривалістю  $\bar{\Theta}_3$ .

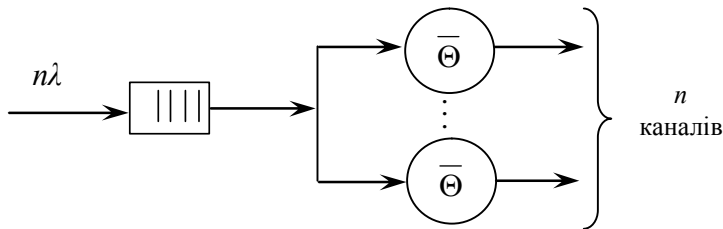
Передача може бути організована трьома способами (рис. 1).



а) з постійним фіксованим предоставленням канала кожному пристрою



а) з розбиванням  $n$  пристроїв на  $m$  груп



в) з предоставленням  $n$  пристроям  $m$  каналів з взаємодопомогою між каналами

Рис. 1. Способи передачі інформаційних потоків

Середній час затримки встановлення з'єднання складе:

$$\text{а) } \tau_B = \frac{\lambda \bar{\Theta}_3}{1 - \lambda \bar{\Theta}_3} \bar{\Theta}_3;$$

$$\text{б) } \tau_B = \frac{m \lambda \bar{\Theta}_3}{m - n \lambda \bar{\Theta}_3} \bar{\Theta}_3;$$

$$\text{в) } \tau_B = \frac{(n \lambda \bar{\Theta}_3)^m}{m' \left(1 - \frac{n \lambda \bar{\Theta}_3}{m}\right)^2 \times \left[ \sum_{k=0}^{m-1} \frac{(n \lambda \bar{\Theta}_3)^k}{k!} + \frac{(n \lambda \bar{\Theta}_3)^m}{m!} \times \left(\frac{m}{m - n \lambda \bar{\Theta}_3}\right) \right]}.$$

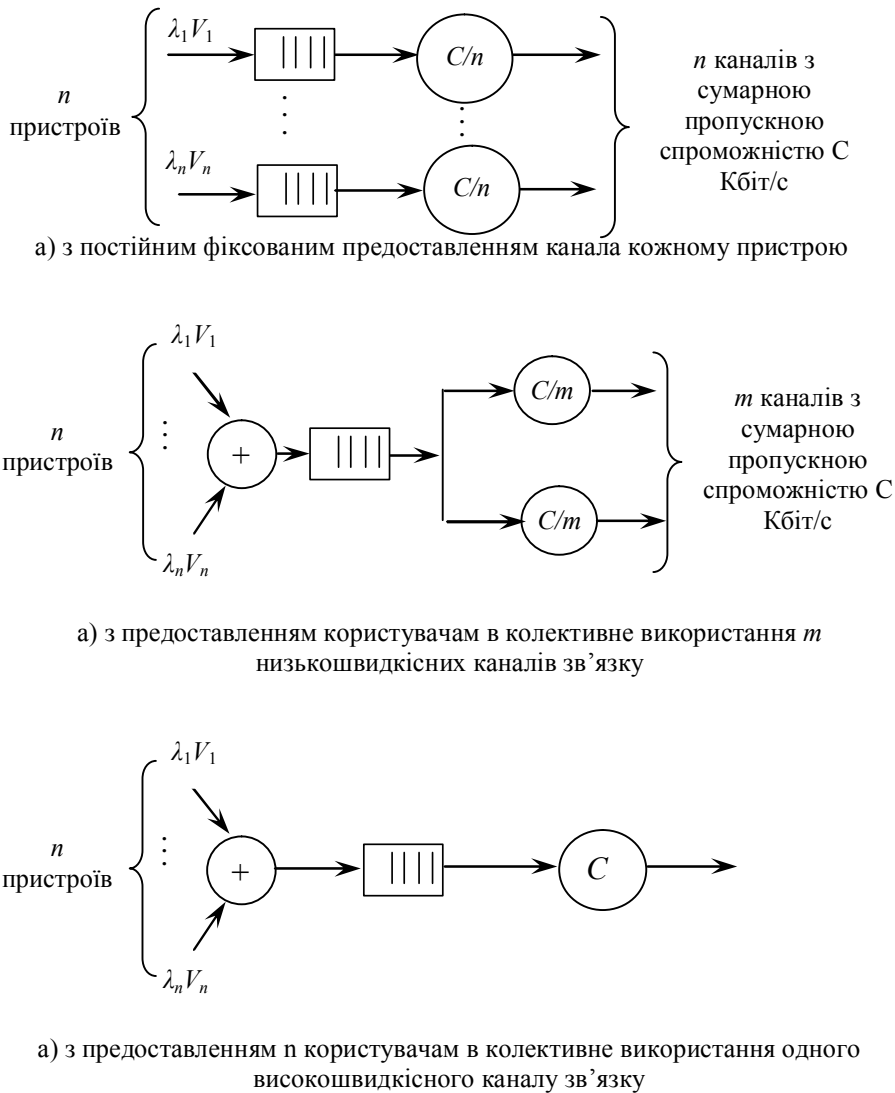


Рис. 2. Способи передачі інформаційних потоків які не критичні до затримок

Розглянемо передачу потоків ПНЗ. Можливі способи передачі приведені на рис. 4 і не вимагають додаткового пояснення. Хай кожен пристрій генерує пакети з інтенсивністю  $\lambda$ , а середнє значення об'єму пакету складає  $V$  біт. Тоді середній час передачі пакета по каналу з пропускнуною спроможністю  $C$  складе  $\Theta = \frac{V}{C}$  секунд.

Враховуючи, що середній час затримки пакета  $\tau_n$  рівний середньому часу перебування пакета в системі, отримуємо:

$$а) \tau_n = \frac{nV}{C - n\lambda V};$$

$$б) \tau_n = \frac{V}{C} \left( m + \frac{(mn\lambda V / C)^m}{m! \left(1 - \frac{n\lambda V}{C}\right)^2 \times \left[ \sum_{k=0}^{m-1} \frac{(mn\lambda V / C)^k}{k!} + \frac{(mn\lambda V / C)^m}{m!} \times \left(\frac{C}{C - n\lambda V}\right) \right]} \right);$$

$$в) \tau_n = \frac{V}{C - n\lambda V}.$$

### Модель управління конфігурацією

Процес координування елементів системи управління при будь-якому управлінні можна розділити на два основні етапи:

- доставка інформації від менеджера до агентів і в зворотному напрямі;
- рішення керованими агентами своїх підзадач.

Загальна постановка завдання може бути зведена до наступного:

– потік  $\varphi(v_i, \lambda_k)$  по дузі  $(v_i, v_k)$  не повинен перевищувати її пропускну спроможність  $\varphi(v_i, v_k) \leq C$ ;

– для всіх вузлів мережі, окрім точок входу ( $X_H$ ) і виходу ( $X_k$ ) сумарний потік за входячими в вершину дугам повинен бути рівним сумарному потоку який виходить:

$$\sum_{u \in U_X^-} \varphi(U) - \sum_{u \in U_X^+} \varphi(U) = 0,$$

де  $X$  – деяка вершина, яка не являється джерелом або стоком;  $X_H$  – вхідна (істок),

$X_B$  – вихідна (сток),  $U_X^-, U_X^+$  - множина вхідних і вихідних із вершини  $X$  дуг;

- сума потоків, які виходять із вершини  $X_k$ , дорівнює сумі потоків, які входять в  $X_H$ :

$$\sum_{u \in U_{X_H}} \varphi(U) - \sum_{u \in U_{X_K}} \varphi(U) = 0,$$

при виконанні певних обмежень:

$$T_{cp}(B_{ik}(l_k)) \leq T_{сер.дон.};$$

$$T_{Di}(B_i, \Lambda) \leq T_{дон.};$$

$$P_{npi}(B_i, \Lambda) \leq T_{npi.дон.},$$

де  $T_{сер.}$  – середній час вирішення задачі,

$B_{ik}(l_k)$ ,  $B_i$  – функції розподілення,

$T_{Di}$  – час доставки інформації,

$P_{npi}$  – ймовірність правильного вирішення задачі,

$\Lambda$  - сумарний потік в мережі,

$l_k$  – довжина черги.

Тоді розробка моделі зводиться до наступного: для даної системи при будь-якій дисципліні обслуговування можна застосувати відомий закон збереження часу очікування:

$$\sum_{i=1}^M \rho_i \omega_i = \frac{R}{2(1-R)} \sum_{i=1}^M \lambda_i v_i^{(2)} = const,$$

де  $\rho_i$  – загрузка пристрою:

$\omega_i$  – середній час очікування в черзі заявок типу  $i = \overline{1, M}$ ;  $R = \sum_i \rho_i$ ;

$\lambda_i$  – інтенсивність надходження заявок;

$v_i^{(2)}$  - початковий момент другого порядку тривалості обслуговування заявок.

Позначимо через  $P(L_k)$  стаціонарну ймовірність того, що в момент закінчення передачі деякої заявки в черзі знаходиться рівно  $l_k$  заявок  $k$  – го типу,  $P_k$  – ймовірність вибору для обслуговування в черговий момент заявки  $k$  – го типу,  $P_0$  – ймовірність того, що в момент закінчення обслуговування в системі немає заявок.

Стаціонарні ймовірності  $P(l_k)$  визначаються за наступними рекурентними формулами:

$$P(l_k) = \left[ \left( 1 - \sum_{i=1}^{k-1} P_i \right) (1 - \lambda_k B_k) + 1 \right]^{-1} \times \left[ P_k (1 - \lambda_k B_k) - \frac{P_0}{\Lambda} \left( 1 - \sum_{i=1}^M \lambda_k B_{ki}(l_k) \right) - \sum_{i=k+1}^N \lambda_k P_i B_i - \sum_{i=1}^{k-1} P_i B_{ki}(l_k) - \sum_{m_k=1}^{i_k-1} P(m_k) \left( 1 - \sum_{i=1}^{k-1} P_i \right) (1 - \lambda_i B_{kk})(l_k - m_k + 1) \right], \quad l_k > 0;$$

$$P(O_k) = \frac{1 - \sum_{i=1}^k P_i}{1 - \sum_{i=1}^{k-1} P_i}, \quad \text{де } \Lambda = \lambda_i + \dots + \lambda_N, \quad P_0 = 1 - \sum_{i=1}^N \lambda_i P_i B_i = \lambda_i (1 - P_0),$$

$$B_{ik}(l_k) = \int_0^{\infty} \left[ \lambda_k t (\exp(\lambda_k t) - \sum_{m_k=0}^{i_k-1} (\lambda_k t)^{m_k} / m_k!) - l_k (\exp(\lambda_k t) - \sum_{m_k=0}^{l_k} (\lambda_k t)^{m_k} / m_k!) \right] \exp(\lambda_k t) B_i(t).$$

**Висновок.** Комплекс запропонованих моделей прикладних функцій систем управління телекомунікаційними мережами і їх елементами, дає можливість ще більш детально проаналізувати процес управління і визначити напрямки підвищення ефективності функціонування сучасних телекомунікаційних мереж.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Стеглов В.К., Костік Б.Я., Беркман Л.Н. Сучасні системи управління в телекомунікаціях. – К.: Техніка, 2005. – 390 с.
2. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні до 2010 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. №316-р.
3. Стеглов В.К., Беркман Л.Н. Проектування телекомунікаційних мереж. – К.: Техніка, 2002. – 792 с.
4. Б.И. Крук, В.Н. Попантунопуло, В.П. Шувалов. Телекоммуникационные сети и системы. Том 1. Современные технологии. М.: – Горячая линия – Телеком. – 2003. с. 647.

Рецензент: д.т.н., проф. Жердєв М.К.

**КЕРІВНИЦТВО ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЮ СЛУЖБОЮ УКРАЇНСЬКОЇ  
АРМІЇ**

*У статті досліджується організація управління фінансово-економічною службою в Міністерстві оборони України і її у реформуванні військ.*

*В статье исследуется организация управления финансово-экономической службой в Министерстве обороны Украины и ее в реформировании войск.*

*In the article the organisation of management of financial and economic service in the Ministry of Defence of Ukraine and its in reforming of troops.*

Від правильної, чіткої, своєчасної організації фінансового забезпечення залежить не тільки боєздатність, а і матеріально-технічний стан ЗС України.

Керівництво фінансово-економічною службою здійснюють Міністр оборони України, Начальник Генерального штабу Збройних Сил України, командувачі видами Збройних Сил, командувачі військами оперативних командувань, корпусів, командири з'єднань, військових частин, начальники установ та організацій, які і є розпорядниками бюджетних коштів. Головним розпорядником коштів є Міністр оборони України, якому призначаються кошти з правом їх витрачання на утримання військ. Він затверджує відповідні фінансово-планові документи, після чого здійснюється розподіл коштів по військам. До розпорядників коштів нижчого рівня відносяться розпорядники другого і третього ступенів.

Розпорядниками коштів другого ступеня є Начальник Генерального штабу Збройних Сил України, командувачі видами Збройних Сил, начальники територіальних квартирно-експлуатаційних управлінь, які одержують кошти на утримання підпорядкованих їм військових формувань.

Розпорядниками коштів 3-го ступеня є командувачі військами оперативних командувань, командири (начальники) військових частин, установ та організацій, які одержують кошти тільки на свої видатки, по іншому їх називають витрачальниками.

Зазначені розпорядники коштів свої обов'язки і права з фінансово-економічних питань здійснюють через відповідну фінансово-економічну службу, яка є робочим органом відповідного командира (начальника).

Фінансово економічна служба в залежності від організаційних і спеціальних функцій діляться на: забезпечуючі фінансові органи; фінансово-економічні органи забезпечуючих департаментів, управлінь; фінансово-економічні органи військових структур; контрольно-ревізійні органи.

Фінансово-економічна служба, яка фінансує підпорядковані військові структури, а також здійснює попередній та поточний контроль за доцільним витрачанням коштів є забезпечуючим фінансовим органом.

Департамент фінансів Міністерства оборони України є головним забезпечуючим фінансовим органом і безпосередньо головним фінансово-економічним органом Головного розпорядника коштів – Міністра оборони України. На нього покладені обов'язки по організації фінансового забезпечення заходів по підвищенню бойової і мобілізаційної готовності Збройних Сил України. До речі на базі Головного фінансово-економічного управління Міністерства оборони України створились два департаменти:

- Департамент фінансів.
- Департамент з економічної діяльності.

- крім цього створено Головне фінансово-економічне управління Генерального штабу Збройних Сил України.

Департамент фінансів Міністерства оборони України організовує фінансово-господарську діяльність військ, визначає загальну потребу в коштах для їх фінансування, організовує облік доходів, видатків, складає фінансову звітність, здійснює контроль, розглядає скарги і пропозиції особового складу з питань їх забезпечення, розробляє нормативно-правові акти з фінансово- економічних питань, підвищує спеціальну підготовку військових фінансистів, аналізує фінансово-господарську діяльність військ та розробляє рекомендації та пропозиції для прийняття стосовно них відповідних рішень Міністром оборони України.

Контрольно-ревізійний департамент МО України підпорядковується безпосередньо Міністру оборони України, виконує його доручення і про результати контрольно-ревізійної роботи доповідає йому для прийняття відповідного рішення.

Контрольно-ревізійна служба Збройних Сил України складається з контрольно-ревізійного департаменту Міністерства оборони України, п'яти територіальних контрольно-ревізійних управлінь, контрольно-ревізійного управління Генерального штабу Збройних Сил України та контрольно-ревізійного управління командування сил підтримки Збройних Сил України.

Контрольно-ревізійні органи Збройних Сил України підпорядковані директору контрольно-ревізійного департаменту Міністерства оборони України.

На сьогоднішньому етапі реформування військ контрольно-ревізійна робота поступово удосконалюється. Слід підкреслити, що зараз проводити всебічний контроль силами контрольно-ревізійних органів, поки що немає можливості через недостатність кадрів. Тому питання контрольно-ревізійної роботи узгоджуються, між директорами департаментів контрольно-ревізійної служби і фінансів Міністерства оборони України.

Для проведення документальних ревізій залучаються офіцери фінансово-економічної служби, які не завжди спроможні якісно і ефективно виконувати покладені на них функції контролю за дотриманням законності їх же керівниками, тому доцільно, щоб ревізії проводили тільки контрольно-ревізійні органи.

Аналізуючи виділення у 2002 році у самостійну ланку поточного контролю потрібно підкреслити те, що ми повинні і у подальшому розвивати і вдосконалювати форми та методи попереднього, поточного та наступного контролю. При цьому більше уваги приділяти попередньому та поточному контролю з метою своєчасного попередження фінансових порушень і усунення недоліків, а не фіксувати їх при проведенні документальних ревізій, а це буде прямо впливати на ефективність витрачання коштів. Таке трактування пов'язане з тим, що попередній фінансовий контроль своєчасно попереджує не тільки фінансові порушення, але й не дозволяє посадовим особам, які встали на шлях зловживань у майбутньому допускати крадіжки державних коштів.

На наш погляд сьогодні потрібно відновити таку форму попереднього контролю, як обов'язковий щоквартальний контроль за начальниками фінансово-економічної служби — випускниками Військового інституту Київського Національного Університету імені Тараса Шевченка на протязі двох років, а також за недосвідченими фінансистами та такими, що допускають фінансові порушення.

Як свідчить аналіз, ця форма контролю приносить позитивні результати не тільки по попередженню фінансових порушень, але й по покращенню організації фінансового забезпечення військ.

Велику роль в організації фінансового забезпечення військ відіграють Головне фінансово-економічне управління Генерального штабу Збройних Сил України, фінансово-економічне управління видів Збройних Сил, які є фінансовим органом розпорядника коштів 2-го ступеню.

Начальник Фінансово-економічного управління підпорядковується командирам цих військових з спеціальних питань, крім того, і директору департаменту фінансів Міністерства оборони України.

На Фінансово-економічне управління покладена організація роботи, своєчасне і повне забезпечення потреб військ коштами, здійснення попереднього і поточного контролю за фінансовою діяльністю підпорядкованих військ.

Фінансово-економічне управління розглядає кошториси військ, фінансує розпорядників коштів 3-го ступеню, веде бухгалтерський облік коштів, які надходять і перераховуються військам, складає бухгалтерську звітність. Фінансово-економічне управління фінансує мобілізаційне розгортання військ, організовує роботу внутрішніх перевірок комісій і спеціальну підготовку фінансових працівників.

Слід зауважити, особливе місце в організації фінансового забезпечення належить фінансово-економічним службам військових частин — витрачальникам. Самостійне фінансове господарство ведуть ті військові частини, які мають по штату фінансово-економічну службу. Очолює фінансово-економічну службу помічник командира частини — начальник фінансово-економічної служби, який підпорядковується командирові військової частини. Цим підкреслюється важлива роль фінансово-економічної служби з життєдіяльності військової частини і її певна самостійність по відношенню до служб матеріально-технічного постачання, які підпорядковані заступникам командира частини.

Командир військової частини і начальник фінансово-економічної служби зобов'язані забезпечити законне, економічне і по-господарськи доцільне використання коштів, правильність документального оформлення фінансових операцій, чітке дотримання фінансової дисципліни, своєчасне повернення коштів у встановлених випадках за належністю.

Зауважимо, що важливе місце в організації фінансового забезпечення особливо зараз займає правильна організація бухгалтерського обліку, складання і подання в зазначений термін встановленої звітності, що базується на даних бухгалтерського обліку.

Начальник фінансово-економічної служби: здійснює систематичний контроль за збереженням коштів і матеріальних цінностей; своєчасним і правильним оформленням документів; законністю проведених операцій, ефективним та економічним використанням матеріальних засобів і коштів згідно з цільовим з даними обліку, а також своєчасним погашенням підзвітних сум. Крім цього він приймає участь в оформленні матеріалів, пов'язаних з нестачею та відшкодуванням збитків від нестач, крадіжок і псування військового майна, забезпеченні своєчасного й достовірного обліку нестач майна та інших фактів несення державі збитків і здійсненні заходів щодо їх відшкодування.

Фінансово-економічна служба здійснює складання і погодження з командиром військової частини кошторисів та інших планових документів, пов'язаних з фінансовим та матеріальним забезпеченням, та розрахунків до них. Начальник фінансово-економічної служби разом з начальниками служб проводить ревізії фінансово-господарської діяльності підсобних підприємств, а також робить економічний аналіз їх діяльності. За результатами аналізу вони повинні розробляти і доповідати командирі частини пропозиції щодо забезпечення економічного і суворо цільового використання коштів і матеріальних цінностей, виявлення і використання внутрішньогосподарських резервів, попередження фінансових порушень.

Періодично, але не менш, ніж один раз на місяць, начальник фінансово-економічної служби повинен доповідати командирі частини про стан фінансового господарства. Одночасно вносяться конкретні пропозиції з поліпшенням фінансово-господарської діяльності частини.

Підкреслимо, щоб успішно здійснювати керівництво фінансово-господарською діяльністю командир військової частини і начальник фінансово-економічної служби повинні добре знати чинне законодавство з фінансово-господарських питань,



правильно розуміти його і чітко ним керуватися в своїй повсякденній діяльності, а фінансист - керівник крім цього повинен чітко та суворо організувати працю особисто і своїх підлеглих, хоча на практиці це не завжди вдається.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Наказ Міністра оборони України від 28.10.2006 №625 «Про затвердження положення про фінансове господарство військової частини Збройних Сил України»//Друкарня ДПМОУ «Воєнне видавництво України» Варта. – К.-2006.-111с.

2. Наказ Міністра оборони України від 12.09.2007р. № 522 «Про затвердження Положення про фінансовий контроль у Міністерстві оборони України та Збройних Силах України»//Київ-Воєнне видавництво-2007-11с.

3. Наказ Міністра оборони України від 17.06.2008р.№278 «Про затвердження змін до положення про фінансове господарство військових частин Збройних Сил України та положення з бухгалтерського обліку у Збройних Силах України»//Київ-Воєнне видавництво.-2008.-7с.

Рецензент: **к.е.н., доц. Шпільовий Є.Є.**

## МЕТОДИКА ВОЄННО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПРИЙНЯТТЯ НА ОЗБРОЄННЯ НОВИХ ПРОТИТАНКОВИХ ІНЖЕНЕРНИХ БОЄПРИПАСІВ

*У статті наведена методика воєнно-економічного обґрунтування прийняття на озброєння нових протитанкових інженерних боєприпасів. В основу методики покладена можливість урахування зміни втрат у бойовій техніці наступаючої сторони та тих, хто обороняються, за використання у системі інженерних загороджень існуючих та нових протитанкових інженерних боєприпасів.*

*В статті приведена методика воєнно-економічного обґрунтування прийняття на озброєння нових протитанкових інженерних боєприпасів. В основу методики покладена можливість урахування змін втрат в бойовій техніці наступаючої та обороняючої сторони при використанні в системі інженерних загороджень існуючих та нових протитанкових інженерних боєприпасів.*

*In the article the technique of a military-economic substantiation of acceptance on arms of a new anti-tank engineering ammunition is resulted. Possibility of the account of change of losses is put in a technique basis in combat material of the coming and defending parties at use in system of engineering obstacles of an existing and new anti-tank engineering ammunition.*

**Актуальність.** Зміна поглядів на ведення сучасних бойових дій призвела до необхідності створення нових інженерних боєприпасів, які відносяться до третього покоління з можливістю селекції цілі та дистанційного керуванням. Такі боєприпаси вже розроблені у провідних країнах світу та плануються до широкого застосування у військах в найближчій період. До таких боєприпасів відносяться – американські: сімейства М 93 «HORNET», BLU-101/B та російські: М-225 [1,2]. За своїми тактико-технічними характеристиками дані боєприпаси можливо віднести до високоточної зброї. Дослідження щодо розробки таких боєприпасів ведуться і в Україні. Але одним з основних недоліків інженерних боєприпасів нового покоління є відносно висока їх вартість, тому для прийняття рішення щодо їх розробки та постачання (закупівлі) у війська необхідна детальна воєнно-економічна оцінка застосування таких боєприпасів.

**Аналіз останніх досліджень.** У наявних джерелах переважно наголошується на воєнній складовій оцінки доцільності прийняття на озброєння нових боєприпасів. Так, наприклад, у [3, 4] наведена методика визначення втрат противника від впровадження перспективних боєприпасів і шляхом порівняння з критерієм робиться висновок щодо доцільності прийняття таких боєприпасів на озброєння. Однак, економічній складовій у той період не приділялася достатня увага, хоча аналіз досвіду останніх локальних війн та збройних конфліктів показує, що саме нанесення економічних втрат та збитків противнику може змусити його до відмови подальших дій.

**Мета роботи.** Тому виникає питання щодо воєнно-економічної оцінки доцільності прийняття на озброєння таких боєприпасів. Запропонована у цій статті методика дає можливість оцінити економічний ефект, який може бути отриманий під час оборонного бою, коли у системі інженерних загороджень використовуються нові інженерні боєприпаси.

**Основна частина.** Для оцінки показників ефективності протитанкових мінних полів можуть застосовуватись в основному показники, які характеризують можливості мінних полів щодо ураження цілей противника, та показники, що характеризують

можливості мінних полів по затримці просування противника та змушення його рухатись у вигідному нам напрямку. Що стосується другої групи показників, то затримка противника та змушення його рухатись у вигідному для нас напрямку призводить до підвищення втрат противника від вогневих засобів оборони і тому їх можна вважати втратами, викликаними наявністю мінних полів з відповідними характеристиками і враховувати під час оцінки ефективності мінних полів щодо ураження цілей противника.

Можливості протитанкових мінних полів щодо ураження цілей противника складаються за рахунок пошкоджень або знищення танків безпосередньо на мінних полях внаслідок підриву на мінах, та за рахунок збільшення втрат танків від вогню протитанкових засобів, ефективність яких значно підвищується у зв'язку з необхідністю здійснення танками противника несприятливих для них маневрів при подоланні протитанкових мінних полів. Однак можливості щодо ураження цілей противника на мінних полях проявляються не тільки у збільшенні загальних втрат наступаючих танків, але й у одночасному зниженні втрат у протитанкових засобах оборони за рахунок зменшення вогневих можливостей противника.

Кожний з вказаних факторів проявляється у більшому або меншому ступені в залежності від структури мінного поля, способів його подолання, співвідношення вогневої потужності між наступаючими танками та протитанковими засобами оборони.

Виходячи з вище викладеного у якості показників ефективності  $W$ , що характеризують можливості мінних полів щодо ураження цілей противника, можна прийняти [3, 4]:

математичне очікування збільшення відносних втрат противника через використання у мінних полях нових інженерних боєприпасів

$$\Delta W(a) = W_{н.і\bar{о}н}(a) - W_{с.і\bar{о}н}(a); \quad (1)$$

математичне очікування зниження втрат у протитанкових засобах оборони

$$\Delta W(b) = W_{н.і\bar{о}н}(b) - W_{с.і\bar{о}н}(b), \quad (2)$$

де  $W_{н.і\bar{о}н}(a)$ ,  $W_{н.і\bar{о}н}(b)$  - математичне очікування втрат відповідно противника (а) та сил (b), що обороняються, при використанні у мінно-вибухових загородженнях запропонованих інженерних боєприпасів [5];

$W_{с.і\bar{о}н}(a)$ ,  $W_{с.і\bar{о}н}(b)$  - математичне очікування втрат відповідно противника (а) та сил (b), що обороняються, при використанні у мінно-вибухових загородженнях існуючих інженерних боєприпасів [5].

Для проведення воєнно-економічного аналізу запропонованих рекомендацій необхідно оцінити, як підвищується ефективність оборони наших сил при використанні запропонованих боєприпасів у грошовому еквіваленті. У зв'язку з цим пропонується розрахувати сумарну вартість  $\Delta C$  збільшених втрат противника та знижених втрат протитанкових засобів оборони, викликаних використанням нових інженерних боєприпасів за наступним виразом:

$$\Delta C = \Delta W(a)C(a) + \Delta W(b)C(b), \quad (3)$$

де  $C(a)$  - вартість всіх протитанкових засобів, що використовуються противником у наступі, грн.;

$C(b)$  - вартість всіх протитанкових засобів, що використовуються силами оборони, грн.

Таким чином можна стверджувати, що  $\Delta C$  - це виграш у матеріальному ресурсі сил оборони при використанні у їх мінно-вибухових загородженнях запропонованих інженерних боєприпасів. Використання нових інженерних боєприпасів у мінно-вибухових загородженнях сил оборони буде економічно доцільним тільки у тому випадку, коли виграш у матеріальному ресурсі сил оборони  $\Delta C$  буде перевищувати (дорівнювати) витрати сил оборони на закупівлю та використання нових інженерних

боєприпасів без витрат на використання існуючих протитанкових боєприпасів, яким вони придуть на заміну, тобто

$$C_{н.і\bar{б}n} - C_{с.і\bar{б}n} \leq \Delta C, \quad (4)$$

де  $C_{н.і\bar{б}n}$  - вартість мінно-вибухових загороджень з використанням нових інженерних боєприпасів, створених на однакових ділянках оборони, грн.;

$C_{с.і\bar{б}n}$  - вартість мінно-вибухових загороджень з використанням існуючих інженерних боєприпасів, створених на однакових ділянках оборони, грн.

Слід відмітити, що використання такої методики доцільне лише у випадку, коли існує можливість побудувати математичну модель бою з використанням існуючих і пропонуваніх боєприпасів та отримати результати розрахунків щодо сил і засобів, які будуть знищені в ході бою [5].

Звичайно, така постановка завдання справедлива лише у випадку, коли зміни у організаційно-штатній структурі інженерних підрозділів керованого мінування, для використання у яких призначені дані боєприпаси, будуть не значними. Крім того, якщо методика використовується при розробці тактико-технічних вимог на створення нового зразка, повинні проводитись розрахунки на певний період часу з прогнозуванням застосування такого боєприпаси у можливих бойових діях на цей період, при цьому необхідно враховувати витрати на розробку, створення, випробування таких боєприпасів, налагодження серійного виробництва тощо.

**Висновки по роботі.** За умови застарілості наявних протитанкових інженерних боєприпасів та необхідності прийняття нових, більш ефективних, постає питання щодо воєнно-економічної оцінки останніх. Запропонована методика у сукупності з методиками оцінки ефективності застосування інженерних боєприпасів дозволяє оцінити економічний ефект від використання у оборонному бою таких боєприпасів з урахуванням вартості збережених протитанкових засобів наших військ та втрат противника.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Инженерный боеприпас с кассетной боевой частью для поражения групп живой силы и легкобронированной техники М-225 / Веремеев Ю.Г. Режим доступа: <http://tewton.narod.ru/mines/m-225.html>.
2. Tiboni F. Defense news staff writer U.S. Army fields new precision-guided munition // Defense News. – 2001. - №2. – Р. 6-7.
3. Комплекс методик воєнно-економічного аналізу засобів дистанційного мінування. – М.: В/ч 12093, 1985. – 189 с.
4. Пособие по воєнно-економічному аналізу інженерного вооружения. Книга 1. – М.: Воениздат, 1987. – 200 с.
5. Ментус І.Е. Критерії оцінки ефективності системи інженерних загороджень у маневреній обороні загальновійськового з'єднання // Збірник наукових праць №41. Частина II. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2007. – С.35–37.

Рецензент: **к.військ.н., с.н.с. Демідчик Ф.А.**

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДТВОРЕННЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*Розкрито структуру трудового потенціалу оборонної економіки. Визначено проблемні питання щодо відтворення трудового потенціалу Збройних Сил України.*

*Раскрыта структура трудового потенциала оборонной экономики. Определено проблемные вопросы воспроизводства трудового потенциала Вооруженных Сил Украины.*

*In this article the structure of labor potential of defense economy is considered. The problematic issues of restoration of the labor potential of the Armed Forces of Ukraine are determined.*

**Вступ та постановка задачі.** В основу методичних підходів щодо оцінки відтворення трудового потенціалу необхідно покласти його сутнісну природу, яка відрізняється від категорій "трудові ресурси" і "робоча сила". Тому в аспекті методології та методичних підходів до оцінки відтворення трудового потенціалу оборонної економіки необхідно виділити критерії можливостей включення цього потенціалу у процес суспільного відтворення, як певний його ресурс, який визначається певними характеристиками.

**Основні результати дослідження.** Трудовий потенціал в натуральному виразі може бути визначений через фонд робочого часу відповідної вікової групи згідно діючого законодавства.

Оцінка трудового потенціалу оборонної економіки в умовному виразі передбачає використання різних балів, індексів, перерахунків за показниками трудової активності та її зважування за віковою структурою певних груп працездатного населення. В цьому випадку пропонується ввести поняття еталонних структур. Такий підхід частіше всього використовується при макроекономічному прогнозуванні.

Оцінку трудового потенціалу у вартісному виразі пропонується здійснювати за допомогою фактичного рівня оплати праці різних категорій трудового потенціалу Збройних Сил.

Використання вартісної методології до оцінки трудового потенціалу України на сучасному етапі слід вважати недосконалими через низькі вартісні характеристики робочої сили, коли рівень оплати праці значної частини працівників Збройних Сил довгий час був нижче прожиткового мінімуму, а прожитковий мінімум за своїм рівнем теж є величиною заниженою порівняно з аналогічним показником в країнах з ринковою економікою.

Узагальнюючи різні підходи до оцінки відтворення трудового потенціалу, основні методичні положення до оцінки трудового потенціалу оборонної економіки полягають в тому, що математичною основою для розрахунку доцільно взяти демографічну компоненту, адже саме демографічне відтворення населення забезпечує постійне поновлення фізичних носіїв трудового потенціалу, суб'єктів виробничих відносин. Ця демографічна складова є базою для нарощування, що обумовлене поліпшенням всіх складових якості трудового потенціалу [1]. Вихідними даними для розрахунку є:

- кількість осіб, що проживають на певній території за п'ятирічними віковими групами та статтю;
- коефіцієнти смертності населення обох статей окремих п'ятирічних вікових груп;
- частка осіб, зайнятих економічно активною діяльністю, у загальній чисельності осіб відповідної вікової групи (окремо для чоловіків та жінок).

Отже, щодо кількісної оцінки реального трудового потенціалу, то тут погляди багатьох вчених збігаються. Під реальним трудовим потенціалом вони розуміють кількість

зайнятих осіб, що реально працюють в економіці. Величина реального потенціалу залежить від чисельності та професійно-кваліфікаційних характеристик працездатного населення, бажання та можливостей реалізувати свої здібності до праці, тобто від збалансованості робочих місць з існуючим трудовим потенціалом, а також стимулів до праці і реалізується через повний та фіксований ринок праці.

В сучасних умовах соціально-економічного розвитку України істотно зростає роль людини в усіх сферах трудової діяльності, що потребує відповідних заходів для поліпшення відтворення трудового потенціалу на державному рівні. Насамперед потрібно розглянути соціальну складову відтворення трудового потенціалу. Адже в діючому законодавстві України закріплена норма соціального права та функціонує система соціального захисту населення України, а отже і Збройних Сил України від об'єктивно існуючих та виникаючих ризиків, а саме: у випадку втрати працездатності, хвороби, інвалідності в результаті аварії на виробництві, вимушеного безробіття, старості, смерті або втрати годувальника.

Досвід розвинутих країн свідчить про доцільність надання державної соціальної допомоги громадянам для задоволення мінімального рівня потреб тільки тим з них, які внаслідок об'єктивних обставин чи обмеженої працездатності не можуть себе забезпечити. В усіх випадках держава повинна забезпечити гарантоване споживання на рівні мінімального достатку[2].

Для працівників Збройних Сил України важливе значення при відтворенні трудового потенціалу має наукове обґрунтування розміру мінімальної заробітної плати. На нашу думку, слід переглянути Закон України «Про мінімальну заробітну плату», в якому особливу увагу приділити наступним положенням - основна мета встановлення мінімальної заробітної плати та завдання, які покладені на неї, повинні бути чітко викладені. Безумовно, при їх визначенні необхідно приймати до уваги положення Конвенцій та Рекомендацій Міжнародної Організації Праці. При розв'язанні економічних питань мета застосування мінімальної заробітної плати може бути такою:

- забезпечення мінімально необхідного рівня оплати праці для простого відтворення трудового потенціалу;
- захист низькооплачуваних працівників від невикористаної заробітної плати;
- законодавче затвердження мінімальної заробітної плати як соціального нормативу в рамках системи соціального захисту.

Виникла потреба переглянути чинне законодавство України, яке б забезпечило певні соціальні гарантії працівникам і надавало б можливість працювати на умовах неповного робочого дня, що, в свою чергу, буде сприяти більш адекватній компенсації за послуги робочої сили. Це зумовлює потребу переглянути державні гарантії, у тому числі мінімальну заробітну плату з точки зору періоду робочого часу, на який її встановлюють.

Щодо військовослужбовців, то за останні три роки держава підняла рівень грошового забезпечення, тим самим заохочуючи громадян до військової служби та заохочення військовослужбовців залишатися на військовій службі. Але навіть даний рівень грошового забезпечення є недостатнім з огляду на економічну ситуацію в країні, зокрема на темпи росту інфляції.

Також одне із найважливіших питань у Збройних Силах України є вирішення житлової проблеми. Як відомо, рівень забезпечення житлом військовослужбовців бажає кращого. На сьогодні лише у Києві на квартирному обліку стоїть 7186 особи. Дане питання є дуже актуальним. У Збройних Силах України тенденція така, що особи, які звільнилися 10 років тому, досі стоять на квартирному обліку.

Існує багато проблем щодо адаптації військовослужбовців, звільнених з лав Збройних Сил України. Чому дане питання є актуальним? Тому що достатній відсоток частки військовослужбовців, що звільняються, йде працювати як цивільні особи (державні службовці та працівники Збройних Сил України) у Центральний апарат

Міністерства оборони України, органи військового управління, військові заклади освіти, науково-дослідні установи і т.д.

Саме для цих осіб є важливим питання пенсійного забезпечення, оскільки на даний момент система пенсійного забезпечення військовослужбовців щойно пройшла стадію реформування, і механізм його здійснення знаходиться у процесі відпрацювання і вдосконалення.

Механізм реалізації політики розвитку трудового потенціалу складають законодавчо-правовий, економічний і соціальний елементи[3].

Отже, узагальнюючи, можемо сказати, що держава повинна здійснити для підвищення ефективності трудового потенціалу Збройних Сил у розрізі соціального елемента:

- підвищення дійового контролю за своєчасною виплатою заробітної плати та недопущення заборгованості по ній;
- реформування системи оплати праці з використанням механізму соціального партнерства і системи домовленостей між роботодавцями і найманими працівниками;
- посилення правової захищеності найманих робітників, прийняття нового трудового законодавства, формування дійового механізму контролю за його виконанням з боку держави та громадських організацій;
- розвиток системи страхування від безробіття; запровадження страхування у випадку часткового безробіття;
- запровадження медичного страхування, страхування від нещасних випадків на виробництві та профзахворювань;
- забезпечення мінімальних стандартів медичної допомоги, мінімального базового пакету клінічного обслуговування населення;
- забезпечення доступності медичної та медико-санітарної допомоги для всього населення України;
- фінансування державою спеціальних програм допомоги звільненим з лав армії військовослужбовцям, біженцям;
- стимулювання інвестицій в чисті технології і створення безпечних умов праці;
- реформування сектору житла, забезпечення його якісного обслуговування і ремонту;
- створення умов населенню для вільного спорудження житла, придбання його у власність чи в оренду;
- забезпечення житлом громадян, що належать до соціально вразливих груп населення і потребують поліпшення житлових умов за рахунок держави у межах встановленої норми.

Законодавчо-правовий елемент механізму включає:

- заходи по забезпеченню здійснення прав і гарантій громадян, зафіксованих у Конституції України, інших законодавчих актах;
- розробку та законодавче затвердження державних соціальних стандартів;
- забезпечення умов для ратифікації конвенцій та рекомендацій Міжнародної організації праці у сфері праці;
- розробка проектів законів, спрямованих на розвиток трудового потенціалу та його ефективне використання.

Економічний елемент механізму містить:

- запровадження сприятливої державної інвестиційної політики;
- направлення капітальних вкладень на забезпечення демовідтворення населення, формування трудового потенціалу;
- цільову спрямованість фінансування в сферу відтворення та використання трудового потенціалу;
- створення державних і недержавних фондів розвитку трудового потенціалу;
- реформування системи оплати праці з метою підвищення її відтворювальної та

мотиваційної функції;

- заходи по забезпеченню умов екологічної безпеки, охорони здоров'я та життєдіяльності населення;
- реформування системи пільг та допомог;
- удосконалення соціального страхування.

**Висновки.** Таким чином основною проблемою низької ефективності відтворення трудового потенціалу Збройних Сил України треба визначити недостатній рівень оплати праці відповідних категорій працівників та низька мотивація до служби військовослужбовців.

Для забезпечення ефективного розвитку військово-технічної політики державі необхідно визначити пріоритетні галузі економіки, які б відповідали сучасному світовому рівню. На цих пріоритетах і слід сконцентрувати ресурси, що є вкрай важливим заходом в умовах наявності обмежених коштів.

З урахуванням реального економічного становища та вище названих факторів держава має: оптимізувати структуру Збройних Сил, зменшити кількість військ забезпечення та не бойових підрозділів, створити механізм ефективного використання наявних ресурсів .

Одна з основних цілей військово-економічної діяльності в Збройних Силах – забезпечити найбільш раціональне використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів, виділених на оборону, тобто ефективне використання витрат суспільної праці на оборону країни.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Лич В.М. Трудовий потенціал: теорія та практика відтворення. - К.: Науковий світ, 2003. - 314с.
2. Бажан І.І. Трудовий потенціал України: формування та використання. - Донецьк : Юго-Восток, 2006. - 144с.
3. Долішній М.І., Злупко С.М., Злупко Т.С., Токарський Т.Б. Трудовий потенціал, зайнятість і ринок праці (теорія і практика). - Львів, 1997. - 340с.

Рецензент: **д.е.н., проф. Ю.В. Ніколенко**



### КРЕДИТНО-МОДУЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ НАВЧАННЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ

*У статті йдеться про організацію навчального процесу за кредитно-модульною системою навчання, запропоновано алгоритм розрахунку оцінки курсантів та студентів під час вивчення окремої дисципліни, показано, що використання кредитно - модульної технології дозволяє певним чином усунути недоліки традиційної системи навчання, а отже, підвищити якість підготовки військових фахівців.*

*В статті йде про організацію навчального процесу за кредитно-модульною системою освіти, запропоновано алгоритм розрахунку оцінки курсантів та студентів за часом вивчення окремої дисципліни, показано, що використання кредитно - модульної технології дозволяє певним чином усунути недоліки традиційної системи освіти, а отже, підвищити якість підготовки військових фахівців.*

*The article deals with the organization of educational process based on the credit-module system of education. The algorithm of calculation of students and cadets estimation while studying separate discipline is offered. It is shown that the usage of credit-module system allows to eliminate definitely shortcomings of traditional educational system and consequently, to promote quality of military experts preparation.*

Постановка проблеми у загальному виді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Процес європейської інтеграції дедалі помітніше впливає на всі сфери життя держави, не оминув він і вищої освіти. Відтак, Україна чітко визначила орієнтири на входження до освітнього та наукового простору Європи. Здійснює модернізація освітньої діяльності у контексті європейських вимог, щораз активнішими стають дії щодо приєднання до Болонського процесу.

Перед національною вищою військовою освітою стоїть відповідальне завдання – готувати офіцерів з широким і глибоким науково-технічним світоглядом, професійно компетентних, з розвинутим творчим мисленням, культурних, свідомих і активних громадян України, спроможних вирішувати складні та багатопланові завдання, що виникають у службовій діяльності та інших аспектах життя. Саме такого офіцера чекають у військах. То чи може сучасний вищий військовий навчальний заклад ефективно виконувати це завдання? Аналіз свідчить, що зараз існують суттєві протиріччя між вимогами щодо підготовки офіцерів і дидактичним середовищем вищого військового навчального закладу (його педагогічною системою).

Існуюча традиційна система навчання досить слабо стимулює якісну підготовку військових фахівців. Вона не враховує зміни в їхній діяльності, що відбулися на сучасному етапі соціально-економічного розвитку. Ця система увійшла в певні протиріччя з вимогами до підготовки фахівців, сучасними технологіями навчання, призвела до випуску з вищих військових навчальних закладів не завжди достатньо підготовлених офіцерів, не здатних до адаптації в сучасних умовах, психологічно не готових до дій в екстремальних ситуаціях.

З метою подолання існуючих недоліків традиційної системи навчання у вищій військовій школі та забезпечення такого рівня підготовки офіцерів, який відповідає вимогам сучасності, у військовій освіті йде активний пошук і розробка активних форм, методів навчання, змісту навчання, що відповідає державним стандартам. У навчальний

процес упроваджуються нові педагогічні технології. Котрі сприяють ефективному вирішенню цих завдань.

Навчальний процес у вищих навчальних закладах повинен бути організований так, щоб слухач, курсант, студент без примусу прагнув до систематичного, активного, самостійного оволодіння знаннями. При цьому кожен, хто навчається повинен значно більше виявляти самостійності в отриманні знань, при оцінюванні свого рівня підготовки, плануванні свого навчання і визначенні необхідних консультацій, додаткового матеріалу тощо, відчувати позитивні емоції в процесі навчання та інтерес до нього. Саме таких результатів, певною мірою, можна досягнути, використовуючи в навчальному процесі вищого військового навчального закладу кредитно-модульну технологію навчання.

Визначальною педагогічною умовою запровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу є модульно-рейтингова технологія. На нашу думку, вона є домінуючою, оскільки створює можливості для реалізації інших педагогічних умов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми Ідея запровадження модульної системи навчання пов'язується з виникненням зарубіжних концепцій про одиниці змісту навчання. Їх сутність полягає в тому, що окремі частини навчального матеріалу визначали як автономні і включали в програму навчального курсу. Спочатку ці самостійні частини називалися "мікрокурсами", „мінікурсами", а згодом - „модулями".

На рубежі 60-70-х років ХХ ст. Міжнародна організація праці (МОП) зіткнулася з гострою проблемою професійно-технічної підготовки робітників для забезпечення робочих місць у промисловості. Для цього виділялись із загальної програми підготовки висококваліфікованих робітників окремі блоки професійного навчання, і за ними здійснювалася підготовка вузькопрофільних спеціалістів. Навчання за прискореними програмами не тільки вирішувало проблему безробіття, а й зменшувало витрати з державного бюджету.

На Всесвітній конференції ЮНЕСКО, що відбулася в Токіо в 1972 році, ця система була визнана як найбільш придатна й ефективна для навчання молоді. Модульні дидактичні системи навчання чи окремі курси на принципах модульного навчання нині успішно використовуються в багатьох навчальних закладах Західної Європи і США.

Однією з перших намагається трансформувати індивідуалізоване модульне навчання на його групові форми П.Юцявичене (Литва), яка пропонує при цьому дотримуватися таких правил:

- навчальний матеріал конструюється так, щоб повністю забезпечити досягнення кожним студентом поставлених перед ним дидактичних цілей;
- навчальний матеріал представляється завершеним блоком;
- відповідно до навчального матеріалу інтегруються різні види і форми навчання [1, с.57].

При складанні модульних програм П.Юцявичене пропонує дотримуватися таких принципів:

- цільового призначення інформаційного матеріалу;
- поєднання комплексних, інтегрованих і часткових дидактичних цілей;
- повноти навчального матеріалу у модулі;
- відносної самостійності елементів модуля;
- реалізації зворотного зв'язку;
- оптимальної передачі інформаційного і методичного матеріалу [1, с 56].

Практика застосування модульного навчання в Україні починається з кінця 80-х років. Так, основоположник модульного навчання в Україні Алексюк А.М. вважає, що модульна система головним своїм призначенням повинна мати таку зміну організаційних засад педагогічного процесу у вищій школі, яка б забезпечила суттєву його демократизацію, умови для дійсної зміни місця студента у навчанні (перетворення

його з об'єкта в суб'єкт цього процесу), надала б навчально-виховному процесу необхідної гнучкості, запровадила б у дію принцип індивідуалізації навчання [2, с 4].

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. У Військовому інституті Київського національного університету імені Тараса Шевченка система модульно-рейтингового контролю впроваджена і працює більше 15 років, а кредитно-модульні технології навчання 3 роки [3,4].

Для розрахунку оцінки результатів навчання курсантів та студентів під час вивчення окремої дисципліни за кредитно-модульною технологією навчання ми пропонуємо такий алгоритм [4, с.40]:

- 1) формуються модулі і визначається ваговий коефіцієнт модуля;
  - 2) визначається результат поточного контролю курсантів та студентів за вивчення теми модуля;
  - 3) визначається результат рубіжного контролю курсантів та студентів за вивчення модуля;
  - 4) визначається підсумкова оцінка за 100-бальною шкалою курсантів та студентів за вивчення дисципліни;
  - 5) визначається підсумкова оцінка за 100-бальною шкалою курсантів та студентів за вивчення дисципліни з урахуванням іспиту/заліку.
  - б) визначається підсумкова оцінка за національною шкалою та шкалою ECTS.
- Формуються модулі і визначається ваговий коефіцієнт модуля [4, с.41]:

$$N_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^d n_i}, \quad (1)$$

де  $N_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$  – го модуля;

$n_i$  – кількість годин, які виділяються для вивчення  $i$  – го модуля;

$d$  – кількість модулів,  
причому

$$\sum_{i=1}^d n_i = n, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість годин, які виділяються для вивчення дисципліни.

Слід зазначити, враховуючи формули (1) і (2), що

$$\sum_{i=1}^d N_i = 1. \quad (3)$$

Визначається результат поточного контролю курсантів та студентів за вивчення теми модуля [4, с.41]:

Рекомендується такий алгоритм розрахунку оцінки:

- визначається оцінка курсантів та студентів за вивчення  $l$ -го контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля;

Формуючи модулі з дисципліни, викладачі розробляють контрольні завдання у вигляді тестів, контрольних нормативів, контрольних робіт, домашніх завдань тощо, де визначається максимальна кількість залікових одиниць  $l$ -го контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля –  $g_{\max k}$ . Приймаємо, що  $g_{\max k}$  може мати будь-яку вагу, але це не буде впливати на об'єктивне визначення оцінки, тому що визначення оцінки курсантів та студентів за результатами вивчення  $l$ -го контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля:

$$G_l = \frac{g_l}{g_{\max l}}, \quad (4)$$

де  $g_l$  – залікові одиниці за результатами контролю  $l$ -го контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля,

$g_{\max l}$  – максимальна кількість залікових одиниць контролю  $l$ -го контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля.

Визначається ваговий коефіцієнт  $l$ -го контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля

$$K_l = \frac{k_l}{\sum_{l=1}^s k_l}, \quad (5)$$

де  $K_l$  – ваговий коефіцієнт  $l$ -го контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля;

$k_l$  – питома вага  $l$ -го контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля;

$s$  – кількість контролів,

Слід зазначити, що

$$\sum_{l=1}^s K_l = 1. \quad (6)$$

- визначається оцінка курсантів та студентів за вивчення  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля;

Враховуючи формули (4), (5), отримуємо оцінку курсантів та студентів за вивчення  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля;

$$O_j = \sum_{l=1}^s G_l * K_l = \sum_{l=1}^s \frac{g_l}{g_{\max l}} * \frac{k_l}{\sum_{l=1}^s k_l}. \quad (7)$$

\* Якщо викладач оцінює  $j$  – у тему  $i$  –го модуля  $O_j$  без розподілу на етапи контролю(формули (4)-(7)), тоді:

$$O_j = \frac{O_j^*}{O_{\max j}^*}, \quad (7)^*$$

де  $O_j^*$  – залікові одиниці за результатами контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля,

$O_{\max j}^*$  – максимальна кількість залікових одиниць контролю  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля.

Визначається результат рубіжного контролю курсантів та студентів за вивчення модуля [4, с.42-43]:

Визначається ваговий коефіцієнт  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля:

$$M_j = \frac{m_j}{\sum_{j=1}^p m_j}, \quad (8)$$

де  $M_j$  – ваговий коефіцієнт  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля;

$m_j$  – питома вага  $j$  – ї теми  $i$  –го модуля;

$p$  – кількість контролів,

Слід зазначити, враховуючи формулу (8), що

$$\sum_{j=1}^p M_j = 1. \quad (9)$$

Враховуючи формули (7), (8) отримуємо оцінку курсантів та студентів за вивчення  $i$  –го модуля;

$$r_i = \sum_{j=1}^p o_j * M_j = \sum_{j=1}^p \frac{m_j}{\sum_{j=1}^p m_j} * \left( \sum_{l=1}^s \frac{g_l}{g_{\max l}} * \frac{k_l}{\sum_{l=1}^s k_l} \right)_j. \quad (10)$$

\* Якщо викладач оцінює  $j$  – у тему  $i$  –го модуля  $O_j$  без розподілу на етапи контролю(формули (4)-(7), (10)), тоді враховуючи формулу (7)\*:

$$r_i = \sum_{j=1}^p o_j * M_j = \sum_{j=1}^p \frac{m_j}{\sum_{j=1}^p m_j} * \frac{O_j^*}{O_{\max j}^*}. \quad (10)^*$$

Оцінка курсантів та студентів за результатами вивчення всієї дисципліни (враховуючи формули (1), (2), (10)):

$$r = \sum_{i=1}^d r_i * N_i = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^d n_i * \left( \sum_{j=1}^p \frac{m_j}{\sum_{j=1}^p m_j} * \left( \sum_{l=1}^s \frac{g_l}{g_{\max l}} * \frac{k_l}{\sum_{l=1}^s k_l} \right)_j \right)_i. \quad (11)$$

\* Якщо викладач оцінює  $j$  – у тему  $i$  –го модуля  $O_j$  без розподілу на етапи контролю (формули (4)-(7), (10), (11)), тоді враховуючи формули (7), \* (10)\*:

$$r = \sum_{i=1}^d r_i * N_i = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^d n_i * \left( \sum_{j=1}^p \frac{m_j}{\sum_{j=1}^p m_j} * \frac{O_j^*}{O_{\max j}^*} \right)_i. \quad (11)^*$$

Конкретний перелік робіт (завдань), які зобов'язані виконати курсанти та студенти за семестр та критерії їх оцінки, визначаються кафедрою, включаються до робочої програми дисципліни і доводяться до відома курсантів та студентів на початку семестру.

Визначається підсумкова оцінка за 100-бальною шкалою курсантів та студентів за вивчення дисципліни [4, с.43-44]:

Використовуючи модульно-рейтингову технологію, ми можемо оцінити успішність курсантів та студентів за шкалою (100 залікових одиниць) Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Оцінювання успішності курсантів та студентів за шкалою Київського національного університету імені Тараса Шевченка визначається за формулою:

$$R = r * 100. \quad (12)$$

Враховуючи формули (11), (12) отримуємо оцінку за шкалою (100 залікових одиниць) Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

$$R = 100 * \sum_{i=1}^d r_i * N_i = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^d n_i * \left( \sum_{j=1}^p \frac{m_j}{\sum_{j=1}^p m_j} * \left( \sum_{l=1}^s \frac{g_l}{g_{\max l}} * \frac{k_l}{\sum_{l=1}^s k_l} \right)_j \right)_i. \quad (13)$$

\* Якщо викладач оцінює  $j$  – у тему  $i$  –го модуля  $O_j$  без розподілу на етапи контролю (формули (4)-(7), (10), (11), (13)), тоді враховуючи формули (7), \* (10), \* (11)\*:

$$R = 100 * \sum_{i=1}^d r_i * N_i = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^d n_i * \left( \sum_{j=1}^p \frac{m_j}{\sum_{j=1}^p m_j} * \frac{O_j^*}{O_{\max j}^*} \right)_i. \quad (13)^*$$

Визначається підсумкова оцінка за 100-бальною шкалою за вивчення дисципліни з урахуванням іспит /заліку [4, с.44].

Результати іспиту/заліку оцінюються згідно з умовами кредитно-модульної системи оцінювання успішності курсантів та студентів. Тоді оцінка курсантів та студентів за вивчення дисципліни з урахуванням іспиту обчислюється:

$$r^* = k * r + k_I * r_I, \quad (14)$$

де  $k$ ,  $k_I$  – вагові коефіцієнти відповідно навчання курсантів та студентів у процесі вивчення дисципліни та за результатами екзамену;

чисельне значення цих коефіцієнтів у Військовому інституті  $k = 0,6$  та  $k_I = 0,4$

$r$  – оцінка студента за результатами вивчення дисципліни, обчислена за формулою (10);

$r_I$  – оцінка курсантів та студентів за результатами іспиту/заліку.

$$r_I = \frac{g_I}{g_{\max I}}, \quad (15)$$

де  $g_I$  – залікові одиниці за результатами іспиту,

$g_{\max I}$  – максимальна кількість залікових іспиту.

Оцінювання успішності курсантів та студентів за шкалою Київського національного університету імені Тараса Шевченка з врахуванням іспиту/заліку визначається за формулою:

$$R^* = r^* * 100. \quad (16)$$

\* У разі коли, іспит (залік) не проводиться  $k = 1,0$  та  $k_I = 0,0$ , тоді  $r^* = r$ , дивись формулу (11), (11)\*,  $R^* = R$ , дивись формулу (13), (13)\*.

Визначається підсумкова оцінка за національною шкалою та шкалою ECTS [4, с.45].

Переведення даних до 4-х бальної національної шкали та до шкали ECTS приведено в табл. 1-3).

Таблиця 1. Шкала оцінювання при складанні іспиту

100-бальна шкала	Оцінка за національною шкалою та шкалою Університету	
90 – 100	5	відмінно
75 – 89	4	добре
60 – 74	3	задовільно
1 – 59	2	не задовільно

Таблиця 2. Шкала оцінювання при складанні заліку

100-бальна шкала	Оцінка за національною шкалою та шкалою Університету
60 – 100	зараховано
1 – 59	не зараховано

Таблиця 3. Шкала оцінювання ECTS

Оцінка ECTS	Відсоток студентів від загальної чисельності курсу, які, зазвичай, досягають відповідної оцінки	Визначення
A	10	Відмінно - відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок
B	25	Дуже добре – вище середнього рівня з кількома помилками
C	30	Добре – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок
D	25	Задовільно – непогано, але зі значною кількістю недоліків
E	10	Достатньо – виконання задовольняє мінімальні критерії
F	-	Незадовільно – потрібно попрацювати перед тим, як отримати іспит/залік

Оцінки системи ECTS від „А” до „Е” присвоюють за умови позитивного складання іспиту/заліку.

Таким чином, можна зробити *висновки*, що:

1. Існуюча традиційна система навчання не стимулює якісну підготовку військових фахівців. Вона увійшла в протиріччя з вимогами до професійної підготовки, сучасними технологіями навчання, що призводить до випуску з вищих військових навчальних закладів не завжди достатньо підготовлених офіцерів, здатних до самостійної творчої праці та адаптації в сучасних соціально-економічних умовах.

2. Аналіз передового педагогічного досвіду, педагогічних експериментів, а також виконаних у вищих військових навчальних закладах наукових досліджень свідчить про те, що використання кредитно - модульної технології дозволяє усунути недоліки традиційної системи навчання, а отже, підвищити якість підготовки військових фахівців.

3. Застосування кредитно - модульної технології в навчальному процесі має ряд суттєвих переваг:

- стимулює активну, рівномірну, самостійну працю курсантів та студентів протягом всього навчального процесу;
- підвищує навчальну мотивацію курсантів та студентів, формує відповідальність за результати своєї праці;
- розвиває самостійність, активність, творчість курсантів та студентів;
- підвищує об'єктивність і точність оцінки рівня підготовки курсантів та студентів, ліквідує "зрівнялівку" при контролі засвоєння ними змісту навчених дисциплін;
- дозволяє відмінити іспити та заліки, вивільнити тим самим час для інших видів і форм підготовки військового фахівця.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Юцявиченс П. Теория и практика модульного обучения. – Каунас: Швиеса, 1989. – 272 с.
2. Алексюк А.М. Педагогіка вищої школи. Курс лекцій: модульне навчання. К., 1993. – 220 с.
3. Безносюк О.О. Модульно-рейтинговий контроль успішності студентів // Наук. записки: Зб. наук. ст. Нац. пед. ун-ту ім. М. П. Драгоманова. – К.: НПУ, 2000. – С. 3-12.
4. Безносюк О.О., Прохоров О.А., Уліч В.Л. Педагогічні умови запровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу. Видання 2-е, доповнене. Навчально-методичний посібник / За заг. ред. Балабіна В.В. – К.: Інфодрук, 2008. – 228 с.

Рецензент: **д.пед.н., проф. Плахотнік О.В.**

## ЕТАПИ НАВЧАННЯ ІНШОМОВНОМУ АУДІОВАННЮ КУРСАНТІВ (СТУДЕНТІВ) ВВНЗ

*Стаття присвячена проблемі формування навичок аудіювання. У статті розглянуто етапи формування навичок аудіювання у курсантів (студентів) вищих військових навчальних закладів. Автор наголошує, що проблема сприймання іноземної мови на слух має важливе значення з точки зору методики викладання іноземної мови.*

*Статья посвящена проблеме формирования навыков аудирования. В статье рассмотрены этапы формирования навыков аудирования у курсантов (студентов) высших военных учебных заведений. Автор подчеркивает, что проблема восприятия иностранного языка на слух имеет огромное значение с точки зрения методики преподавания иностранного языка.*

*The article deals with the listening comprehension skills' forming. The author examines the stages of cadets' listening comprehension skills forming in higher military educational establishments. The author stresses that the problem of listening comprehension is of particular importance in terms of the methodology of teaching of a foreign language.*

Аудіювання – один з найважливіших аспектів вивчення іноземних мов в немовному вузі. Навіть за обмеженої кількості годин, що виділяються на вивчення іноземних мов, не варто нехтувати цим видом мовленнєвої діяльності, оскільки не можна говорити про володіння мовою, якщо людина не в змозі зрозуміти усне звертання. Особливої важливості це питання набуває в наш час, коли перед студентами відкриваються можливості подорожувати, навчатися та працювати за кордоном, а також брати участь в міжнародних конференціях та олімпіадах.

Таким чином, метою даної наукової статті є розгляд нових інтенсивних підходів до навчання аудіювання, а також аналіз етапів навчання цьому виду мовленнєвої діяльності.

Навчання аудіюванню включає роботу над двома функціональними видами даного виду мовленнєвої діяльності: аудіювання в процесі безпосереднього (діалогічного) спілкування (комунікація) і аудіювання зв'язних текстів в умовах опосередкованого спілкування. В даній науковій статті зупинимося виключно на питаннях розвитку умінь сприйняття і розуміння аудіотекстів в умовах опосередкованого спілкування.

Організація роботи з матеріалом для аудіювання розпадається на три етапи:

**I етап** (дотекстовий). На даному етапі проводяться тренувальні вправи, котрі покликані забезпечити перцептивно-сенсорну основу аудіювання, зняти труднощі лінгвістичного і психологічного характеру. Дотекстовий етап готує студентів до усвідомленого прослуховування на наступному етапі. Він включає фазу придбання мовних знань, фазу формування мовленнєвих навичок, фазу використання знань і здобутих навичок. Метою даного етапу роботи з текстом – забезпечити готовність мовних засобів до сприйняття їх в процесі спілкування. Дотекстовий етап включає дві групи вправ: 1) вправи для подолання мовних труднощів; 2) вправи для подолання психологічних труднощів.

Кожна група вправ ділиться на типи, а кожен тип – на види вправ. Вправи, що відносяться до одного типу, характеризуються спільністю практичного завдання і низкою ознак, що дозволяють об'єднати їх в один комплекс.

Перша група вправ (для подолання мовних труднощів) містить наступні типи:

- 1) вправи, спрямовані на зняття фонетичних труднощів аудіювання;
- 2) вправи, спрямовані на зняття лексичних труднощів аудіювання;
- 3) вправи, спрямовані на зняття граматичних труднощів аудіювання.



Друга група вправ (для зняття психологічних труднощів) включає також три типи вправ:

- 1) вправи, що розвивають механізм пам'яті;
- 2) вправи, що розвивають механізм прогнозування;
- 3) вправи, що розвивають механізм осмислення.

Перша група вправ спрямована на формування умінь, специфічних для аудіювання.

Вправи другої групи покликані розвивати психологічні механізми мовлення. Механізми пам'яті, прогнозування, осмислення є загально функціональними механізмами. Таким чином, вправи, спрямовані на їх формування, будуть розвивати уміння і навички не тільки аудіювання, але й говоріння.

З досліджень вітчизняних і зарубіжних методистів і психолінгвістів відомо, що уміння смислової обробки інформації ґрунтуються на уміннях перцептивної обробки. Однак ще більш важлива роль на цьому етапі відводиться формуванню основних умінь оперування мовним матеріалом, необхідним для аудіювання, а також актуалізації накопиченого мовного і мовленнєвого матеріалу при репродукції.

Іншими словами, на першому етапі роботи з текстом студенти оволодівають загальним ядром системи мови, що визначається рамками майбутнього аудіотексту. Певний мінімум лексики і граматики, котрим оволодівають студенти на дотекстовому етапі, включає базовий матеріал тексту.

**II етап** – текстовий, етап розвитку аудіювання як виду мовленнєвої діяльності. Мета даного етапу – розвивати – складові уміння цього виду діяльності. Презентація аудіо тексту викладачем включає фазу придбання навичок сприймання і розуміння безперервного монологічного висловлювання, фазу придбання навички конспектування ключових слів і основних думок, фазу використання отриманих знань і розуміння змісту почутого. Метою даного етапу також є розвиток стратегій сприйняття аудитивного тексту.

Текстовий етап служить основою розвитку власне мовленнєвого уміння в аудіюванні, котре необхідне студентам для спілкування, оскільки є одним з комунікативних умінь. На цьому етапі проходить удосконалення навичок перцептивної обробки і розвиток аудіювання як ВМД, для чого забезпечується активна, цілеспрямована рецептивна діяльність студентів, в процесі якої розвиваються складові навички і уміння аудіювання, спрямовані на розуміння повідомлення.

Текстовий етап включає дві групи вправ: 1) мовленнєві вправи в аудіюванні; 2) мовленнєві вправи для навчання підготовленого монологічного мовлення.

Перша група вправ (мовленнєві вправи в аудіюванні) навчає:

- визначати найбільш інформативні частини повідомлення;
- усувати прогалини в розумінні за рахунок прогнозування на рівні тексту;
- співвідносити текст з ситуацією спілкування;
- членувати аудіотекст на смислові частини і визначати основну думку в кожному з них;
- об'єднувати розрізнені смислові частини в цілий текст;
- пристосовуватися до різних швидкостей пред'явлення інформації;
- розуміти елементи суб'єктивної інформації, що виражена емоційно-оціночними моделями;
- утримувати в пам'яті фактичний матеріал аудіотексту;
- сполучати нескладну мнемічну і логіко-розумову діяльність (виписувати опорні слова, заголовки, складати план, ставити запитання).

Друга група вправ (мовленнєві вправи для навчання підготовленого монологічного мовлення) включає наступні типи вправ [1, с. 258]:

- 1) імітація (без перетворення і з перетворенням структур);
- 2) видозміна структур на основі логічних операцій (дистрибуція, трансформація, субституція, синонімічна або антонімічна заміна тощо.)

- 3) конструювання структур;
- 4) конструювання і групування структур.

**II етап** – післятекстовий або творчий. Мета даного етапу роботи з текстом – створити готовність до природного спілкування, що передбачає вільний виклад своїх думок і намірів. Він спрямований на використання умінь і отриманої інформації для висловлювання своєї думки по темі аудіотексту, розвиток умінь колективної творчої роботи в малих групах по 3-5 осіб, парної роботи. Таким чином, аудіотекст стає стимулом до обговорення отриманої інформації. Студенти обговорюють в парах і малих групах, що вони знають по темі.

Післятекстовий етап включає групу вправ для навчання невідготовленого монологічного мовлення (комунікативні вправи).

Зупинимося на визначенні невідготовленого мовлення в методиці. Під невідготовленим мовленням мається на увазі природна мовленнєва діяльність, що передбачає такий рівень розвитку навичок і умінь, при якому студент у стані практично безпомилково і в природному, не уповільненому для даної мови темпі мобілізувати вивчений мовний матеріал з метою здійснення реальної комунікації [4, с. 54]. Невідготовлене мовлення характеризується як такий рівень володіння іноземною мовою, при якому мовець у стані без підготовки в часі і без прямих спонукань до говоріння використовувати засвоєний матеріал в ситуаціях, що раніше не зустрічалися [2, с. 76]. П.Б. Гурвіч визначає невідготовлене мовлення як “уміння вирішувати нові розумові завдання без підготовки в часі і без прямих спонукань до говоріння, оперуючи засвоєним мовним матеріалом як в нових комбінаціях, так і в тих, що зустрічалися раніше” [2, с. 75].

Отже, комунікативні вправи спрямовані на розвиток мовної компетенції і використовуються в основному на творчому етапі роботи з аудіотекстом.

Комунікативні вправи розвивають наступні уміння:

- вести невідготовлену бесіду;
- спонтанне вираження своїх думок;
- ставлення до предмету висловлювання.

Таким чином, дана робота є певним кроком до вирішення проблеми формування навичок аудіювання в курсантів (студентів) ВВНЗ. Нами було проаналізовано етапи навчання іншомовному аудіюванню: дотекстовий, текстовий і післятекстовий, а також наведено групи вправ характерні для кожного з цих етапів. Зважаючи на зростання значення іноземної мови, на більш широке її застосування як в повсякденному житті, так і в роботі, роль сприймання та розуміння усного мовлення значно зросла та продовжує зростати. Тому необхідно приділяти більше уваги цьому аспекту мовленнєвої діяльності на заняттях з англійської мови у ВВНЗ.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гез Н.И. Обучение говорению. – В кн.: Методика обучения иностранным языкам в средней школе. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 242-264.
2. Гурвич П.Б. Обучение устной экспрессивной речи на факультетах иностранных языков: Дисс. ... докт. пед. наук. – Владимир, 1971. – 536 с.
3. Ляховицкий М.В. Методика преподавания иностранных языков. – М.: Высшая школа, 1981. – 159с.
4. Обносов Н.С. К вопросу о содержании понятия неподготовленной речи и классификации упражнений, направленных на ее развитие. // Иностранные языки в школе. – 1968, №3. – С. 51-57.
5. Попов И.М. Оптимизация обучения иностранному языку в процессе профессиональной подготовки студентов технических вузов (на материале обучения говорению): Дисс. ... кан. пед. наук. С.-Петербург: СПбГПУ, 2001. – 134с.
6. Petty W.T. The language Arts in Elementary Schools. – Washington, 1962.

7. Plessas G.P. Reading Abilities of High and Low Auders // Elementary School Journal. – 1963. – Vol.4.
8. Young W.E. The Relation of Reading Comprehension and Retention to Hearing Comprehension and Retention // Journal of Experimental Education. – 1936. – Vol. 5. - # 1.

**Рецензент: д.пед.н., проф. Плахотнік О.В.**

## **ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ВИЩОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ: ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

*Стаття присвячена визначенню основних напрямів вирішення проблем інформатизації вищої військової освіти. Визначені основні складові процесу інформатизації: нормативно-правова, управлінська, науково-методична, технологічна.*

*Стаття посвящена определению основных направлений разрешения проблем информатизации высшего военного образования. Определены основные составляющие процесса информатизации: нормативно-правовая, управленческая, научно-методическая, технологическая.*

*The article is devoted to definition of main areas in solving problems of computerization of higher military education. Determined are main components of the computerization process, namely the legal and normative, managerial, scientific and methodic, and technological ones.*

**Актуальність теми.** Впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у сфері діяльності людини сприяло виникненню й розвитку глобального процесу інформатизації суспільства. Цей процес дав поштовх й розвитку інформатизації освіти, що є однією з найважливіших умов реформування й модернізації сучасної системи освіти України. Адже відомо, що саме в сфері освіти готуються й виховуються ті люди, які не тільки формують нове інформаційне середовище суспільства, але яким необхідно буде самим жити й працювати в цьому новому середовищі.

Отже, інформатизація суспільства вимагає випереджальної інформатизації галузі освіти, де, в основному, формується когнітивний, кадровий і науково-технічний фундамент самої інформатизації як процесу та соціально-економічного явища, закладається майбутнє досягнень і розвитку суспільства в цілому.

В Україні, як і в багатьох інших країнах світового співтовариства, інформатизація освіти стає однією з найбільш важливих стратегічних проблем розвитку цивілізації.

Причинами цього є:

– стрімкий розвиток самого процесу інформатизації суспільства, що спричиняє досить радикальні соціальні зміни, істотно змінює практично всі сторони життя людей;

– протиріччя між функціональними можливостями й технічними характеристиками засобів інформатики, що все більш зростають, ступенем їх доступу до масового користувача та рівнем підготовленості самого користувача, який необхідний для їх ефективного використання. Це породжує ще одну соціальну проблему – проблему розвитку нової інформаційної культури суспільства, тісно пов'язану із проблемою розвитку сфери освіти;

– формування нової галузі існування цивілізації – інфосфери. Саме інфосфера буде визначати основні риси інформаційного суспільства, тієї нової цивілізації, яка вже сьогодні формується в розвинених країнах і з історичною неминучістю буде поширюватися від них на весь світ.

Таким чином, **метою статті** є визначення проблем інформатизації військової освіти та напрямів їх вирішення.

**Виклад останніх досліджень і основного матеріалу статті.** Як показує аналіз досліджень із проблем інформатизації освіти, існує ціла низка авторських трактувань цього поняття.

Інформатизацію освіти частіше розглядають як «процес підготовки громадян до життя в умовах сучасного інформаційного світового співтовариства й підвищення якості

загальноосвітньої й професійної підготовки фахівців на основі широкого використання обчислювальної й іншої інформаційної техніки» [1].

Під інформатизацією освіти, також, розуміється цілеспрямована діяльність з розробки й впровадження інформаційно-комунікаційних технологій:

у навчальний процес для підготовки громадян до життя й діяльності в умовах сучасного інформаційного суспільства;

підвищення якості загальноосвітньої й професійної підготовки фахівців на основі широкого використання ІКТ;

в управлінні системою освіти для підвищення ефективності й якості процесами керування;

в методичну й науково-педагогічну діяльність для підвищення якості роботи педагогів; розробки й впровадженню нових освітніх технологій на основі використання ІКТ [2].

Процес інформатизації освіти включає три основні складові:

*«Технічна й комунікаційна достатність.* Освітні установи повинні бути оснащені комп'ютерним обладнанням, а також стійкими каналами прийому й передачі електронної інформації.

*Сучасні електронні освітні ресурси,* контент інформаційно-освітнього середовища.

*Кваліфіковані користувачі,* в освіті – це в першу чергу педагоги й студенти.

Ці три складові тісно пов'язані між собою, і тільки за їх ефективної взаємодії можна говорити про реальну інформатизацію освіти» [3].

Але, на це звертає увагу в своїх роботах К.К.Колін, «проблема інформатизації освіти сьогодні розглядається лише як інструментально-технологічна, а тим більше, як проблема насичення сфери освіти засобами інформатики й створення на їх основі педагогічних інструментів» [4].

Залишається майже не вирішеними чотири найбільш важливі завдання:

підготовка фахівців для професійної діяльності в інформаційній сфері суспільства, які володіють ІКТ;

формування в суспільстві нової інформаційної культури;

фундаменталізація освіти за рахунок її істотно більшої інформаційної орієнтації й вивчення фундаментальних основ інформатики;

формування в людей нового інформаційного світогляду.

Отже, підготувати людину до активної діяльності в інформаційному суспільстві – одне з головних завдань сучасного етапу модернізації національної системи освіти, у тому числі й військової.

На основі аналізу наукових підходів до процесу інформатизації освіти, нами визначено, що під інформатизацією вищої військової освіти, як складової системи освіти України треба розуміти упорядковану сукупність взаємопов'язаних соціально-економічних, організаційно-правових, навчально-методичних, науково-технічних, виробничих та управлінських процесів, спрямованих на задоволення освітніх інформаційних, обчислювальних і телекомунікаційних потреб учасників навчально-виховного процесу і тих, хто цей процес забезпечує.

Крім того, інформатизація системи військової освіти повинна бути спрямована на виконання двоєдиного завдання: підготовку військових кадрів для подальшої професійної діяльності в умовах застосування нових ІКТ поряд з удосконаленням технології їх професійної підготовки на основі впровадження сукупності сучасних дидактичних програмних засобів.

Розглянемо особливості сучасного етапу інформатизації вищої військової освіти в Україні.

Незважаючи на всі труднощі, пережиті нашою державою на сучасному етапі її розвитку, процес інформатизації вищої військової освіти в Україні поступово набирає обертів. Але темпи його залишаються досить низькими. Вони серйозно стримуються

такими причинами:

по-перше, у військових навчальних закладах (ВНЗ) відсутня єдина методологія проектування й впровадження в педагогічну практику інформаційних засобів навчання (нормативно-правова складова процесу інформатизації);

по-друге, розробка науково-педагогічних основ інформатизації не встигає за розвитком комп'ютерної техніки й програмно-апаратних засобів (науково-методична складова процесу інформатизації);

по-третє, застосування інформаційних засобів не орієнтовано на створення цілісних дидактичних комплексів, які дозволяють на інформаційному рівні всебічно забезпечити навчальний процес (науково-методична складова процесу інформатизації);

по-четверте, навчання не пов'язане єдиним задумом у межах технологічного підходу, а спрямовано на досягнення “вузьких” (тактичних) навчальних цілей – прискорення засвоєння навчального матеріалу, “натаскування” за вузькими темами (науково-методична складова процесу інформатизації);

- по-п'яте, слабо розвинена координація й кооперація ВНЗ різних силових міністерств і відомств щодо розробки програмного забезпечення процесу інформатизації (технологічна складова інформатизації);

- по-шосте, керівний й науково-педагогічний склад недостатньо підготовлений до використання сучасних інформаційних засобів. Все це призводить до розриву між потенційними й реальними можливостями інформатизації навчального процесу у ВНЗ (управлінська складова процесу інформатизації) [5].

Ці причини, в першому наближенні, можуть бути визначені як проблеми інформатизації військової освіти України, які вимагають подальшого наукового, методичного, практичного вирішення.

Обґрунтування напрямів вирішення зазначених проблем – пріоритетне завдання всіх наукових та навчальних закладів військової освіти.

Але, на нашу думку, напрямами, що забезпечать вирішення зазначених проблем є:

в нормативно-правовій складовій інформатизації військової освіти – розробити концепцію інформатизації військової освіти й на її підґрунті нормативно-правові документи щодо організації інформатизації військової освіти;

управлінській складовій інформатизації – підготовка, перепідготовка, підвищення кваліфікації науково-педагогічного і керівного складу військових навчальних закладів до застосування сучасних ІКТ;

технічній складовій інформатизації – централізована розробка сучасних програмних й технічних засобів професійної підготовки сучасного військового фахівця; формування, постійне розширення освітнього інформаційного простору та інформаційних ресурсів військової освіти;

науково-методичній складовій інформатизації – модернізація змісту і технологій навчання, які б відповідали сучасним освітнім пріоритетам, максимально використовували переваги ІКТ для підвищення якості освіти; створення системи методичної підтримки навчання в умовах інформатизації навчального процесу.

**Висновки.** Інформатизація військової освіти – це вимога сучасного розвитку суспільства в цілому, та військової справи – зокрема.

Її пріоритетними завданнями є розвиток інтелектуального потенціалу військ, удосконалення форм і змісту навчального процесу, впровадження комп'ютерних методів навчання. Результатами інформатизації військової освіти мають бути: розвиток інформаційної освіченості військового фахівця; розвиток змісту, методів і засобів навчання з метою доведення їх до рівня світових стандартів; скорочення терміну та підвищення якості навчання і тренування на всіх рівнях підготовки кадрів; інтеграція навчальної, дослідницької та технологічної діяльності; удосконалення управління освітою.

Структура процесу інформатизації військової освіти включає нормативно-правову,

науково-методичну, управлінську, технологічну складові, кожна із яких має свої нагальні проблеми, які вимагають негайного вирішення.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Глоссарий по информационному обществу / <http://www.iis.ru/glossary/dik.ru.html>.
2. Лещенко І.Т. Місце дистанційної форми навчання у системі неперервної освіти // Вісник Черкаського університету. Вип. 43. Серія: педагогічні науки. – Черкаси, 2002. – С. 128-132.
3. Монахов С.В. Государственно-общественная система информатизации образования: состояние и перспективы / <http://vio.fio.ru>.
4. Колин К.К. Фундаментальные основы информатики: социальная информатика. Изд-во «Академический проект». – М., 2000. – 125 с.
5. Образцов П.И. Информационно-технологическое обеспечение учебного процесса в высшей военной школе. // Военная мысль. – 2003.– № 8. – С.22-26.

Рецензент: **д.пед.н., проф. Плахотнік О.В.**

## **ОБГРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ „ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ, СПЕЦІАЛЬНА ФІЗИЧНА ПІДГОТОВКА І СПОРТ” КУРСАНТІВ ВИЩИХ ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ**

*Обґрунтування критеріїв оцінки методичної підготовленості з дисципліни „Фізичне виховання, спеціальна фізична підготовка і спорт” курсантів вищих військових навчальних закладів (ВВНЗ). В статті наведені результати дослідження обґрунтування конкретизованих критеріїв оцінки методичної підготовленості курсантів ВВНЗ в системі фізичної підготовки та результати впливу існуючих критеріїв оцінки методичної підготовленості курсантів ВВНЗ на загальну успішність з фізичної підготовки.*

*Обоснование критериев оценки методической подготовленности по дисциплине „Физическое воспитание, специальная физическая подготовка и спорт” курсантов высших военных учебных заведений (ВВУЗ). В статье представлены результаты исследования по обоснованию конкретизированных критериев оценки методической подготовленности курсантов ВВУЗ в системе физической подготовки и результаты влияния критериев, которые существуют для оценки методической подготовленности курсантов, на общую успеваемость по физической подготовке.*

*Explanation of criteria to evaluate methodic preparedness for „Physical education, special physical training and sport” of cadets of higher military educational establishments (HМEE). The article provides results of research to explain specific criteria to evaluate methodic preparedness of cadets in HМEEs in the system of physical training as well as the results of influence of existing criteria that evaluate methodic preparedness of the cadets, on overall results in physical training.*

**Вступ та постановка задачі.** Реформування Збройних Сил України щодо вимог умов створення боездатних, мобільних частин і підрозділів потребує професійної підготовки майбутніх висококваліфікованих, офіцерів і визначає завдання перед педагогічною наукою – конкретизувати основні складові забезпечення підготовки високопрофесійних офіцерських кадрів. Для реалізації Державної програми реформування та розвитку Збройних Сил України проблема вибору раціональних технологій підготовки військових фахівців набуває важливого значення [1, 2].

З огляду на мету фізичної підготовки і відповідно до програми навчання курсантів з дисципліни „Фізичне виховання, спеціальна фізична підготовка і спорт” завданням фізичної підготовки у вищому військовому навчальному закладі (ВВНЗ) є: розвиток у курсантів високої загальної витривалості, сили, швидкості і спритності; напрацювання навичок при подоланні перешкод, веденні рукопашного бою та володіння методикою проведення занять стосовно різних розділів фізичної підготовки.

Проведення занять з предметів загальновійськової та бойової підготовки (в тому числі і з фізичної підготовки (ФП)) з особовим складом покладається на командирів (начальників) підрозділів військових частин, навчальних центрів.

Тому одним із провідних завдань системи підготовки різних категорій військовослужбовців-керівників занять з ФП є забезпечення вдосконалення їх організаторських здібностей, теоретичних знань та методичної майстерності з урахуванням їх перспективного посадового призначення [3, 4, 5].

**Постановка проблеми та її вирішення.** З огляду наукової літератури [6, 7] зробимо такий висновок: для оцінки відповідності системи оцінювання ФП доцільно теоретично проаналізувати основні положення програми з дисципліни „Фізичне виховання, спеціальна фізична підготовка і спорт” (ФВСФПС) і вивчити реалії у ВВНЗ.



Нами встановлено, що діючі критерії оцінки методичної підготовки у ВВНЗ ґрунтуються на так званій, класичній системі оцінювання, для якої характерним є ефект суб'єктивізму в оцінюванні навчальних досягнень існуючої програми з дисципліни ФВСФПС курсантами ВВНЗ.

Методична підготовка (МП) курсантів являє собою складову частину навчального процесу з дисципліни ФВСФПС, що забезпечує заданий освітньо-професійними програмами рівень педагогічних знань, напрацювання вмінь і навичок для зазначеної категорії військових фахівців. МП курсантів здійснюється в процесі всієї служби з метою формування оптимального обсягу спеціальних знань, напрацювання вмінь і навичок, необхідних для правильної організації і вмілого керівництва процесом фізичного вдосконалення особового складу. МП курсантів в ВВНЗ проводиться у вигляді навчально-методичних занять (НМЗ), які загалом мають контрольну спрямованість [8].

Оцінка методичної підготовленості курсантів ВВНЗ входить до складу загальної оцінки з дисципліни ФВСФПС курсантів ВВНЗ. Настанова з фізичної підготовки (НФП-97) передбачає єдиний підхід до оцінки знань і вмінь при виконанні методичного завдання курсантами незалежно від курсу навчання та змісту методичного завдання визначає оцінку за такими критеріями:

„відмінно” - якщо завдання виконано правильно і впевнено;

„добре” - якщо завдання виконано правильно, але недостатньо впевнено;

„задовільно” - якщо завдання виконано в основному правильно, але невпевнено і з незначними помилками;

„незадовільно” - якщо завдання не виконано або виконано невпевнено і з грубими помилками.

При оцінюванні виконання методичного завдання по проведенню фізичної підготовки враховується зовнішній вигляд, стройова виправка і уміння:

назвати, чітко показати і пояснити вправу;

вибрати раціональну методику навчання і командувати тими, хто навчається;

попереджати і виправляти помилки, здійснювати страховку і надавати допомогу тим, хто навчається;

визначати стан тих, хто навчається, і правильно дозувати фізичне навантаження [9].

Доцільно зазначити, що введений в дію наказ Міністра Оборони України від 03.08.2007 року № 444 „Про внесення Змін до Настанови з фізичної підготовки в Збройних Силах України” не передбачає змін до оцінки МП курсантів у ВВНЗ і визначає, що: загальна оцінка з фізичної підготовки офіцерів і сержантів, які проводять заняття з фізичної підготовки, слухачів і курсантів командних військових навчальних закладів (факультетів), курсантів навчальних частин, що готують командирів відділень, складається з оцінок їх фізичної та методичної підготовленості і визначається:

„відмінно” – якщо одержані одна оцінка „відмінно”, а друга не нижче „добре”;

„добре” – якщо одержані одна оцінка „відмінно”, а друга „задовільно” чи обидві оцінки „добре”;

„задовільно” – якщо одержані одна оцінка „добре”, а друга „задовільно”, або обидві оцінки „задовільно”, або якщо оцінка фізичної підготовленості не нижче „добре”, а методичної – „незадовільно”.

Загальна оцінка з фізичної підготовки слухачів і курсантів некомандних військових навчальних закладів (факультетів) складається з оцінок їх фізичної та методичної підготовленості і визначається:

„відмінно” – якщо оцінка фізичної підготовленості „відмінно”, а методичної не нижче „добре”;

„добре” – якщо оцінка фізичної підготовленості „добре”, а методичної не нижче „задовільно”;

„задовільно” – якщо оцінка фізичної підготовленості „задовільно”, а методичної не нижче „задовільно” або якщо оцінка фізичної підготовленості не нижче „добре”, а методичної „незадовільно” [10].

Отже, простий перелік критеріїв оцінки знань і вмінь при виконанні методичного завдання курсантами свідчить про те, що він є обов'язковим елементом перевірки рівня методичної підготовки курсанта й охоплює всі його складові.

Між тим, дана система діагностування знань і вмінь при виконанні методичного завдання курсантами не враховує етапність процесу військово-професійного становлення курсантів ВВНЗ.

Слід зазначити, що в результаті вивчення програми початкової дисципліни ФВСФПС курсанти повинні знати зміст фізичної підготовки, методику розвитку фізичних якостей та формування військово-прикладних фізичних рухових навичок; зміст форм фізичної підготовки; форми підготовки командирів підрозділів до проведення фізичної підготовки; засоби попередження травматизму на заняттях з фізичної підготовки та заходи щодо самоконтролю за функціональним станом та вміння виконувати вправи та нормативи з фізичної підготовки; виконувати вимоги та нормативи Військово-спортивного комплексу; навчати фізичним вправам, прийомам та діям; складати план-конспект та проводити заняття з фізичної підготовки, ранкову фізичну зарядку, фізичні тренування в процесі навчально-бойової діяльності, навчально-тренувальні заняття та змагання в підрозділах за вправами військово-спортивної класифікації; готувати місце занять для проведення всіх форм фізичної підготовки з підрозділом.

Нами з'ясовано, що дійсний підхід до оцінки знань і практичних вмінь при виконанні методичного завдання не передбачає психолого-педагогічних принципів, не враховує певних етапів виконання програми навчання та конкретності об'єктів, предметів і суб'єктів, які підлягають контролю. Система діагностування знань і вмінь при виконанні методичного завдання курсантами ВВНЗ не передбачає достатню кількість даних для оцінки, різнобічність контролю та унеможлиблює дотримання об'єктивності оцінювання практичних вмінь через брак можливості викладача обґрунтувати кожний із критеріїв.

Доцільно акцентувати увагу на тому, що відсутність конкретних вимог, які регулюють виставлення оцінок, породжують „ефекти суб'єктивізму”, а саме: ефект сукупності – курсант має високу оцінку з фізичної підготовленості або спортивний розряд і викладачеві „незручно” виставляти занижену підсумкову оцінку; ефект контрасту – навчальна група має найнижчий рівень підготовленості, а один курсант значно відрізняється за рівнем знань і викладач змушений підвищити оцінку; ефект ідеалу – викладач прагне привернути увагу до навчальної дисципліни в навчальній групі і починає керуватися принципом, що „методикою проведення заняття володіє на п'ятірку тільки самий високий начальник, на четвірку – викладач, а курсант може претендувати на нижчі оцінки”. Іноді у курсанта під час виконання методичного завдання занадто тихий голос, що викликає у викладача роздратованість через відсутність „командного голосу” у курсанта та впливає на рішення знизити оцінку курсанту. Усе це унеможлиблює об'єктивне оцінювання знань, умінь та навичок курсантів.

На нашу думку, поняття „контроль” означає не лише факт, він має бути по-перше, діагностичним, динамічним, гнучким та комплексним; по-друге, технологічним і методичним, при цьому містити педагогічні і психологічні сенси; по-третє, зручним і простим з одного боку, а з іншого – надійним.

Слід зазначити, що існуюча система діагностування знань і вмінь при виконанні методичного завдання курсантами ВВНЗ у Наставах з фізичної підготовки (НФП) різних часів ніколи не конкретизувалась (табл. 1).

Аналізуючи програму з навчальної дисципліни ФВСФПС курсантів ВВНЗ, зазначимо на необхідність чіткого розмежування по курсам навчання і конкретизації

змісту МП курсантів з урахуванням етапів їхньої професійної підготовки та рівня їх адаптованості до умов функціонування ВВНЗ.

Таблиця 1. Контроль знань і вмінь з ФП у курсантів ВВНЗ у керівних документах ЗС різних часів

Керівні документи	Контроль знань і вмінь з фізичної підготовки у курсантів ВВНЗ					
	Теоретичні знання		Фізична підготовленість		Методичні вміння	
	Перевірка теоретичної підготовленості	Вимоги до рівня Теоретичних знань	Перевірка практичної підготовленості за визначеними контрольними вправами	Вимоги до рівня індивідуальної практичної підготовленості	Перевірка методичної підготовленості	Вимоги до якості виконання методичного завдання
НФП-48	-	-	+	+	-	-
НФП-54	(+) <sup>1</sup>	(+)	+	+	-	-
НФП-59	(+)	(+)	+	+	(+)	(+)
НФП-66	+	+	+	+	+	(+)
НФП-78	+	+	+	+	+	(+)
НФП-87	+	+	+	+	+	+
НФП-97	+	+	+	+	+	+

Примітки: 1 (+) – передбачено для проведення, але не конкретизовано.

Крім того, низка невирішених проблем планування навчально-методичних занять з курсантами ВВНЗ призводить до погіршення результатів опанування програми з дисципліни ФВСФПС через причину наявної можливості підготуватися до виконання методичних завдань з особовим складом під час самостійної підготовки та залежності загальної оцінки з дисципліни від оцінки за методичну підготовку курсантів (рис.1).

Щоб об'єктивно проводити діагностування знань і вмінь при виконанні методичного завдання курсантами ВВНЗ, нами розмежовано по курсам навчання і конкретизовано зміст МП курсантів з урахуванням етапів їхнього професійного становлення та рівня їх адаптованості до умов функціонування ВВНЗ. З цією метою нами було проведено пілотне дослідження щодо організації і проведення НМЗ за весь період навчання курсантів набору з 2002 по 2007 роки на базі Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка (ВІКНУ). У дослідженні взяли участь понад 300 курсантів вказаних наборів.

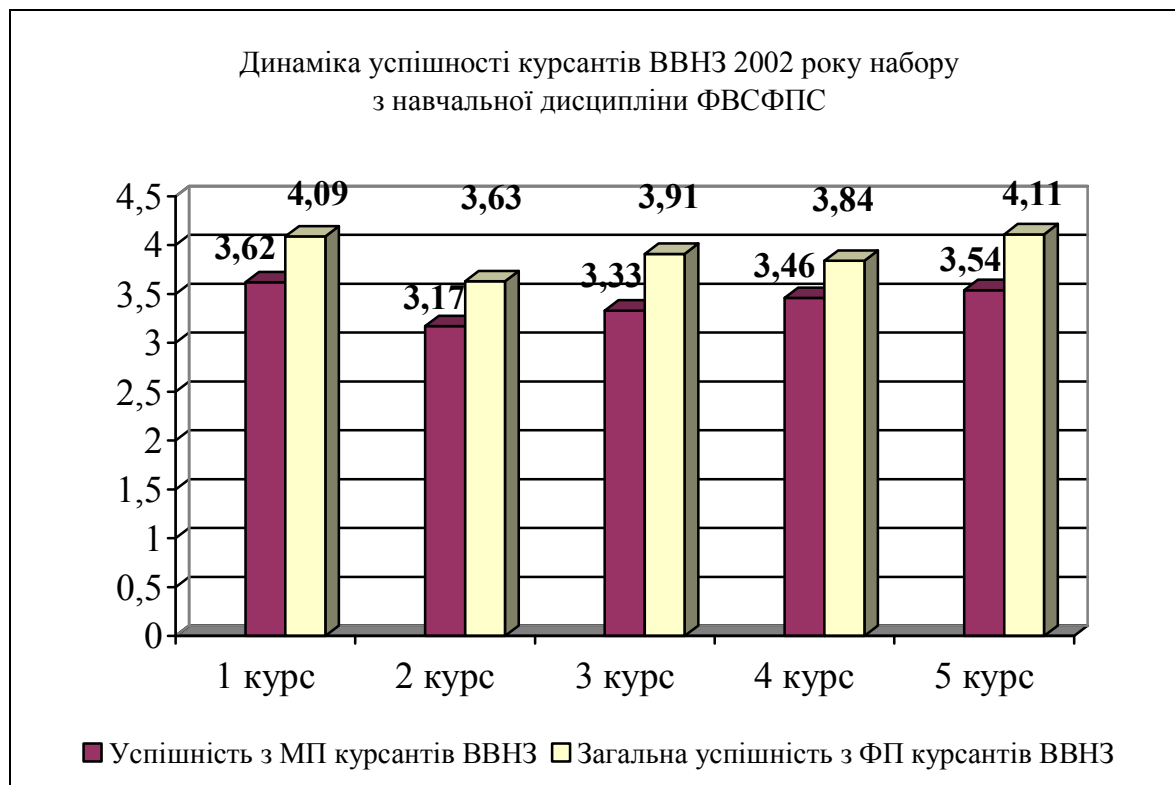
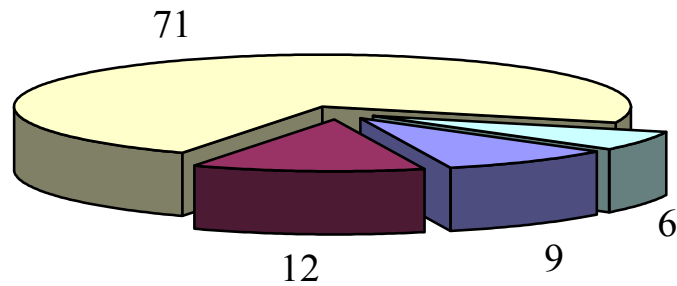


Рис. 1. Динаміка успішності курсантів ВВНЗ з дисципліни ФВСФПС

Для оцінки якості ФП курсантів у ВВНЗ нами теоретично проаналізовано і узагальнено основні керівні документи. Вивчено думку військових експертів: командирів навчальних підрозділів, фахівців з фізичної підготовки і спорту за допомогою анкетного опитування, а також педагогічного спостереження організації різних форм ФП. Дослідження щодо успішності курсантів ВВНЗ проводилися за термін 2002-2007 років у межах комплексних науково-дослідних робіт та в процесі проведення занять та екзаменаційних сесій з навчальної дисципліни ФВСФПС.

Під час анкетного опитування 12 % командирів навчальних підрозділів, фахівців з фізичної підготовки і спорту зазначили на те, що система діагностування знань і вмінь при виконанні методичного завдання курсантами ВВНЗ потребує часткової конкретизації та коректування (рис. 2). Щоб втілити це положення, є потреба коректувати програму навчальної дисципліни (ПНД) та робочу програму навчальної дисципліни (РПНД). Переважна більшість (71 %) керівників вважає, що доцільно взагалі суттєво упорядкувати та конкретизувати зміст і критерії оцінки МП курсантів, щоб він відповідав меті і завданням ФП. Водночас 6 % респондентів зазначають, що потребують змін окремі критерії оцінки методичної підготовки курсантів з урахуванням особливостей періодів навчання на всіх етапах професійного становлення військових фахівців у ВВНЗ. Незначна кількість (9 %) фахівців з фізичної підготовки і спорту та командирів навчальних підрозділів вважають за доцільне залишити традиційну систему діагностування методичної підготовки.

Думка військових експертів щодо діагностування методичної підготовленості курсантів ВВНЗ



- Критерії оцінки МП курсантів ВВНЗ не потребують змін.
- Критерії оцінки МП курсантів ВВНЗ потребують конкретизації та коректування окремих критеріїв.
- МП курсантів потребує конкретизації змісту та критеріїв оцінки.
- Потребують змін критерії оцінки МП курсантів ВВНЗ з урахуванням етапів навчання.

Рис. 2. Думка військових експертів щодо діагностування МП курсантів ВВНЗ з навчальної дисципліни ФВСФПС

Попередній педагогічний (пілотний) експеримент проводився з курсантами ВКНУ. Мета цього експерименту полягала в доборі інформації для її подальшого використання щодо оптимізації діагностування МП курсантів ВВНЗ, а також для визначення впливу існуючої системи оцінки методичної підготовленості курсантів на рівень оцінки загальної фізичної підготовленості курсантів молодших та старших курсів. У процесі попереднього експерименту були отримані результати, що допомагають пов'язати вплив традиційної системи планування та оцінювання методичної підготовленості на показники успішності з фізичної підготовленості (загальна оцінка) (рис. 3). Педагогічний констатуючий експеримент був спрямований на вивчення ефективності критеріїв (табл. 2), що пропонуються нами для оцінки методичної підготовленості курсантів ВВНЗ, в яких було конкретизовано вимоги та враховано періоди навчання курсантів у ВВНЗ.

Курсант оцінювався за виконання методичного завдання згідно вимог до оцінки знань і практичних вмінь при виконанні методичного завдання, а саме:

„відмінно” – якщо одержано 90% позитивних оцінок, при цьому половина і більше перевірених знань і вмінь одержали оцінку „відмінно”;

„добре” – якщо одержано 80% позитивних оцінок, при цьому половина і більше перевірених знань і вмінь одержали оцінку не нижче „добре”;

„задовільно” – якщо одержано 70% позитивних оцінок з перевірених знань і вмінь.

„незадовільно” – якщо отримано незадовільну оцінку хоча б по одному із показників або відсутності плану-конспекту проведення заняття.

Таблиця 2. Конкретизовані критерії щодо оцінки знань і вмінь з методичної підготовки курсантів ВВНЗ з урахуванням років навчання

№ пор.	Зміст вимог до оцінки знань і вмінь курсантів	Курс навчання курсантів				
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
1.	Зовнішній вигляд, стройова виправка, та вміння командувати тими хто навчається.	+	+	+	+	+
2.	Знання команд зі стройової (вогневої), фізичної підготовки та вміння їх подавати.	+	+	+	+	+
3.	Знання термінології та методики навчання вправам (вміння назвати, чітко показати і пояснити вправу).	+	+	+	+	+
4.	Вміння попереджати і виправляти помилки, здійснювати страховку і надавати допомогу тим, хто навчається під час виконання вправ.	+	+	+	+	+
5.	Вміння перевірити та оцінити фізичну підготовленість військовослужбовця.	+	+	+	+	+
6.	Вміння складати план-конспект з будь-якого розділу фізичної підготовки.		+	+	+	+
7.	Вміння визначати стан тих, хто навчається, правильно дозувати фізичне навантаження.		+	+	+	+
8.	Вміння навчати фізичним вправам, прийомам та діям в ролі командира відділення.	+				
9.	Вміння навчати фізичним вправам, прийомам та діям в ролі командира взводу.		+			
10.	Вміння навчати фізичним вправам, прийомам та діям в ролі командира роти.			+	+	+
11.	Вміння вибрати раціональну методику навчання вправам.			+	+	+
12.	Вміння провести контрольню-перевірочне заняття, перевірити та оцінити фізичну підготовку в підрозділі.			+	+	+
13.	Вміння провести підготовчу частину заняття з будь-якого розділу фізичної підготовки.			+	+	+
14.	Вміння провести основну частину заняття з будь-якого розділу фізичної підготовки.			+	+	+
15.	Вміння підготувати помічника керівника, навчальне місце до заняття та провести інструктаж з тими, хто навчається.			+	+	+

Крім того, під час констатуючого експерименту проаналізовано показники фізичної підготовленості курсантів на вступних іспитах і на заліках після 4-х місяців 1-го семестру навчання. Отримані результати досліджень вплинули на прояв основних недоліків традиційної системи діагностування методичної підготовленості курсантів, а також було визначено оптимальні завдання щодо удосконалення системи планування методичної підготовки курсантів ВІКНУ з урахуванням етапів навчання у ВВНЗ.

На другому етапі формуючого експерименту формувалися контрольна (КГ) й експериментальна (ЕГ) групи.

Курсанти, які входили до експериментальної групи мали незначно, але нижчий початковий рівень фізичної підготовленості за досліджуваними показниками в порівнянні з курсантами контрольної групи.

Третій етап формуючого експерименту було присвячено заняттям з курсантами експериментальної групи за розробленими нами критеріями оцінки методичної підготовленості курсантів за весь період їх навчання у ВВНЗ.

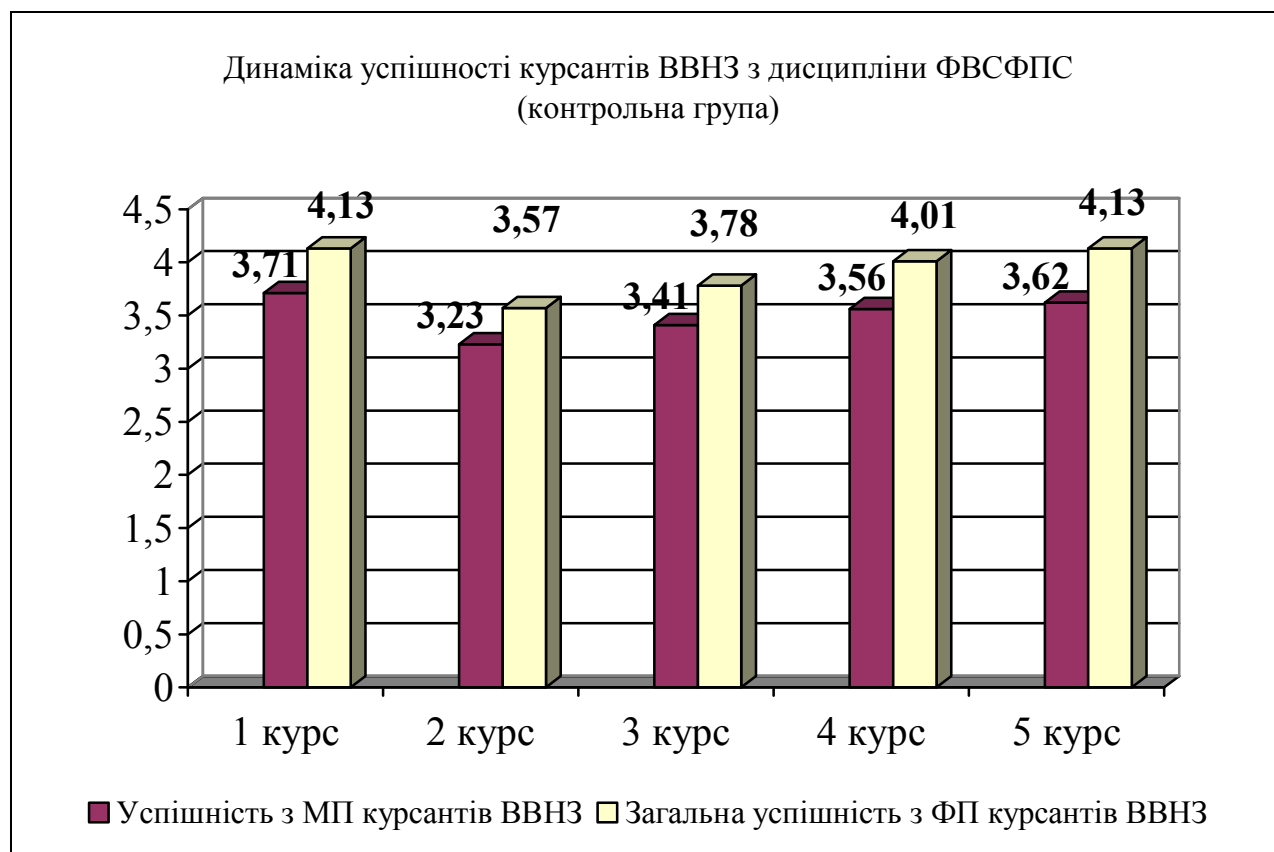


Рис. 3. Динаміка успішності курсантів КГ з навчальної дисципліни ФВСФПС

За показниками одномірного статистичного аналізу рівня фізичної підготовленості (РФП) та рівня методичної підготовленості (РМП) курсантів КГ середній бал успішності у 2-му семестрі навчання з РМП становив 3,23 бала, з РФП – 3,57 бала, що пояснюється низьким початковим РФП та змушеним плануванням навчально-методичних занять тільки у 2-му семестрі.

Зауважимо, що показники початкового РФП курсантів на першому етапі первинної військово-професійної підготовки щорічно знижуються, але за вступними умовами рівень не повинен бути нижчим за оцінку „задовільно”.

Результати успішності 3-го курсу навчання з РМП в 3,41 бала та РФП в 3,78 бала передусім пов’язані зі збільшеними вимогами контрольних нормативів з ФП для курсантів для 3-го і старших курсів навчання та більш впевнені дії під час виконання методичних завдань за рахунок адаптованості курсантів до умов функціонування ВВНЗ. Крім того, зниження РФП у курсантів 3-го курсу навчання обумовлено плануванням традиційно складних предметів зі спеціальним фаховим підґрунтям.

Показник РМП 3,78 бала є достатньо високим через нескладність методичних завдань для третьокурсників, які набули достатній рівень досвіду у виконанні нескладних методичних завдань.

На 4-му курсі показник РФП мав 4,01 бала, показник РМП – 3,56 бала. Доцільно зазначити, що показник РМП на 4-му курсі мав 3,56 бала через те, що методичні завдання характеризуються високою складністю, а критерії оцінки не мають конкретних вимог, що не дає змогу науково-педагогічним працівникам об’єктивно визначати оцінку.

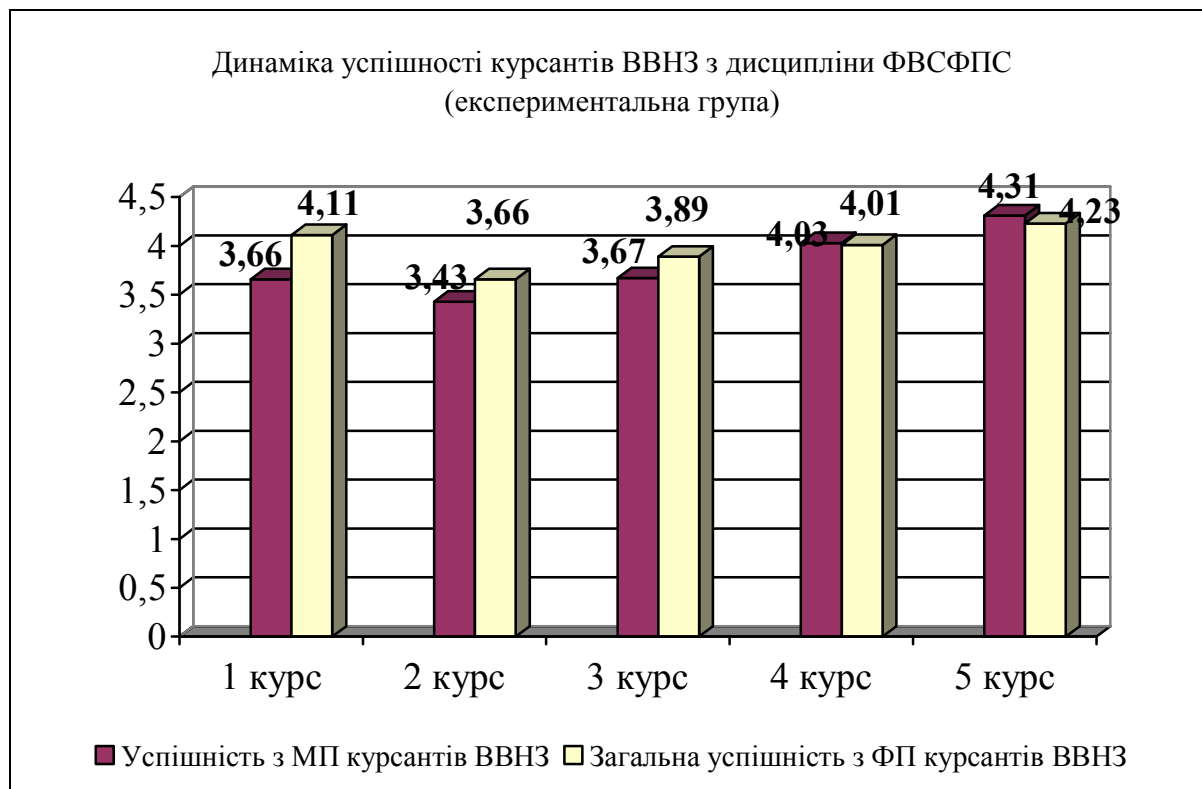


Рис. 4. Динаміка успішності курсантів ЕГ з навчальної дисципліни ФВСФПС

Показник РФП – 4,01 бала пов’язаний з найбільш високим рівнем фізичного стану курсантів 4-го курсу навчання. 5-й курс навчання з показниками РФП – 3,62 бала та РМП – 4,13 бала характеризується тим, що проміжок часу між звітними періодами вдвічі менший, ніж попередні. Крім того, цей семестр навчання є визначальним за загальною оцінкою з ФП за весь період навчання та високою відповідальністю курсантів до самостійного опрацювання методичних завдань. Вкрай низький РМП випускника характеризується відсутністю навчально-методичних занять в 10-му семестрі та більш високими вимогами представників вищих органів управління на державній атестації завдяки різному трактуванню критеріїв оцінки МП курсантів.

Ефективність заходів, які були спрямовані на удосконалення критеріїв оцінки і раціональне планування методичної підготовки (МП) курсантів, оцінювалася на основі порівняння показників рівня методичної та рівня фізичної підготовленості курсантів експериментальної і контрольної груп та вплив на загальну оцінку з ФП (наступний етап формуючого педагогічного експерименту). Проведені дослідження надали змогу отримати результати, які значною мірою підвищили загальний РФП курсантів ВВНЗ (рис. 3, рис. 4).

В цілому результати дослідження дозволили зробити такі **висновки**:

1. Вивчення змісту і методики планування ФП та МП у ВВНЗ дало можливість з’ясувати, що планування здійснювалося переважно традиційним (шаблонним) способом: з різним розривом між заняттями з високим фізичним навантаженням, без врахування періодів навчання у ВВНЗ.

2. Статистичний аналіз методичної підготовленості курсантів ВВНЗ КГ і ЕГ показав, що оптимальним було таке планування МП, коли б воно проводилося з урахуванням періодів навчання, а саме: планування МП має бути в парному семестрі та передувати екзамену з навчальної дисципліни.

3. Запровадження авторської методики планування та оцінювання МП надало змогу значною мірою підвищити загальний РМП курсантів ВВНЗ. Крім того, проаналізовано і з’ясовано негативність наявного суб’єктивного оцінювання та



відсутності взаємозв'язку результатів фізичної підготовленості курсантів та збільшенням кількості НМЗ з ФП протягом певного курсу навчання.

Отримані результати дозволили створити **практичні рекомендації** для командування ВВНЗ.

1. Планування навчально-методичних занять (НМЗ) з навчальної дисципліни ФВСФПС з курсантами ВВНЗ доцільно здійснювати в парному семестрі з урахуванням інших форм ФП та занять з високим фізичним навантаженням, які проводяться протягом тижня.

2. Зміст методичних завдань та критерії оцінки методичної підготовленості, які виконуються курсантами з навчальної дисципліни ФВСФПС, повинні передбачати завдання і особливості етапів професійного навчання курсантів та їх адаптованості до умов функціонування ВВНЗ.

3. Доцільно проведення НМЗ з ФП з курсантами у ВВНЗ виключно тими викладачами з фізичної підготовки та спорту ВВНЗ, за якими закріплені підпорядковані навчальні групи курсантів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Пальчук М.М. Військовий професіоналізм в Україні. Матеріали міжнар. семінару „Реформування Збройних Сил України. Потреба у змінах” (секція „Військова освіта та підготовка”), Київ, 14-15 лютого 2000 р. – К., Академпрес, 2001. – С. 66 – 68.

2. Пальчук М.М. Досвід будівництва та розвитку Збройних Сил України. Погляди Міністерства оборони України на перспективу. Матеріали міжнар. семінару „Відносини між Збройними Силами, суспільством і державою” (секція „Будівництво та розвиток Збройних Сил”), Київ, 22-23 червня 2000 р. – К.: Академпрес, 2001. – С. 19–23.

3. Миронов В.В., Девятов В.А., Федоров В.Г. Формирование навыков руководства у слушателей командных академий. Военно-физкультурное образование: проблемы и перспективы. – СПб.: ВИФК, 1996. –С. 22-25.

4. Миронов В.В., Кашеваров Б.П., Мартынов С.Н. Формирование основ педагогического мастерства на занятиях по гимнастике Л.: ВИФК, 1981. – 72 с.

5. Миронов В.В., Федоров В.Г. Педагогические аспекты совершенствования системы непрерывного военно-физкультурного образования. Теория и методика физической подготовки. – СПб.: ВИФК, 1994. - №1. – С. 43-51.

6. Торопов В.А., Мицкевич В.Т. Некоторые особенности организации физической подготовки с курсантами первого курса общевоинского командного училища. Военно-профессиональное обучение и физическая подготовка. – Л.: ВДКИФК, 1982. – Вып. 2. – С. 96–98.

7. Настанова з фізичної підготовки у Збройних Силах України (НФП-97). – К.: Міністерство оборони України, - 1997. – 97 с.

8. Леонтьєв В.П., Нормативне забезпечення фізичної підготовки курсантів вищих військових навчальних закладів сухопутних військ: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – К.: 2000. – 19 с.

9. Наказ Міністра Оборони України від 05.11.1997 року № 400 „Про затвердження Настанови з фізичної підготовки у Збройних Силах України”. – Київ, 1997.

10. Наказ Міністра Оборони України від 03.08.2007 року № 444 „Про внесення Змін до Настанови з фізичної підготовки в Збройних Силах України”. – Київ, 2007.

Без рецензії.

## ІСТОРИКО-ПЕДАГОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТАНОВЛЕННЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕДАГОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

*У статті йдеться про історико-педагогічні особливості становлення і організації педагогічного менеджменту, зміст поняття «педагогічний менеджмент» для установ професійної освіти.*

*В статье идет речь об историко-педагогических особенностях становления и организации педагогического менеджмента, содержание понятия «педагогический менеджмент» для учреждений профессионального образования.*

*The article deals with the historical and pedagogical features of establishment and organization of pedagogical management. The author gives an explanation of concept «pedagogical management» for establishments of professional education.*

Постановка проблеми у загальному виді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Останніми роками зростає роль і значення менеджменту як теорії управління різними системами. Освітній процес — це одна з соціальних систем, в основі розвитку якої лежать форми, методи і засоби, характерні для іншої соціальної системи - виробництва. Наукові основи управління виробництвом були розроблені раніше, ніж наукові основи управління соціальними системами. Для того щоб мати уявлення про досліджуваний предмет, необхідно виявити витоки, причини його виникнення, визначити основні етапи становлення, їх особливості, сучасний стан даного предмету у світлі історичної перспективи його розвитку. У цій ідеї відображені місце і функції історико-педагогічного аналізу як методу наукового дослідження, історизму як методологічного принципу педагогічних досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. З нашого погляду, важливий аналіз історії розвитку управління і менеджменту, які ведуть свій відлік від якнайдавніших пам'ятників писемності.

Історична періодизація менеджменту показує залежність її розвитку, перш за все, від зовнішніх умов і історичного етапу суспільства. Цим обумовлена необхідність розгляду еволюції теорії управління і перспектив його розвитку.

На думку Е.Ю. Нікітіної [1, с.6], в розвитку теорії і практики управління, можна виділити декілька історичних періодів його виникнення:

1. Доісторичний — (9-7 тисячоліття до н.е. - XVIII в.) перш ніж виділитися в самостійну область знань, людство тисячоліттями по крупицях накопичувало досвід управління.

На Близькому Сході (9-7 тис. років до н.е.) перехід від привласнюючого господарства (полювання, збір плодів і т.п.) до принципово нової форми отримання продуктів — їх виробництву став точкою відліку в зародженні менеджменту, віхою в накопиченні людьми певних знань у області управління.

У Давньому Єгипті (3000 — 2800 рр. до н.е.) був сформований достатньо розвинений для того часу державний управлінський апарат і його обслуговуючий прошарок (урядовці, писарі і ін.).

Першим дав характеристику управлінню, як особливій сфері діяльності, Сократ (470 - 399 рр. до н.е.), який проаналізував різні форми управління і проголосив принцип його універсальності. Платон (428 — 348 рр. до н.е.) класифікував форми державного управління, зробив спробу розмежувати функції органів управління. Приведені матеріали не охоплюють всіх подій і дат, які характеризують процес накопичення знань у області управління, проте дозволяють скласти уявлення про те, на що зверталася увага на ранішніх стадіях розвитку стародавнього мистецтва і новітньої науки - менеджмент.

2. Індустріальний (1776 - 1890 рр.) - найбільша заслуга в розвитку уявлень про державне управління в цей період належить А.Сміту, який провів аналіз різних форм розподілу праці, дав характеристику обов'язків правителя і держави.

Великий вплив на формування багатьох наукових напрямків, що сформувалися до теперішнього часу, і шкіл менеджменту дало вчення Р. Оуена, Його ідеї гуманізації управління виробництвом, а також визнання необхідності навчання, поліпшення умов праці і побуту робітників актуальні і сьогодні.

Переворот в теорії і практиці управління пов'язаний із створенням і використанням обчислювальної техніки, В 1833 р. англійський математик Ч. Пейбідж розробив проект «аналітичної машини» - прообраз сучасної цифрової обчислювальної техніки, за допомогою якої управлінські рішення ухвалювалися більш оперативно.

3. Період систематизації (1856 - 1960 рр.) - наука про управління знаходиться в постійному русі: формуються нові напрями, школи, течії, змінюється і удосконалюється науковий апарат, змінюються самі дослідники і їх погляди, орієнтири (від потреб своєї організації на вивчення способів управління, діючих в їх оточенні).

Те, що ми сьогодні називаємо менеджментом, зародилося за часів промислової революції ХІХ в. Виникнення фабрики, як первинного типу виробництва, і необхідність забезпечення роботою великих груп людей, означало, що індивідуальні власники більше не могли спостерігати за діяльністю всіх працівників. В результаті були вибрані кращі працівники, яких навчали для того, щоб вони могли представляти інтереси власника на робочих місцях. Ці люди і були першими менеджерами,

4. Інформаційний (1960 - по теперішній час) - починається широка розробка концепцій управління, що спираються на використання математичного апарату, за допомогою якого досягається інтеграція математичного аналізу і суб'єктивних рішень менеджерів. Управління розглядається як логічний процес, який може бути виражений математично.

Формалізація ряду управлінських функцій, поєднання праці людини і ЕОМ зажадали перегляду структурних елементів організації (служб обліку, маркетингу і т.п.). З'явилися нові елементи внутрішньофірмового планування: імітаційне моделювання рішень, методи аналізу в умовах невизначеності, математичне забезпечення оцінки багатоцільових управлінських рішень [1, с.6-9].

Розвиток науки управління характеризується множинністю шкіл і підходів, що розробляли ті або інші аспекти менеджменту. З погляду нашого дослідження, необхідно проаналізувати ключові положення концепції головних шкіл, що зробили внесок в сучасне розуміння науки управління.

Першою виникла раціоналістична школа, біля витоків якої стояв американський інженер Фредерік Тейлор. Управління, згідно Ф. Тейлора, повинне будуватися на основі чотирьох «великих основних принципів»: вироблення наукових основ виробництва; науковий відбір виконавців; їх підготовка; тісна дружба співпраця між адміністрацією і виконавцями.

Ф. Тейлор і його послідовники (Р. Гантт, Ф. і Л. Гілбрети, С. Тамсон та ін.) довели, що управління, що здійснюється на наукових принципах, дозволяє одержати кращі результати, ніж управління, засноване на емпіричному досвіді. Головні ідеї раціоналістичної школи: визнання менеджменту самостійною сферою і видом діяльності, основною функцією якого стає раціоналізація виробництва; розділення процесу виробництва і трудових операцій на окремі елементи, виявлення діапазону витрат часу на їх виконання; виконання функцій планування спеціальними підрозділами, визначаючими послідовність, час, терміни виконання робіт; збільшення продуктивності праці за допомогою вищого заробітчанства; підбір працівників відповідно до фізіологічних і психологічних вимог і їх навчання.

Послідовники наукового менеджменту, займаючись в основному пошуком шляхів підвищення ефективності процесу виробництва, ігнорували проблеми управління

організацією в цілому. Цей недолік був подоланий школою адміністративного управління (класичною школою). Засновником цієї школи, як і всього сучасного управління, вважається француз Анрі Файоль, який в 1916 р. виклав вперше повну теорію менеджменту, сформулював його основні принципи і функції. Головну увагу А. Файоль надавав управлінню персоналом, і, перш за все, адміністративними кадрами.

Однієї з найважливіших розробок класичної школи менеджменту, актуальних для сучасного управління педагогічними системами, є обґрунтування принципів управління організаціями. З урахуванням цих принципів були обґрунтовані функції і процеси управління на підприємствах, в державних органах, суспільних організаціях, які зберігають своє значення до теперішнього часу і не тільки у виробництві.

Важливим для дослідження проблем педагогічного менеджменту є те, що вже до 20х рр. ХХ ст. виникла необхідність у формах, припускаючи відносини співпраці між працівниками і менеджерами (підприємцями). Настала черга інтенсифікації інтелектуальних можливостей особи.

Вирішальний крок в цьому напрямі зробила школа людських відношень, представники якої (Елтон Мейо і Мері Фоллетт) вважали, що бажані для менеджерів цілі можуть бути досягнуті не тільки під впливом матеріальних стимулів, але і сил, породжених взаємодією між колегами в рамках трудового колективу. Кожне підприємство, кожна фірму вони розглядали як певну соціальну систему.

Школа людських відносин не змогла відповісти на всі питання, які ставило життя, тому незабаром з'явилося її природне продовження у вигляді групи поведінкових концепцій, прихильники якої (Д. Мак-Грегор, Ф. Герцберг, Р.Лайкерт) прагнули допомогти людям якнайповніше розкрити свої внутрішні можливості і тим самим дати додатковий стимул підвищенню продуктивності праці.

З появою ЕОМ, широким розповсюдженням кібернетики і математичних методів виникли кількісні теорії управління, прихильники яких, ґрунтуючись на формалізованих описах різних ситуацій, вели пошук внутрішньо організаційних взаємозв'язків і за допомогою моделювання намагалися знайти оптимальні розв'язки проблем, що стоять перед організацією.

У розвитку радянської науки управління дослідники (Г.Л. Азоев, В.П. Баранєєв, В.А. Устінов і ін.) виділяють ряд періодів: 20-і, 30 — 50-і, 50- 60-і, 60 - 70-і і 80 - 90-і роки ХХ ст..

У перший період (20-і рр. ХХ ст.), коли ще допускалася певна самостійність досліджень і свобода творчості, серед учених (Л.Л. Богданов (Маліновський), Ф.Р. Дунаєвський, О.А. Ерманський і ін.), достатньо чітко позначилися дві основні групи концепцій управління:

- організаційно-технічна, яка включає ряд напрямів:
- соціальна, що складається з наступних напрямів:

Наступний етап (30-50-і рр. ХХ в.) не приніс значних досліджень в теорії управління. У ці роки, в основному, розроблялися проблеми, пов'язані з організацією виробничих процесів.

На межі 50-60-х років в наукових розробках по управлінню організаціями відбулося якісне зрушення, що зробило вплив на всі подальші висновки і положення науки. Це було зв'язано з використанням системного підходу до управління підприємствами, що активно взаємодіють із зовнішнім середовищем. Наукові розробки, що базуються на кількісному і системному підходах до менеджменту, поглибили розуміння складних управлінських проблем шляхом їх моделювання і дозволили ширше застосовувати кількісні методи при ухваленні рішень в складних ситуаціях.

У 60-70-і роки набув поширення техніко-кібернетичний напрям в управлінській теорії і практиці. Сформувалася концепція господарського механізму як єдність соціальної, економічної, організаційної систем.

У 80-90-х рр. почався новий етап розвитку вітчизняної управлінської думки, який полягав в розробці концепцій системи управління економікою в умовах переходу до ринкових відносин. У центрі уваги теоретиків і практиків виявилися проблеми культури організації і інноваційного менеджменту.

Сучасний етап розвитку принципів управління (початок XXI ст.) має, з погляду нашого дослідження, особливе значення, так як головна увага звертається на людський або соціальний аспект управління. Етика в бізнесі оголошується золотим правилом менеджменту, який направлений на людину, на те, щоб робити людей здібними до сумісних дій; невід'ємним від культури, заснований на чесності і довірі до людей; сприяє комунікаціям між людьми і визначає індивідуальний склад кожного працюючого в загальний результат трудової діяльності.

Організації (у тому числі і освітні установи) все частіше звертаються до методів стратегічного планування і управління, розглядаючи раптові і різкі зміни в зовнішньому середовищі, в технологіях, в конкуренції, в ринках як реальність сучасного життя, що вимагає нових прийомів менеджменту.

Загальні ідеї управління соціальними організаціями, до числа яких відносяться всі освітні установи, послужили основою для наукової розробки проблем управління у сфері освіти. У 1913 р. Ф. Боббіт, викладач адміністрування освіти в університеті Чикаго, опублікував статтю «Деякі загальні принципи менеджменту, застосовані до міських шкільних систем», в якій описав свій досвід по застосуванню ідей наукового управління до шкільних систем. Ф. Сполдінг запропонував використовувати принципи наукового управління у сфері освіти. Уподальші роки в Англії, Німеччині, Франції і Швеції одержали розвиток ідеї «наукового управління» в освіті.

Другий період розвитку теорії управління освітою (30-50-і рр.) на Заході пов'язаний з впровадженням ідей теорії «людських відношень» посиленням інтересу до людського чинника (У. Іок і Д. Купман).

У 1943 році Д. Купман видав книгу «Демократія в шкільному управлінні», в якій писав про необхідність зробити управління школою ефективнішим, на основі запозичених з виробничої сфери організаційних прийомів, що характеризуються переважанням стандартизації, дисципліни, централізації, єдиноначальності і контролю. Автор надав увагу проблемі демократизації в управлінні школою, участі вчителів і що учнів в ухваленні управлінських рішень.

В кінці 50-х років набирає силу третій період розвитку теорії управління освітою, в якому пріоритет відданий соціальним наукам - психології, філософії, соціології і ін. Опубліковані роботи А. Халпіна «Теорія управління в освіті», Е.Кемпбелла і Д. Ліпхема «Теорія управління, як керівництво до дії», Р. Глеттера «Розвиток менеджменту для педагогічної професії» і ін.

Разом з впливом соціальних наук на менеджмент у сфері освіти популярною течією в 60-70-і рр. XX ст. стала концепція управління по цілях (П. Друкер), яка знайшла широке застосування після внутрішньошкільного управління в Канаді, США, Англії.

До 80-м рокам XX в. інтерес до досліджень теорії і практики управління взагалі, і внутрішньо шкільного менеджменту зокрема, значно зріс; у багатьох країнах пройшли реформи освіти, основні тенденції яких полягали в децентралізації управління освітою, посиленні автономії освітніх установ, ідей демократизму і т.п.

На початку 90-х років був опублікований ряд теоретичних робіт, направлених на розвиток самої теорії управління освітою, а також наузагальнення її стану: Т. Буш «Теорія менеджменту в освіті», П.Сільвер «Управління освітою: теоретичні аспекти практики і досліджень». У. Раст «Керівництво з менеджменту для вчителів» і ін.

Таким чином, до середини 80-х рр. XX в. дослідження у області управління освітою у основному торкалися управління функціонуванням освітніх організацій. Тільки в 90-і рр.дослідники стали звертатися до методів стратегічного планування і управління розвитком освіти. У країнах Європи з'явилися книги А. Де Калюве і ін.

«Розвиток школи: моделі і зміни», Ф. Бонне і ін. «Школа і менеджмент: стратегічне управління шкільною установою» і ін.

Аналіз психолого-педагогічної літератури показує, що управління освітою за кордоном - це область наукового знання, яка ефективно розвивається, активно асимілює загальноуправлінські підходи і веде розробку спеціальних моделей і методів для підвищення ефективності управлінської діяльності у сфері освіти.

Видатний педагог В.О. Сухомлинський в своїй книзі «Розмова з молодим директором школи» відстоює необхідність демократизації внутрішньошкільного управління, повага особистостей вчителів і учнів, підкреслює значущість професійного і компетентного керівництва школою [2, с.87] .

Під впливом успіхів західного менеджменту в освіті і початку 80-х років стала очевидною необхідність професійної підготовки управлінських кадрів, намічається подальша активізація досліджень проблем управління школою. Це в значній мірі пов'язано з проникненням ідей, теорій соціального управління в сферу освіти.

Функції управління стають повноправним поняттям в шкільному менеджменті. Починається перехід від традиційного до розробки наукових основ внутрішньошкільного управління, до теоретичного осмислення процесів і явищ (Ю.А. Конаржевській, М.І. Кондаков і ін.).

Аналіз робіт, присвячених проблемам управління в освіті, показує, що в основному вони пов'язані з управлінням освітніми установами (школами). Для нашого дослідження, в якому розглядається педагогічний менеджмент як засіб оптимізації освітнього процесу в установах середньої професійної освіти, важливо проаналізувати різні підходи до трактувань понять «управління» і «менеджмент».

Поняття «управління» є основним в теорії управління і науці про процеси управління в педагогічних системах. Ідея оптимізації, впорядкування процесів і станів в складних динамічних системах лягла в основу формування і визначення поняття «управління» в тому широкому значенні слова, в якому воно найчастіше використовується в кібернетиці як загальній теорії управління машинами, живими організаціями і суспільством.

Педагогічне управління відрізняється від соціального своїми об'єктами, характером процесів і закономірностей, визначуваних педагогічними науками. Воно має місце у всіх випадках, коли здійснюється управління в системі «людина - людина». Але, як відомо, чистого управління людиною не існує і управління завжди пов'язане з рішенням яких-небудь конкретних задач, тому можна припустити вслід за Ю.В. Васильєвим, що педагогічне управління або домінує, як в освітніх установах, або присутній в інших видах управління, наприклад в економічному [3, с.107] .

Разом з терміном «управління» уживається поняття «менеджмент». Англійське слово «менеджмент» походить від латинського слова «манус» - рука (мистецтво управління кіньми), спочатку відносилось до сфери управління тваринами, пізніше воно перенеслося в сферу людської діяльності, унаслідок чого можна говорити про міждисциплінарний характер цієї дефініції, семантика якої достатньо складна. Менеджмент включає вчення про принципи організації підприємства (юридична частина), про стратегію його розвитку (ідеологічна частина), про підборі персоналу (соціологічна частина) і способах оптимізації його роботи (психологічна частина). Таким чином, виявляється, що управління і менеджмент - це практично гра в дефініції. Тому в перевідній літературі менеджмент і управління зустрічаються як слова-синоніми.

Нам найбільш близьке визначення «менеджменту», що приводиться Л.Ф. Нікуліним, Ф.М. Руєпновим і Л.В. Фаткиной [4, с.45-46], в якому менеджмент пов'язаний з вибором з безлічі можливих варіантів дій найефективнішого, тобто направлений на оптимізацію результатів практичної діяльності. На думку цих учених, «сучасний менеджмент є практична діяльність, пов'язана з: аналізом і діагностикою ситуації (процесів), визначенням головних задач, основних суперечностей і домінуючих

тенденцій; висуванням управлінських цілей і засобів їх рішень; визначенням чинників, які впливають на ухвалення рішень; розробкою альтернативних варіантів дій; оцінкою кожною альтернативи, визначенням найбільш відповідних вимогам дій; розробкою конкретного курсу (програми дій), який буде ефективний з точки зору перекладу даної управлінської ситуації в сприятливішу.

У 90-і рр. ХХ в. передова управлінська практика зробила випереджаючий вплив на педагогічну науку і зумовила народження понять «педагогічний менеджмент».

Поява книги К.Я. Вазіной, Ю.Н. Петрова, Бешковського В.Д. «Педагогічний менеджмент»[5] остаточно узаконило педагогічний менеджмент як теорію управління в освітній установі. Учені роблять висновок - тільки уміле управління на двох рівнях: керівника освітньої установи і педагога, реально забезпечать розвиток людини. Вони упевнені, що ефективне управління освітньою установою можливе тільки тоді, коли воно побудоване на наступних принципах:

- визнання безперервного розвитку колективу як основної мети управління;
- визнання неповторності, унікальності особи і її прав на свободу, творчість;
- гнучке поєднання централізації і децентралізації залежно від конкретної проблемної ситуації, спрямованість управління «знизу догори»;
- досягнення згоди в колективній діяльності, етичне заохочення ініціативи [5, с.25].

Як відзначає ряд авторів (І.І. Антонова, С.В. Фролова, Л.А. Шипіліна і ін.), «педагогічний менеджмент (теорія, методика і технологія ефективного управління освітнім процесом) має свою специфіку і властиві тільки йому закономірності, які виражаються в своєрідності предмету, продукту, знаряддя і результату праці менеджера. Предмет роботи менеджера у сфері освіти - діяльність керованого суб'єкта; продукт роботи-інформація; знаряддя праці - слово, мова; результат праці - ступінь навченої і розвитку студентів» [6, с.213].

Найважливішим на наш погляд представляється визначення педагогічного менеджменту В.П. Симонова [7], в якому особливе місце відводиться «менеджеру-викладачу», інтегруючому функції педагогічної і управлінської діяльності. На основі аналізу психолого-педагогічної літератури, ми відзначаємо, що у вітчизняній літературі процес управління був вивчений на всіх ступенях освіти і в різних розділах науки педагогіки. Велика частина досліджень була присвячена керівництву освітніми установами(школами); проблемам підготовки майбутніх педагогів в установах вищої професійної освіти. При цьому не досить уваги надавалося:

- викладачам і вимогам до організації їх власної професійної діяльності з позиції менеджменту;
- студентам, як суб'єктам своєї власної діяльності по оволодінню професійними знаннями, уміннями і навиками;
- можливостям педагогічного менеджменту, як засоби оптимізації освітнього процесу в установах середньої професійної освіти.

Важливим, є уточнення змісту поняття «педагогічний менеджмент» для установ професійної освіти.

Педагогічний менеджмент в установах професійної освіти— це динамічна система управління процесом професійної підготовки, направлена на оволодіння студентами знань, умінь і навичок при взаємодії з педагогом-менеджером, який забезпечує виконання соціального замовлення суспільства в підготовці фахівців з професійною освітою.

**Висновки.** Таким чином, в процесі виникнення і розвитку управлінської науки відбувається використання концепцій і методів, взаємодоповнення і взаємозбагачення різних наукових дисциплін. Природним і закономірним є привнесення принципових положень сучасного менеджменту в методологічні основи педагогіки. Гармонійним об'єднанням даних наук і є розглянуте поняття педагогічний менеджмент.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Никитина Е.Ю. Управление дифференциацией образования: Учебно-практическое пособие.- Челябинск: Издательство ЧГПУ, 2000. - 296с.
2. Сухомлинский В.А. Избранные педагогические сочинения. — М., 1979. - 235 с.
3. Васильев Ю.В. Педагогическое управление: методология, теория, практика. - М.: Педагогика, 1990. - 235 с.
4. Русинов Ф.М., Никулин Л.Ф., Фаткин Л.В. Менеджмент и самоменеджмент в системе рыночных отношении: Учебное пособие. — М.: ИНФРА-М, 1996.-352 с.
5. Вазина К.Я., Петров Ю.Н., Бешковский В.Д. Педагогический менеджмент (концепция, опыт, работы). -М.: Педагогика, 1991.-273 с.
6. Антонова И.И. Дидактические условия подготовки будущих учителей технологии и предпринимательства основам менеджмента: дисс. ... канд. пед. наук. — Комсомольск - на — Амуре, 1999. — 172 с.
7. Симонов В.П. Педагогический менеджмент; 50 НОУ-ХАУ в управлении педагогическими системами. - М: Педагогическое общество России, 1999.-430 с.

Рецензент: **д.пед.н., проф. Плахотнік О.В.**



## ОБҐРУНТУВАННЯ СУТНОСТІ ТА ЗМІСТУ КАТЕГОРІЇ «ПРАВОВА КУЛЬТУРА ОФІЦЕРА-ПРИКОРДОННИКА»

*У статті обґрунтовується сутність та зміст категорії «правової культури офіцера-прикордонника».*

*В статтє обосновується суцність и содержаніє категоріі «правової культури офіцера-пограничника».*

*The essence and content of category of border guard officer's legal culture is grounded in the article.*

Розбудова незалежної правової держави України, громадянського суспільства, кардинальні зміни, що відбуваються у всіх сферах життя, визначають широку потребу у вихованні нового покоління свідомих громадян, патріотів нації, країни, захисників її кордонів, потребу в удосконаленні системи виховання, у тому числі військових кадрів. Гуманізація та демократизація взаємовідносин в суспільстві висуває все більш високі вимоги до рівня правової культури офіцерських кадрів.

В сучасних умовах рівень правової культури громадян нашого суспільства вселяє серйозні побоювання. Правова культура як суспільства, так і окремих осіб різко знизилася. Дефіцит правової культури відчувається постійно. Дійсність така, що не проходить і дня, коли засоби масової інформації не вказали б на правовий нігілізм і правове безкультур'я, що процвітають у суспільстві. Військова організація завжди була складовою суспільства. Тому все, що характеризує культуру суспільства, поширюється і на військові формування.

Трансформація ДПС України в правоохоронну структуру створює об'єктивні передумови для формування правової культури у прикордонників. Проблема формування правової культури у офіцерського складу – це частина загальної соціальної проблеми взаємовідносин між людьми, що визначаються суспільними відносинами, ідеологією та мораллю людей. В умовах демократичної дійсності – це частина проблеми педагогічного аспекту гуманізму, професійної етики, питань відповідності змісту правової культури характеру суспільної моралі як важливої об'єктивно існуючої закономірності виховного процесу.

Проблема формування правової культури у офіцерського складу Державної прикордонної служби України не була предметом спеціального дослідження. Недостатня теоретична розробка цієї проблеми в педагогічно-психологічній літературі, потреба вдосконалення навчально-виховного процесу, зокрема, розвитку правової культури у офіцерів-прикордонників дала можливість сформулювати мету статті, а саме обґрунтування сутності та змісту категорії права культура офіцера-прикордонника.

Кожну науку відрізняє своя система знань, орієнтованих на пояснення предмета дослідження даної науки. Науковий статус і соціальний престиж різних галузей наук багато в чому залежать від рівня розвитку теорії, що дає цілісне уявлення про закони і закономірності, які об'єктивно відображають визначену область дійсності і є предметом вивчення даної науки.

Система знань науки відображається в її поняттях і категоріях. Поняття – це форма мислення, що відображає істотні властивості, зв'язки і відносини предметів і явищ [4, С. 1035]. Поняття в науці закріплюються не відразу. Народжуючись стихійно, як результат осмислення реальної дійсності й емпіричного досвіду, вони стають частиною системи тієї або іншої науки. Щоб визначити сутність поняття, виділяються, насамперед, його ознаки, що визначають об'єкт, який вивчає наука.

Розглядаючи діяльність людини, варто пам'ятати про визначальну роль потреб, які обумовлюють виникнення тієї або іншої діяльності. Людські потреби в різних історичних, соціально-економічних умовах різні. Тому і поняття, що відображають цю мінливу діяльність, не є статичними. Вони змінюються в залежності від історичних обставин, тієї об'єктивної дійсності, які вони повинні відображати. Поняття як би проживають своє власне життя. Значимість деяких понять у системі науки може то зростати, то знижуватися.

У процесі розвитку будь-якої науки поняття поєднуються, укрупнюються і перетворюються в категорії науки, що являють собою найбільш загальні і фундаментальні поняття, що відображають істотні, загальні властивості і відносини явищ дійсності та пізнання [4, С. 557].

Керуючись наведеним визначеннями, необхідно проаналізувати і прокоментувати категорію права культура. Насамперед необхідно нагадати, що поняття “культура” надзвичайно широке і всеосяжне. Існують сотні визначень культури – загальні і часткові, різні за змістом, за видами і галузями діяльності, за рівнями розвитку. Але всі вони так чи інакше відображають людську сутність, життєдіяльність людини, результати цієї діяльності. Культура є найзагальнішою, інтегральною характеристикою людини, її провідною родовою ознакою. Поза культурою людина перестає бути людиною, а культура без людей втрачає свій сенс. Найвище призначення людини на Землі – бути Людиною, максимально реалізувати себе як Людина, тобто бути гуманною, людною, досконалою, творчою, такою, яка завжди прагне гармонії, довершеності, ідеалу. Тому поняття культури, духовності, гуманізму, людяності, доброти, краси, гармонії синонімічні, вони взаємно доповнюють одне одного.

Поняття “людина” і “культура” настільки нерозривні, що можна стверджувати: культура в такій же мірі є продуктом людського буття, людської життєдіяльності, як людина – продуктом культури. Але людина не є пасивним продуктом культури. В процесі життєдіяльності вона змінює навколишню природу, олюднює, облагороджує її, цілеспрямовано творить своє середовище, але разом з тим і завдяки цьому вона змінює свою власну природу, олюднює, облагороджує саму себе. При цьому такий процес олюднення людини може бути як стихійним, так і організованим, цілеспрямованим.

Науковець С. С. Сливка доводить, що категорія права культура – ступінь духовно-філософського осмислення духу природного і змісту позитивного права, коеволюція всіх його джерел у співвідношенні частини й цілого, раціональної власної професійної діяльності та уміле утримання (регулювання) фахової гармонії у правовому колі [3, С. 184].

В. С. Нерсисянц права культуру називає “другою природою”, підкреслюючи, що вона не є механічною добудовою до основної, “першої природи”, а становить культурну трансформацію, культуризацію і культивування всієї (єдиної) природи окремих людей і народів. Отже, право – це не культурний плід на дикому дереві, а плід окультуреного дерева [1, С. 43].

На думку М. П. Щербань права культура виступає відносно стійким поєднанням розумововольових і морально-психологічних інтегрованих компонентів, які гармонійно взаємодіють і проявляються у світоглядній професійній діяльності та в особистому житті людини [5 с. 15].

Аналіз психолого-педагогічної літератури, результати спостережень проведених під час дослідно-експериментальної роботи дав можливість зробити висновок про те, що права культура особистості офіцера-прикордонника є відносно самостійним утворенням, що складається в результаті взаємодії різних специфічних соціальних і психічних регуляторів. Особисті потреби й інтереси, соціальний стан, стереотипи правової діяльності офіцера, виховання, освіта, особливості світосприймання, самооцінка, індивідуальні психофізіологічні характеристики – такий неповний перелік

тих моментів у цілісному житті офіцера, під впливом яких і складається його правова культура.

Отже, правова культура офіцера-прикордонника – сукупність права, правосвідомості, правових відносин, законності і правопорядку, законотворчої і інших видів діяльності в сфері поєднання функціонування права в суспільстві та Державній прикордонній службі. Рівень правової культури офіцера-прикордонника визначається розвиненістю і погодженістю цих елементів, а також якістю їх професійної підготовки, ступенем розвитку юридичної науки і правового мислення офіцера.

Категорія правова культура містить: правову культуру суспільства; правову культуру соціальної групи; правову культуру особи. Кожному з цих складників притаманні свої цінності, характерні риси, функції і таке інше.

Зокрема правова культура особи містить: правосвідомість; розуміння принципів права; повагу і впевненість у справедливості законів; юридичні права і обов'язки; поведінку, що не суперечить правовим приписам; правове мислення [2, С. 168-169].

На думку П. М. Щербаня складниками правової культури особистості є: знання прав і обов'язків громадян; повага до національної та державної символіки України; усвідомлення громадянської відповідальності за здійснені вчинки і правопорушення; дотримання національних і загальнолюдських морально-етичних приписів, традицій та звичаїв; дотримання Конституції та законодавства України; знання головних положень Загальної декларації про права людини; прагнення до засвоєння правових знань, основ громадянського, трудового, сімейного, кримінального законодавства; негативне ставлення до проявів беззаконня і правопорушень [6, С. 100].

Дослідно-експериментальна робота, яка проводилась в органах та підрозділах ДПСУ дала можливість визначити наступні ознаки правової культури. По-перше, рівність; у межах права люди, незважаючи на свою неповторність і особливість, взаємодіють як рівні один одному. Суспільні суб'єкти вступають у відносини права лише якоюсь однією своєю (але властивою усім) соціальною сутністю. Тому правова культура порівнюється одним соціальним заходом для ставлення до різних суспільних суб'єктів. По-друге, правотвірною ознакою, поряд з рівністю, є воля особистості. Право поширюється тільки на вільних громадян, причому воля означає щось більше, ніж тільки можливість для кожного учасника відносин права виражати свою волю і проводити свою лінію поведінки. Буття волі в області права виключає самоправність і свавілля; скоріше, право виступає як форма, норма і міра волі. Якщо хочеш бути вільним, ти повинний співвідносити свою волю з визнанням волі інших. Саме так виникає правове відношення. По-третє, ще одна специфічна ознака права – справедливість як еквівалентність і збалансованість прав і обов'язків, що знаходяться в правових відносинах суспільних суб'єктів. Причому справедливість як ознака права може істотно відрізнитися від соціальної і моральної справедливості.

До складу правової культури особистості відносяться:

впевненість у тому, що тільки воля всіх людей у суспільстві є одна з надійних гарантій волі кожного;

повага гідності інших осіб, що виступають як рівні учасники правового спілкування;

почуття особистої відповідальності за свої вчинки і внутрішнє переконання у важливості виконання особистістю покладених на неї обов'язків;

повага до закону;

віра, що дотримання прийнятих людиною зобов'язань є елементарна умова нормального співіснування людей у рамках суспільства.

У рамках єдиної правової культури суспільства рівень зрілості правової культури окремої особистості різний. Цей рівень залежить від багатьох факторів, а саме:

від того, наскільки точно усвідомлює і засвоює індивід принципи діючих у суспільстві прав;

від ступеня інформованості індивіда про норми, процедури, інститути, що опосередковують реалізацію (захист, відновлення) права;

від внутрішнього (ціннісного) відношення індивіда (позитивного або негативного) до існуючих правових норм, процедур і соціальних інститутів.

Таким чином, правова культура особистості припускає не пасивне відношення, а активне творче відношення до духовних цінностей правового характеру, спрямоване на реалізацію інтересів індивіда в межах правових норм.

Можливо кілька варіантів взаємодії правової культури особистості з правовою культурою суспільства. Найбільш бажаним буде той, при якому правова культура особистості цілком збігається з діючими принципами і нормами права, що існують у суспільстві, що можна розглядати як ідеал правового виховання. У реальності ж правова культура особистості може відставати від правової культури суспільства.

Правова культура особистості може виявлятися і поперед норм, ідеалів даного суспільства і його законодавства. Вона виступає в даному випадку динамічним моментом розвитку нової юридичної практики, може стимулювати удосконалення законодавства і сприяти формуванню нової правової культури суспільства. У протилежному випадку, правова культура особистості приречена на автономне існування поряд з діючими законами і правовими нормами.

Правова культура не є якоюсь окремою частиною цілеспрямованого спеціально організованого впливу на особистість, а інтегрованим складником усього навчально-виховного процесу, який за своєю суттю має глибоко культурологічне походження. Якщо в основі правової культури лежить ідея єдності прав і обов'язків людини, гармонізація і злагода в їх реальному втіленні, то це означає, що кожна особа повинна виявляти певні зусилля, щоб оволодіти фактичними знаннями і свідомо керуватись ними в процесі здійснення своїх вчинків і бажань, визначати свою поведінку відповідно до створених суспільством норм поведінки. Цілком ймовірно, що ідея формування правової культури, як і її зміст, обсяг вимог, принципи й форми виконання є такою, що ґрунтуються на законах, спеціально створених державою, і таких, що вимагають безумовного їх виконання. В самій суті правового формування особистості є культурологічні засади, тобто такі, які завжди передбачають прояв зусиль розумового, емоційно-почуттєвого характеру. Логіка аналізу процесу формування правової культури особистості офіцера-прикордонника потребує розгляду його через оперативно-службову діяльність.

Таким чином, знання офіцерами-прикордонниками категорій права, своїх прав і обов'язків, уміння їх активно відстоювати і захищати, чітке усвідомлення свого місця в державній структурі, розуміння взаємної відповідальності особистості і держави, здатність використовувати наявні державні механізми для захисту прав і інтересів на кордоні України – от що в даний час повинно бути включено в характеристику правової культури особистості. Правове виховання і правова інформованість офіцерського складу повинні підвищити компетентність офіцерського складу ДПСУ, сформувати новий тип правового мислення особистості як необхідну складову її правової культури.

Для розв'язання проблеми поліпшення якості професійної підготовки прикордонників необхідно істотно активізувати педагогічні дослідження процесу формування правової культури у персоналу Державної прикордонної служби України в умовах службової діяльності на підставі сучасних педагогічних технологій.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Нэрсесянц В. С. Философия права – М.: Норма, 1997. – 652 с.
2. Правознавство / за ред. проф. В. В. Копейчикова – К.: Юрінком Інтер., 2002. – 736 с.
3. Сливка С. С. Юридична деонтологія – К.: Аттіка, 2001. – 304 с.
4. Советский энциклопедический словарь / Гл. Ред. А.М. Прохоров. 2-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1982. – 1600 с.

5. Щербань М. П. Формування правової культури студентів вищих аграрних навчальних закладів I–II рівнів акредитації: Автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.04 / Інститут вищої освіти АПН України. – Київ, 2005. – 20 с.

6. Щербань П. М. Прикладна педагогіка: Навчально-методичний посібник. – К.: Вища школа, 2002. – 215 с.

**Рецензент: д.пед.н., проф. Ягунов В.В.**

## ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

*У статті розглядається функціонально-структурні організації освітньої інформаційно - керуючої системи.*

*В статье рассматривается функционально-структурные организации образовательной информационно-управляющей системы.*

*The article deals with the function-structural organization of the educational information-management system.*

Бурное развитие и совершенствование информационно–коммуникационных технологий (АКТ) позволяет эффективно решать вопросы разработки и различных направлениях непрерывного образования, в том числе в информационно-образовательная среда (ИОС). При их создании сначала необходимо решить ряд важных задач управления функционированием ИОС.

Известно, что разработке образовательная информационно-управляющих систем (ОИУС) требует обосновать функционально-структурная организация (ФСО) ИОС.

Сначала сформулируем ОИУС как сложную систему т.е. комплекс общесистемные ресурсы (глобальные каталоги: учебные заведения, специальности, учебные курсы, преподавательский состав, информационные ресурсы) и среда профессионального общения (профессиональные телеконференции, тематические Chat, электронная библиотека), учебный центр, консалтинговый центр, секция ФЭС, различные измерительные приборы обеспечивающих связь с внешними источниками информации региональные ОИОС, в том числе с удаленными источниками информации (различные профессиональные колледжи).

При исследовании ИОС с успехом применяют ФСО, которые в ключает в себя функциональное и структурное описание ОИУС, позволяющие представить поведение ИОС на основе сведений о ее поведения составляющих взаимосвязанных ее элементов.

Целесообразно сформулировать следующие аспекты при построении ОИУС: **информационный**, который включает в себя структурное и логическое описание ИОС; **физический**, который включает в себя схемотехнические описание ИОС; **конструктивной**, который включает в себя технические описание.

От функциональное описание ОИУС требуется только модели поведения ИОС. А на структурному описанию ИОУС поставляется требования определения множество элементов, необходимых с точки зрения информационных процессов, уточнения наличия связей между входами и выходами. Поэтому при структурном описании ОИУС в информационном обеспечение могут быть использованы структурная и функциональная схемы, который дает основания формирования метода ФСО ОИУС.

Последние время получили широкое распространение функционально-структурный подход (ФСП) к изучению ИОС, сводящиеся к разбиению его на отдельные подсистемы для определения их функционального назначения.

Характерными особенностями ФСП является следующие:

- целостный подход к изучению ИОС;
- изучение взаимосвязи функций и структуры ИОС (или подсистемы ИОС) при определяющий роли функции по отношению к структуре;
- учет информационных конструктивных связей как между элементами, так и ИОС с внешней средой;
- построение функционалов для изложения различных связей в ИОС;
- рассмотрение ИОС в развитие.

Важной особенностью ФСП является совместный учет информационных и конструктивных потоков как и в процессе обмена информации ИОС с внешней средой.

**Определение-1.** Функциональная модель системы, построенная на основе функциональных зависимостей элементов и подсистем, обеспечивающие различные функциональная организация система называется функциональная организация системы. При функциональной организации системы используются: алгоритмические, аналитические, графические, табличные, информационно-справочное и другие описание.

**Определение-2.** Структурная модель системы, построенная на основе различных структурных элементов или подсистемы, обеспечивающие взаимосвязи в процесс их функционирования называется структурная организация система.

При построении структурная модель используются графические и табличные изображение изменение параметров и их связей между ними.

Функциональная и структурная организация системы, которые называется ФСО системы играет важное значение при изучении ИОС и при управлении образовательные процессы. ФСО ИОС отражает как взаимодействие самого ОИУС с окружающей средой и другой системы ИОС (общесистемные ресурсы - глобальные каталоги, среда профессионального общения; региональной ИОС), так и внутренние взаимосвязи элементов в процессе функционирования ИОС.

Для представление СФО ИОС могут быть рекомендованы:

- структура иерархической организации системы;
- целесообразное объединение функционально - структурные особенности ИОС (или подсистемы ИОС) в едином цели;
- диаграммы движение системы при функционирования;
- алгоритмы для представление функционирование ИОС;
- модели функционирования ИОС.

Обычно в образовательном задании на ИУС перечисляются не только функции, реализуемые системой (ИОС): арифметическая и логическая обработка качественной и количественной, а также символьной информации на разработанному структурно – функциональную моделью принципы сопряжения с объектами управления и т.д., но также указываются конкретные количественные характеристики: скорость выполнения определенных операций и их хранения, характеристики надежности функционирования и другие показатели, характеризующие эффективность системы.

Эволюционный процесс формирования ФСО и ОИУС однозначно определяются принципы обработки образовательной информации.

Функциональное назначение ОИУС заключается в обобщении и преобразования входного информационного потока в виде систем исходной информации (ИИ) или информационная – справочная система (ИСС) с целью получения тех сведений, которые требуется в определенный момент времени для принятия решения. Принципиальная схема человека – машинного система (комплекса) представлено на рис. 1.

Она иллюстрирует функционирования ОИУС как взаимосвязанных подсистем, т.е. как взаимосвязанных подсистем, т.е. как связывающего подсистема между человеком оператором (специалистом), объектом управления (ИОС) и окружающей его средой (системные ресурсы региональной ИОС).

**Основными функциями** ОИУС для реализация в процессе управления образовательные процессы является сбор, передачи, обработки, выдачи информации на достаточном уровне точности и понимается набор функциональных операторов, определяемый назначением системы.

**Дополнительные функции** ОИУС является возможность расширения область применения ОИУС, возрастающая объем и динамичность информационных массивов.

Сложность рационального решения задачи сбора ИИ заключается в том, что для эффективного использования системы необходимы сначала первичной обработки

образовательной информации, т.е. кодировать, корректировать, классифицировать, систематизировать ИИ по существующим критериям или необходимо собирать только ИИ, которая требуется для принятия решения об управлении ИОС.

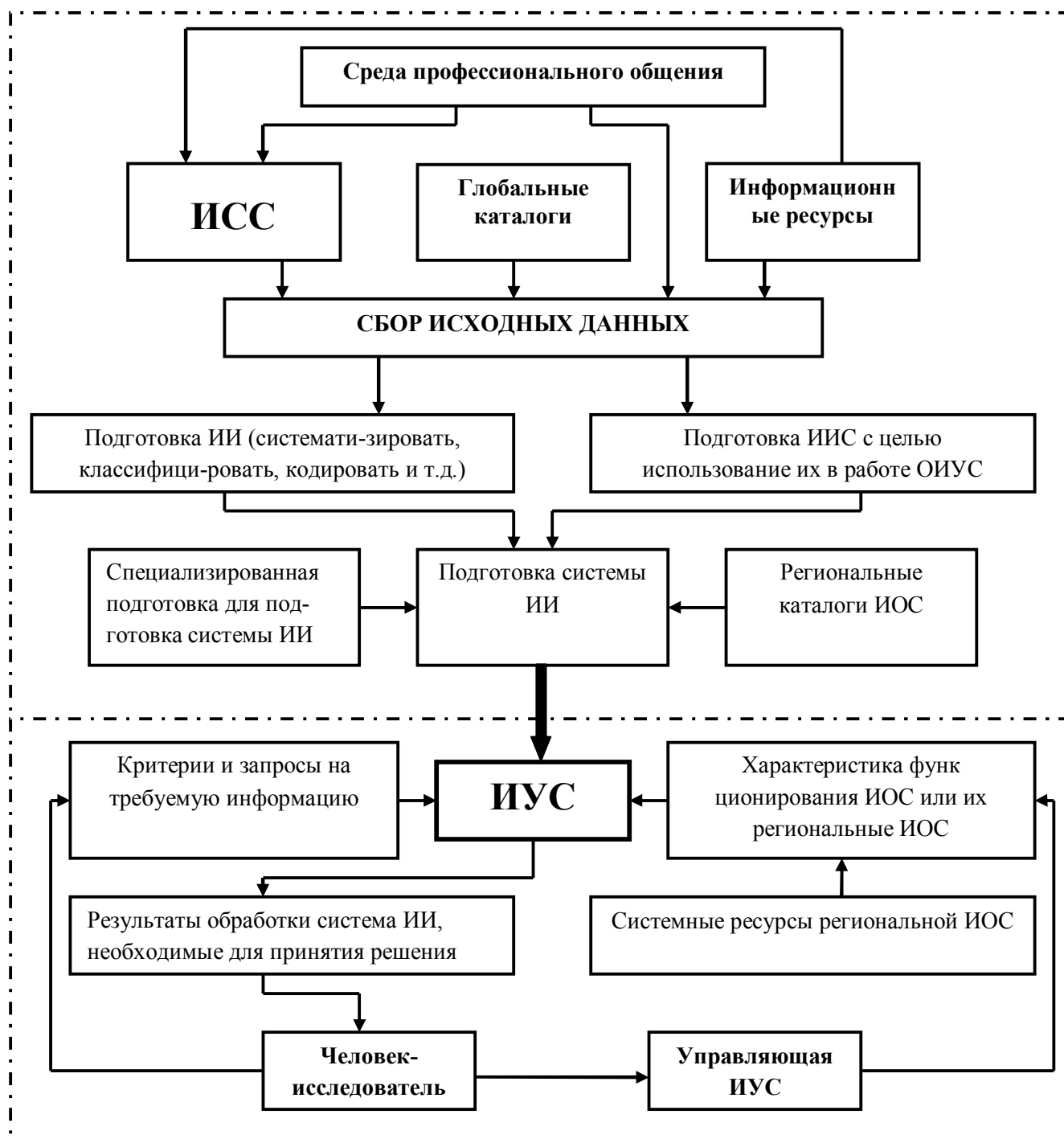


Рис. 1. Принципиальная схема функционирования

Большое значение имеет проблемная ориентация ОИУС, предназначенные для оптимального управления функционирования ИОС, предполагают небольшое количество входных и выходных данных и значительный объем вычислительных работ. Для таких ОИУС существенным параметром является множество операторов и время выполнения соответствующих арифметических и логических набор операций. По этому использование совместного рассмотрения первичной обработки и ввода вывода информации будет начальным этапом специализированные программных продукт



(система прикладных программ), так как начальные ресурсы ОИУС использовались совместно различными образовательными процессами. Внедрения специализированные программные продукты значительно расширяют функциональные возможности ОИУС при реализации основных их функций обработки образовательной информации, которые позволяют уменьшить время получения результатов.

Таким образом, вышеотмеченная методология ФСО ОИУС дает возможность оптимального управления функционированием ИОС и ее дальнейшего развития обеспечивается путем разработки системы с автоматизированной алгоритмизацией решаемой задачи.

Рецензент: **к.пед.н., доц. Безносюк О.О.**

## ПОРЯДОК ПОДАВАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ ДО "ЗБІРНИКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

"Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка" запланований до випуску чотири рази на рік. Його основне призначення висвітлення проблем розвитку технічних, економічних, юридичних і філологічних наук, результатів наукових досліджень, обмін передовим досвідом у науковій діяльності та підготовці наукових, науково-педагогічних і офіцерських кадрів.

Редакційна колегія просить звернути увагу авторів статей на Постанову ВАК України "Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України" за №7-05/1 від 15 січня 2003 р. Зокрема, на пункти 3" і 4 цієї Постанови:

Редакційним колегіям організувати належне рецензування та ретельний відбір статей до друку. Зобов'язати їх приймати до друку у виданнях, що виходитимуть у 2006 році та у подальші роки, лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка 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 (постановка завдання), виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Спеціалізованим вченим радам при прийомі до захисту дисертаційних робіт зарахувати статті, подані до друку, як фахові лише за умови дотримання вимог до них, викладених у п. 3 даної постанови ".

### Загальні вимоги до технічного оформлення статей

Для забезпечення високої якості матеріалів у збірнику наукових праць редколегія просить авторів при оформленні статей дотримуватись наведених далі рекомендацій.

Формат аркуша - **A4 (210 x 297 мм)**. Розмір полів: верхнє, нижнє, праве - **1,8 см**, лівє - **3 см**.

При написанні основного тексту статей українською, російською, англійською мовами необхідно використовувати шрифт – **Times New Roman №12** через **1,0 мм** інтервал. Абзац має становити **10 мм**.

Обсяг статті - не більше за **8 стор.**, анотації - не більше ніж **8 рядків**. Анотацію друкують курсивом, шрифт **Times New Roman, №11** Матеріали публікації обов'язково повинні займати повні сторінки (включаючи ілюстрації, список літератури та три анотації). Номер сторінки не проставляється У лівому верхньому куті аркуша проставляють індекс **УДК**, у правому верхньому куті на цьому ж рівні розміщують такі дані: науковий ступінь (наприклад, к.т.н., д.т.н., к.військ.н.), вчене звання (наприклад: проф., доц., с.н.с.), прізвище та ініціали авторів (один під другим). Після ініціалів кожного з авторів друкується в дужках скорочена назва установи, організації, де працює автор.

Назву статті друкують прописними літерами (стиль - **normal**, шрифт - **Times New Roman № 12**, без нахилу, жирний, без підкреслювань) по центру аркуша без переносів і відокремлюють від тексту одним порожнім рядком зверху та одним порожнім рядком знизу.

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 Cyr**, для решти стилів – шрифт **Symbol**, при цьому: строк. грецькі – прямі. Великі за розміром вирази та рівняння необхідно записувати у кілька рядків.

Після закінчення тексту через один інтервал подають список літератури з дотриманням вимог ВАК України. Цей список повинен починатися із заголовка ліворуч - ЛІТЕРАТУРА (шрифт – **Times New Roman № 11**). Далі, через один інтервал, вказується рецензент в наступному порядку: науковий ступінь (наприклад, к.т.н., д.т.н., к.військ.н.), вчене звання (наприклад: проф., доц, с.н.с), прізвище та ініціали рецензента.

На адресу редколегії (03680, м. Київ, проспект Глушкова 2, корп. 8, тел.: +38 (044) 521 - 33 - 82) мають бути надіслані наступні матеріали:

Копія статті, оформлена згідно із наведеними вимогами; електронний варіант статті у вигляді файлу формату **rtf** для **MS Word - 97** (або пізніша версія) на дискеті **3.5"** або на **CD (CD-RW)**; рецензія (з організації, де працює автор); експертний висновок, завірений печаткою, про можливість відкритого публікування; дані про авторів - прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи, адреса, контактний телефон, e-mail.

СТАТТІ, ЯКІ НЕ ЗАДОВОЛЬНЯЮТЬ БУДЬ-ЯКІЙ З ПЕРЕЛІЧЕНИХ ВИМОГ, ДО ВИДАННЯ НЕ ПРИЙМАЮТЬСЯ!

*Редакційна колегія звертається до авторів, що публікуються у збірнику, з пропозицією розміщувати наукові результати у повному чи скороченому вигляді, інформацію про проекти та розробки, обговорення дискусійних питань, в електронному вигляді з подальшим розміщенням в Інтернеті. Та залишає за собою право розміщувати в Інтернеті зміст та анотацію до статті на трьох мовах.*

Редакційна колегія: e-mail: [lenkov\\_s@ukr.net](mailto:lenkov_s@ukr.net)

Для нотаток

**Наукове видання**

**Збірник наукових праць  
Військового інституту  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка**

**2008 р.**

**Випуск №15**

Підписано до друку 07.11.08 р.  
Авт. друк. Арк.. 11,6 Формат 60x90/16  
Безкоштовно. Замовлення № 40/1

Надруковано у навчально-картографічному комплексі ВІКНУ  
03689, Київ, проспект Глушкова 2, корпус 8  
Телефон 239-04-28