

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ

**СУЧАСНА
СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА**

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 3(50), 2017

ВИДАЄТЬСЯ ЩОКВАРТАЛЬНО

ЗАСНОВНИК

Державний науково-дослідний інститут МВС України; Національний авіаційний університет; Національна академія внутрішніх справ

НАКАЗОМ

МОН України від 16.05.2016 № 515 науково-практичний журнал “Сучасна спеціальна техніка” включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук

ЗАРЕЄСТРОВАНО

Міністерством юстиції України 13 лютого 2015 року
Свідоцтво – серія КВ № 21221-11021Р

НАУКОВА РАДА:

БОГДАНОВ О.М., д.т.н., проф. (Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України); **ДОДОНОВ О.Г.**, д.т.н., проф. (Ін-т проблем реєстрації інформації НАН України); **ДУДИКЕВИЧ В.Б.**, д.т.н., проф. (НУ “Львівська політехніка”); **ЗАДІРАКА В.К.**, д.ф.-м.н., проф. (Ін-т кібернетики НАН України); **ПРОЦЕНКО Т.О.**, д.ю.н., проф. (ДНДІ)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор

РИБАЛЬСЬКИЙ О.В., д.т.н., проф. (ДНДІ)

Заступник головного редактора

ХОРОШКО В.О., д.т.н., проф. (ДНДІ)

Відповідальний секретар

МАРЧЕНКО О.С., к.т.н. (ДНДІ)

ЄРОХІН В.Ф., д.т.н., проф. (НТУ України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”); **ЖЕЛЕЗНЯК В.К.**, д.т.н., проф. (Полоцький держ. ун-т, Білорусь); **КАРПІНСЬКИЙ М.П.**, д.т.н., проф. (Тернопільський НТУ ім. Івана Пулюя); **КРИВОЛАПЧУК В.О.**, д.ю.н., проф. (ДНДІ); **КОБОЗЕВА А.А.**, д.т.н., проф. (Одеський НПУ); **КОНАХОВИЧ Г.Ф.**, д.т.н., проф. (НАУ); **КОРЧЕНКО О.Г.**, д.т.н., проф. (НАУ); **ЛЕНКОВ С.В.**, д.т.н., проф. (КНУ ім. Т. Шевченка); **МАКСИМОВИЧ В.М.**, д.т.н., проф. (НУ “Львівська політехніка”); **МОСОВ С.П.**, д.в.н., проф. (Укрпатент); **МОХОР В.В.**, д.т.н., проф. (Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України); **ОРЛОВ Ю.Ю.**, д.ю.н., с.н.с. (НАВС); **ЮДІН О.К.**, д.т.н., проф. (НАУ); **ЛОПАТІН С.І.**, к.ю.н., с.н.с. (ДНДІ); **ПИСАРЕНКО В.Г.**, к.т.н. (КНВО “Форт”); **САДЧЕНКО О.О.**, к.ю.н., доцент (НАВС); **СМЕРНИЦЬКИЙ Д.В.**, к.ю.н. (ДНДІ); **ЦИГАНОВ О.Г.**, к.т.н., доцент (ДНДІ).

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ДНДІ МВС України
(протокол від 31.10.2017 № 5)

За точність викладеного матеріалу відповідальність несуть автори статей та їх рецензенти.

*При передруку матеріалів посилання на науково-практичний журнал
“Сучасна спеціальна техніка” є обов’язковим*

© Державний науково-дослідний інститут МВС України, 2017

Київ 2017

MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS OF UKRAINE
STATE RESEARCH INSTITUTE

**MODERN
SPECIAL TECHNIQUE**

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

№ 3(50) 2017

ISSUED FOUR TIMES A YEAR

FOUNDER

State Research Institute MIA Ukraine; National Aviation University; National Academy of Internal Affairs

BY ORDER

No 515, dated 16.05.2016 included into the Ministry of Education and Science of Ukraine's law sciences special edition list

REGISTERED

by Ministry of Justice of Ukraine 13.02.2015.

State registration certificate series KB No 21221-11021 P

SCIENTIFIC COUNCIL

Bogdanov O.M., Doctor of Technical Sciences, professor, Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering; **Dodonov O.G.**, Doctor of Technical Sciences, Institute for Information Recording; **Dudikevich V.B.**, Doctor of Technical Sciences, Lviv Polytechnic National University; **Zadiraka V.K.**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine; **Protsenko T.O.**, Doctor of Juridical Sciences, professor, State Research Institute

EDITORIAL BOARD

Rybalsky O.V., Doctor of Technical Sciences, professor, State Research Institute (**Head**)

Horoshko V.O., Doctor of Technical Sciences, professor, State Research Institute (**Co-Head**)

Marchenko O.S., Candidate of Technical Sciences, State Research Institute (**Senior Secretary**)

Yerokhin V.F., Doctor of Technical Sciences (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"); **Zhelezniak V.K.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Polotsk State University, Belarus); **Karpinsky M.P.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Ternopil Ivan Pulu National Technical University); **Kryvolapchuk V.O.**, Doctor in Law, professor (State Research Institute); **Kobozieva A.A.**, Doctor of Technical Sciences (Odesa NPU); **Konakhovich G.F.**, Doctor of Technical Sciences, professor (NAU); **Korchenko O.G.**, Doctor of Technical Sciences (NAU); **Lienkov S.V.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Taras Shevchenko National University of Kyiv); **Maksymovich V.M.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Lviv Polytechnic National University); **Mosov S.P.**, Doctor of Military Sciences, professor (Ukrpatent), **Mokhor V.V.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering); **Orlov Y.Y.**, Doctor in Law, senior researcher (National Academy of Internal Affairs); **Yudin O.K.**, Doctor of Technical Sciences, professor (NAU); **Lopatin S.I.**, Ph.D in Law, senior researcher (State Research Institute); **Pisarenko V.G.**, Ph.D in Technical Science (State-Owned Science-Industrial Association "FORT" of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine); **Sadchenko O.O.**, Ph.D in Law, docent (National Academy of Internal Affairs); **Smernytsky D.V.**, Ph.D in Law (State Research Institute); **Tsyganov O.G.**, Candidate of Technical Science, docent (State Research Institute)

Recommended by State Research Institute's Scientific Council
(Record No 5 dated 31.10.2017)

For the accuracy of the posted material, it is necessary to bring an author reviewer

*When reprinting the materials, the reference to the scientific and practical journal
"Modern Special Technique" is obligatory*

© State Research Institute MIA Ukraine, 2017

Kyiv 2017

ЗМІСТ

СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Журавель В.В. Метод построения системы для выявления и локализации точек монтажа в фонограммах	6
Ленков Є.С., Толок І.В. Моделювання та оптимізація системи планових ремонтів складних об'єктів техніки високої відповідальності	11
Бабій Ю.О. Модель статистичної обробки оптичних сигналів при моніторингу рухомих об'єктів волоконно-оптичним засобом охорони кордону	17
Феньов Д.В. Напрямок ідентифікації мовних сигналів відповідно до поточних порядкових статистик спектрів	26
Кунах Н.І., Ткаленко О.М. Застосування технології rake як методу боротьби з багатопроменістю в системах мобільного зв'язку	34
Зибін С.В. Алгоритм ранжування альтернатив при інформаційно-аналітичній підтримці процесів формування системи інформаційної безпеки держави	42
Харина Ю.А. Автоматизована система документообігу та проблеми її впровадження	50

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Клименко А.В., Козакова І.В., Бакал М.А. Шляхи реалізації державної політики у сфері технічного регулювання в діяльності органу з оцінки відповідності Державного науково-дослідного інституту МВС України	56
Горецький О.В., Шапочка Т.І. Окремі аспекти технічного регулювання в Україні	61

КРИМІНАЛІСТИЧНА ТЕХНІКА ТА МЕТОДИКА

Лук'янчиков Б.Є., Лук'янчикова В.Є. Сучасні технічні засоби виявлення наркотичного сп'яніння	68
Неня О.В. Відмінності й особливості пристроїв нічного бачення та тепловізорів	75

ЗБРОЯ, СПЕЦАВТОТРАНСПОРТ, ОБМУНДИРУВАННЯ

Будзинський М.П., Ващук Н.Ф. Вивчення міжнародного досвіду та функціональних, ергономічних властивостей однострою кінної патрульної служби поліції України	87
Мовчан М.А., Осмак С.Г. Актуальні питання проведення удосконалення випробувань зразків стрілецького озброєння	97
Гришук Р.В., Гордієнко Ю.О., Аміров А.Р., Солопій І.А. Аналіз акустичних засобів виявлення пострілу зі стрілецької зброї та їх класифікація	103
Смерницький Д.В., Будзинський М.П., Диких О.В., Кисіль М.В., Гусак О.В., Приходько В.І. Аспекти проведення державних та визначально-відомчих випробувань спеціалізованих броньованих автомобілів	113

СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРОБКИ

Білогуров В.А. Порівняння основних характеристик хімічних джерел струму різних електрохімічних систем	124
--	-----

CONTENTS

SYSTEMS AND METHODS OF INFORMATION PROCESSING

Rybalsky O.V., Soloviev V.I., Zhuravel V.V. Method of Constructing a System for Detecting and Localizing of Mounting Points in Phonograms	6
Lienkov Y.S., Tolok I.V. Modeling and Optimization of the System of Planned Repairs of Complex Objects of High-Level Engineering	11
Babiy Y.O. Model of Statistical Processing of Optical Signals in the Monitoring of Moving Objects by Fiber-Optical Means of Border Guard	17
Feniou D.V. The Direction of Identification of Speech Signals according to the Current Ordinal Statistics of Spectra	26
Kunah N.I., Tkalenko O.M. An Application of Rake Technology as a Method for Controlling Multipath in Mobile Communication Systems	34
Zybin S.V. Algorithm for Ranking Alternatives in Information and Analytical Support of the Processes of the Formation of the System of Information Security of the State	42
Harina Y.A. An Automated System of Document Circulation and the Problems of its Introduction	50

INFORMATION AND NORMATIVE SUPPORT OF SCIENTIFIC ACTIVITIES

Klimenko A.V., Kozakova I.V., Bakal M.A. Implementation Pathways of the State Policy in the Sphere of Technical Regulation in the Activities of the Body of Conformance Evaluation of the State Research Institute MIA Ukraine	56
Goretsky O.V., Shapochka T.I. Several Aspects of Technical Regulation in Ukraine	61

CRIMINALISTIC TECHNICS AND METHODOLOGY

Lukianchikov B.Y., Lukianchikova V.Y. Modern Technical Tools of the Definition of Drug Intoxication	68
Nenia O.V. Distinctions and Peculiarities of the Night-Vision Devices and Thermal Imaging Units	75

WEAPON, SPECIAL TRANSPORT, UNIFORM

Budzinsky M.P., Vashchuk N.F. Study of International Experience and Functional, Ergonomical Characteristics of the Uniform for Patrol Police Officers on Horseback in Ukraine	87
Movchan M.A., Osmak S.G. The Issues of an Improvement of Testing the Samples of Small Arms	97
Grishchuk R.V., Gordiyenko Y.O., Amirov A.R., Solopiy I.A. An Analysis of Acoustic Means for the Detection of the Shots from the Small Arms and its Classification	103
Smernitsky D.V., Budzinsky M.P., Dykyh O.V., Kysil M.V., Gusak O.V., Prihodko V.I. The Aspects of Conducting the State and Determining Departmental Trials of Specialized Armored Vehicle	113

SPECIAL DEVELOPMENTS

Bilogurov V.A. The Comparison of Main Characteristics of Chemical Sources of Electrical Energy	124
---	-----

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

До друку приймаються статті, що відповідають вимогам ВАК і мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням наукових результатів; висновки і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

Рукопис статті подається в друкованому та електронному вигляді. На початку статті у лівому верхньому куті необхідно вказати індекс УДК. У правому куті зазначають повністю прізвище, ім'я та по батькові автора, його посаду, науковий ступінь, вчене звання, контактний телефон. Рукопис має бути підписаний та датований автором.

Обсяг статті – до 12 сторінок формату А4. Розміри полів: ліве – 30 мм, праве – 10 мм, верхнє та нижнє – 20 мм, до 30 рядків на сторінці.

Текст статті слід набирати за допомогою редактора Microsoft Word 7.0 або 8.0. Шрифт – Times New Roman, через інтервал 1,5, кегль – 14 пт.

Назва статті має бути короткою (5–9 слів), адекватно відображати її зміст, відповідати суті досліджуваної наукової проблеми. При цьому слід уникати назв, що починаються зі слів: “Дослідження питання...”, “Деякі питання...”, “Проблеми...”, “Шляхи...”, в яких не відбито достатньою мірою суть проблеми.

Анотації та ключові слова (українською, російською та англійською мовами) набирати курсивом. Виклад матеріалу в анотації має бути стислим і точним (до 40 слів). Слід застосовувати синтаксичні конструкції безособового речення, наприклад: “Досліджено...”, “Розглянуто...”, “Установлено...” (наприклад, “Досліджено генетичні мінливості...”, “Отримано задовільні результати...”)

Цитати подавати мовою публікації й обов'язково супроводжувати їх посиланнями на джерело і конкретну сторінку. Автор статті відповідає за точність цитованого в рукописі тексту.

На всі рисунки й таблиці слід давати посилання в тексті. Рисунки мають супроводжуватися підрисунковими підписами, а таблиці повинні мати заголовки.

Рисунки (фото) слід подавати в програмах Adobe Illustrator або Photoshop і виконувати у векторній графіці. Їх розмір треба узгодити з форматом видання і подати до редакції у вигляді окремих файлів. У назвах файлів використовуйте латинські літери або цифри, що відповідають нумерації рисунків згідно з порядком їх відтворення у виданні.

Формули, якщо це можливо, слід набирати у режимі набору тексту з використанням команд “верхній і нижній індекси, вставка символу”, при цьому всі математичні знаки відділяються інтервалом, наприклад: $a_2 + b_2 = c$. Складні формули потрібно набирати за допомогою додатка Microsoft Equation 3.0 (формульний редактор).

Автори мають дотримуватися правильної галузевої термінології (див. держстандарт).

Терміни по всій роботі мають бути уніфікованими.

Між цифрами й назвами одиниць (грошових, метричних тощо) ставити нерозривний пробіл.

Скорочення грошових одиниць (грн), а також скорочення млн, млрд, метричні (т, ц, м, км тощо) писати без крапки.

Якщо в тесті є абрєвіатури, їх слід подавати в дужках при першому згадуванні.

Варто гранично обмежити кількість виділень в тексті (курсив, напівжирний тощо).

Посилання в тексті подавати лише в квадратних дужках, наприклад [1], [1, с. 6]. Література, що наводиться наприкінці публікації у “Списку використаних джерел” повинна розташовуватися в порядку її згадування в тексті статті й бути оформленою відповідно до державного стандарту України ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 (з прикладами оформлення найуживаніших джерел можна ознайомитись у Бюлетені ВАК України № 5, 2009 або за електронною адресою http://www.mdau.mk.ua/vestnik/requirements_adds.doc).

До статті необхідно додати відповідно оформлений витяг з протоколу засідання наукового (науково-педагогічного) підрозділу (установи) про рекомендацію до друку, дві завірені рецензії (вимога не поширюється на докторів наук), а також акт експертної комісії з надання грифу обмеження (за потреби) про можливість відкритого опублікування.

Редакція має право робити скорочення й редакційні зміни.

У разі недодержання зазначених правил підготовки рукопису редакція залишає за собою право не розглядати його. Рукописи редакцією не повертаються.

СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 621.3

О.В. Рыбальский,

д.т.н., проф. (ГНИИ МВД Украины),

В.И. Соловьев,

к.т.н., доц. (Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля),

В.В. Журавель, к.т.н. (ГНИЭКЦ МВД Украины)

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ТОЧЕК МОНТАЖА В ФОНОГРАММАХ

Рассмотрены некоторые направления создания систем для выявления и локализации мест монтажа в цифровых и аналоговых фонограммах, предназначенных для проведения экспертизы материалов звукозаписи. Предложен метод построения таких систем, основанный на выделении из фонограмм сигналов пауз и проверки однородности их статистических характеристик. Показано, что метод требует экспериментальной проверки.

Ключевые слова: дисперсионный анализ, звукозапись, математическое ожидание, однородность, спектральная плотность, экспертиза.

Розглянуті деякі напрями створення систем для виявлення та локалізації місць монтажу в цифрових й аналогових фонограмах, призначених для проведення експертизи матеріалів звукозапису. Запропоновано метод побудови таких систем, заснований на виділенні з фонограм сигналів пауз і перевірки однорідності їх статистичних характеристик. Показано, що метод вимагає експериментальної перевірки.

Ключові слова: дисперсійний аналіз, звукозапис, математичне сподівання, однорідність, спектральна густина, експертиза.

Some directions of creation of the systems are considered for an exposure and localization of places of editing in the digital and analog phonograms intended for examining materials of the audio recording. The method of construction of such systems, based on a selection from the phonograms of signals of pauses and verification of homogeneity of their statistical descriptions, is offered. It is shown that a method requires experimental verification.

Keywords: analysis of variance, audio recording, expected value, homogeneity, spectral closeness, examination.

Вступление

Для обеспечения всего объема экспертных исследований материалов и аппаратуры аналоговой и цифровой звукозаписи необходимо разработать комплекс инструментальных средств экспертизы (ИСЭ), необходимых для ее проведения. Решение этой проблемы требует создания ИСЭ, обеспечивающих решение отдельных экспертных задач, а именно:

– задачу идентификация аппаратуры цифровой звукозаписи (АЦЗЗ) и аналоговой аппаратуры магнитной записи (ААМЗ), что, в свою очередь, обеспечивает определение оригинальности цифровых и аналоговых фонограмм (ЦФ и АФ соответственно);

– задачу установления факта отсутствия или наличия следов монтажа в ЦФ и АФ, и, в случае обнаружения таких следов, установления мест монтажа в исследуемых фонограммах;

– задачу идентификации личности по физическим параметрам сигналов ее речи.

Разработанный нами фрактальный подход к созданию системы ИСЭ материалов и аппаратуры звукозаписи обеспечил создание экспертной методики и программного средства “Фрактал”, что обеспечило идентификацию АЦЗЗ и ААМЗ и определение оригинальности АФ и ЦФ соответственно [1].

Теоретическое обоснование такого подхода изложено нами в ряде работ, в частности, в работах, включенных в сборник [2].

Создание на основе этого подхода ИСЭ, предназначенных для решения оставшихся задач, потребовало дальнейшего развития теоретических и экспериментальных исследований.

В этой статье мы рассматриваем аспекты разработки ИСЭ, предназначенных для выявления наличия и установления мест следов монтажа в ЦФ. Известно, что компьютерный монтаж может быть произведен двумя основными способами. Один из них – компиляция требуемого содержания из ЦФ, записанных на разной АЦЗЗ. Второй способ – компиляция требуемого содержания из ЦФ, записанных на одной АЦЗЗ. Выявление монтажа, выполненного вторым способом (например, методом вырезания и перестановки фрагментов) наиболее сложно из-за одинаковости характеристик АЦЗЗ, на которой записывались монтируемые фонограммы [3]. Отметим, что случай синтеза речи для получения требуемой ЦФ в этой статье не рассматривается.

Ранее нами теоретически и экспериментально было установлено, что проведение компьютерного монтажа, выполненного методом вырезания и перестановки фрагментов, обязательно приводит к изменению спектрального состава монтируемых участков. При этом сами фрагменты вырезаются и вставляются в паузах между речевыми сигналами [3; 4]. Вместе с тем, устойчивых идентификационных признаков, обеспечивающих создание автоматизированных систем выявления следов и мест такого монтажа в фонограммах, до настоящего времени найдено не было [4]. Это поясняется случайным характером изменений спектрального состава сигналов, возникающих при таком монтаже. Следствием этого является невозможность сопоставления образца с исследуемой фонограммой и, следовательно, применение методов, основанных на сравнении исследуемой и образцовой фонограмм. Поэтому следует рассмотреть другие возможности выявления устойчивых идентификационных признаков следов монтажа, что и является целью этой статьи.

Основная часть

Предположим, что монтаж производится в звуковом редакторе способом вырезания и перестановки фрагментов. При этом вырезанный фрагмент может быть вставлен в требуемое место фонограммы. Разумеется, что вырезается и

вставляется фрагмент, начинающийся и заканчивающийся паузой в речевом сигнале. Естественно, что исполнитель монтажа воспользуется редактором для устранения нестыковок между “сшиваемыми” фрагментами сигналов при их представлении во временной области. Этим будут устранены скачки в амплитудах стыкуемых сигналов шума в паузах. Точность устранения таких нестыковок определяется периодом дискретизации. Но будут ли устранены скачки в фазовых характеристиках сигналов в месте стыковки фрагментов при вырезке и вставке фрагментов, т.е. в точках монтажа? Если такие скачки будут наблюдаться, то они вполне могут быть приняты в качестве идентификационных признаков следов монтажа с определением мест вырезания и вставки фрагментов. Ответ на этот вопрос мог быть получен экспериментально на модели монтажа на гармонических сигналах. Для этого была разработана программа, формирующая маркерные импульсы при переходе сигнала через нуль. Результат проведенного эксперимента показал наличие маркерных импульсов, совпадающих с переходом сигнала через нуль во временной области (см. рис. 1). Однако в точке состыковки сигнала (разрыва фазы) такой импульс в фазовой плоскости отсутствует.

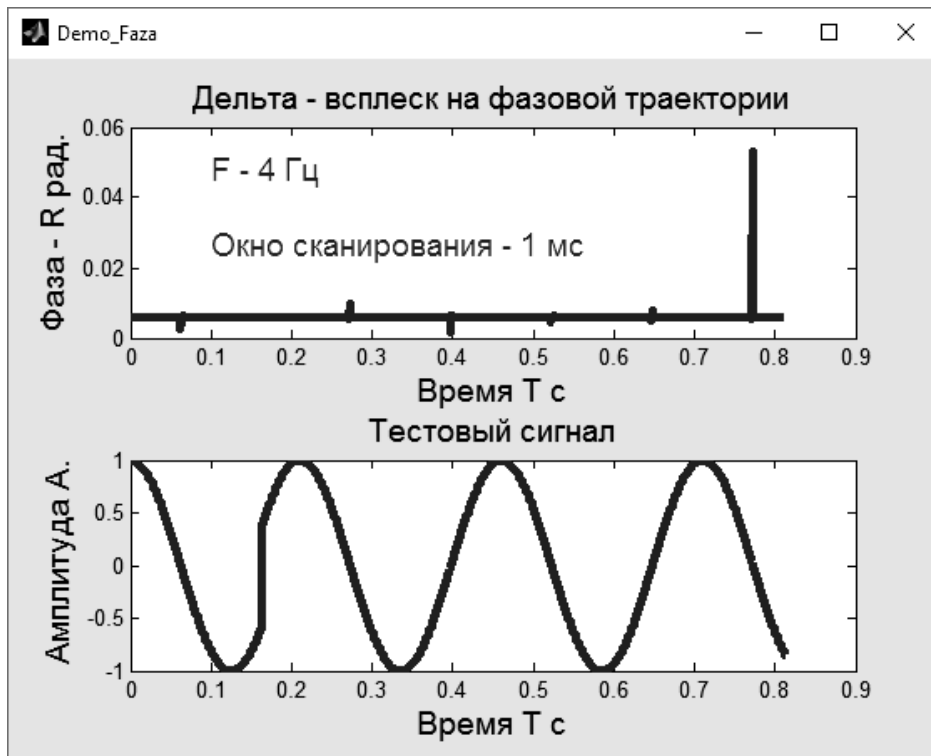


Рис. 1. Маркерные импульсы на фазовой плоскости при переходе гармонического сигнала через нуль

Но можно ли использовать это явление для создания требуемой программы? Из рассмотрения этого явления на реальных звуковых сигналах (см. рис. 2) можно предположить, что ее создание вызовет ряд сложностей, обусловленных случайным характером этого сигнала.

Мы полагаем, что перспективнее строить систему выявления точек монтажа, основанную на изменениях спектра сигналов в паузах, возникающих при монтаже методом вырезания и вставки фрагмента. Такая система может быть построена

на принципе проверки однородности спектра сигналов пауз, выделяемых из исследуемой фонограммы. При этом нарушения однородности могут быть вычислены по различиям статистических характеристик сигналов пауз, например, по различиям статистических характеристик, получаемых из спектральных плотностей сигналов пауз.

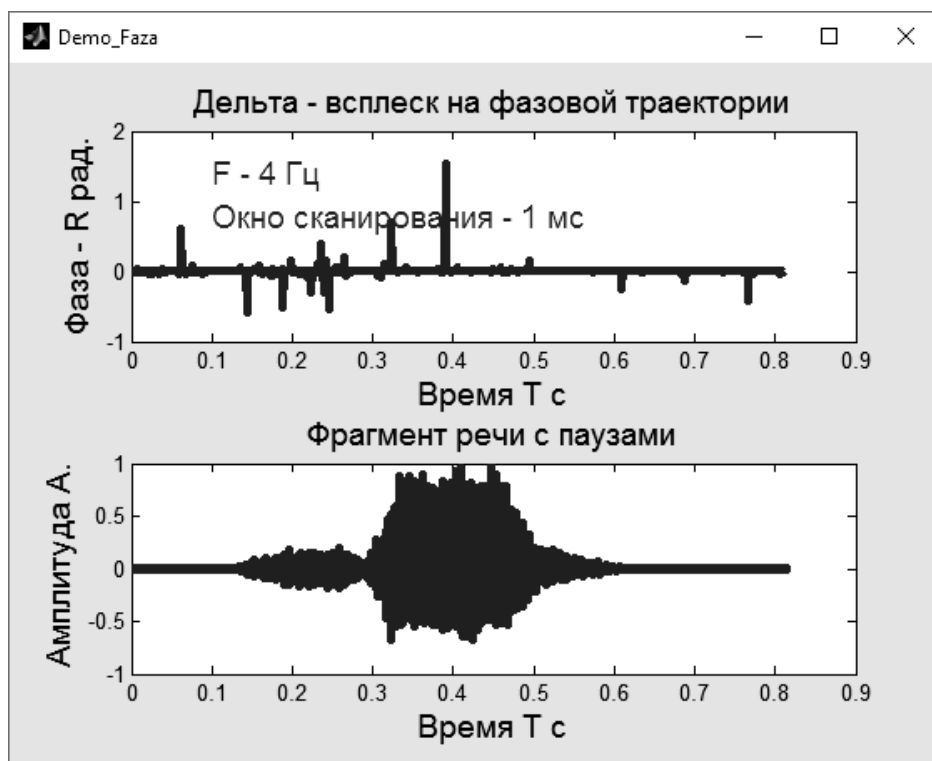


Рис. 2. Речевой сигнал и импульсы нуль-пересечения

При построении системы мы предлагаем использовать следующий алгоритм:

1. По длительности фонограммы производится ее сегментация на участки речевого сигнала и пауз. Для этого может использоваться алгоритм на основе меры Хаусдорфа, предложенный нами в работе [5; 6];

2. Для каждой паузы рассчитывается оценочное значение нормированной спектральной плотности для случайного процесса шума паузы;

3. Для каждого из полученных значений нормированной спектральной плотности рассчитываются характеристики, определяющие ее параметры, например, математическое ожидание и дисперсия. Такой подход корректен, поскольку нормированная спектральная плотность в частотной области является аналогом плотности вероятности случайного процесса во временной области [7]. Рассчитанные характеристики сигналов пауз являются совокупностью случайных величин, поскольку они получены из оценочных значений спектральной плотности для каждой паузы;

4. Проверяется однородность полученных характеристик по всей длительности фонограммы, например, методом дисперсионного анализа. Определяются паузы с характеристиками, отклоняющимися от общего ряда параметров, соответствующих принадлежности к одной совокупности случайных величин. Эти отклонения рассматриваются как точки монтажа.

Применение расчета нормированных спектральных плотностей для сигналов, выделяемых из каждой паузы, обусловлено тем, что, как было установлено экспериментально, в случае монтажа происходит расширение полосы спектра этих сигналов [4]. А это, в свою очередь, приводит к изменению характеристик случайных процессов, составляющих шум пауз.

Следует отметить, что предложенный метод не требует проведения сравнительных исследований с образцовыми фонограммами, записанными на аппаратуре, представленной на экспертизу. Это открывает широкие возможности экспертного выявления цифровых подделок фонограмм.

Разумеется, что для проверки предложенного метода необходимо создать специализированное программное обеспечение, позволяющее произвести его экспериментальную проверку и определить достоверность полученных результатов.

Такая проверка позволит установить пригодность для проведения экспертизы как ЦФ, так и АФ, и технические характеристики системы, например, величину ошибок I и II рода, поскольку полученные решения будут носить вероятностный характер. Кроме того, такое программное обеспечение позволит отработать методику проведения экспертизы.

Выводы

1. Предложен метод построения системы выявления и локализации мест цифрового монтажа в фонограммах.

2. Для экспериментальной проверки метода необходимо создать специализированное программное обеспечение, позволяющее определить его пригодность для проведения экспертизы материалов аналоговой и цифровой звукозаписи и отработать методику проведения такой экспертизы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Журавель В.В. Методология построения системы экспертной проверки цифровых фонограмм и идентификации аппаратуры цифровой звукозаписи с применением программы "Фрактал". Информатика та математичні методи в моделюванні. 2016. Т. 6. № 2. 105–115.

2. Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Журавель В.В. Новые инструментальные средства экспертизы аутентичности фонограмм. Сборник статей. LAP Lambert, Academic Publishing. Saarbrücken, Deutschland. 2017. 68 s.

3. Рыбальский О.В., В.И. Соловьев, В.В. Журавель. Следы монтажа в цифровых фонограммах, выполненного способом вырезания и перестановки фрагментов. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2016. Т. 18. № 1. С. 32–41.

4. Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Журавель В.В. Экспериментальная проверка эффекта изменения фрактального состава сигналов при монтаже фонограммы способом вырезания и перестановки фрагментов. Сучасна спеціальна техніка. 2016. № 3. С. 75–85.

5. Соловьев В.И. Идентификация аппаратуры аудиозаписи по статистическим характеристикам аудиофайлов. Реєстрація, зберігання і обробка даних. Т. 14, 2013. № 1. С. 59–70.

6. Рыбальский О.В., Журавель В.В., Соловьев В.И., Тимошенко Л.Н. Статистическая обработка самоподобных структур, выделенных из шумов фонограмм, при определении идентичности аппаратуры цифровой звукозаписи. Электротехнические и компьютерные системы. 2016. № 22 (98). С. 413–417.

7. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. 624 с.

Отримано 18.09.2017

Рецензент Хорошко В.О., д.т.н., проф.

УДК 621.396

Є.С. Ленков,

к.т.н. (Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації),

І.В. Толлок,

к.пед.н. (Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка)

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПЛАНОВИХ РЕМОНТІВ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТЕХНІКИ ВИСОКОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ

Технічний ресурс є однією з найважливіших характеристик складних об'єктів техніки, тому процес технічного обслуговування і ремонту повинен включати в себе складову, яка забезпечуватиме оптимальне періодичне та своєчасне поповнення ресурсу. Оптимізація зазвичай стосується двох основних параметрів: параметру потоку відмов та питомої вартості витрат як функції часу, параметрів ремонт-придатності та узагальнених параметрів процесів планових ремонтів. Зазначена проблема аналітичними методами не розв'язується, тому що для функції потоку відмов майже неможливо визначити аналітичний вираз та через складність визначення структури оптимізуючого параметра. У статті пропонується зазначену проблему розв'язувати протягом двох емпіричних етапів.

На першому етапі формується безліч умовно оптимальних рішень, що одержані при фіксованих значеннях відсотка заміни елементів.

На другому етапі серед множини отриманих умовно оптимальних рішень вибирається єдине оптимальне рішення, при цьому складність полягає в тому, що функція питомої вартості витрат є не гладкою по параметру заміни елементів та може мати не яскраво виражені локальні мінімуми, що не дозволяє повністю автоматизувати другий етап розв'язання задачі. Тому на другому етапі залучається людина-експерт.

Ключові слова: *технічний ресурс, складні об'єкти техніки, оптимізація, потік відмов, вартість витрат.*

Технический ресурс является одной из важнейших характеристик сложных объектов техники, поэтому процесс технического обслуживания и ремонта должен включать в себя составляющую, которая обеспечит оптимальное периодическое и своевременное пополнение ресурса. Оптимизация обычно касается двух основных параметров: параметра потока отказов и удельной стоимости расходов как функции времени, параметров ремонтпригодности и обобщенных параметров процессов плановых ремонтов. Указанная проблема аналитическими методами не решается, потому что для функции потока отказов почти невозможно определить аналитическое выражение и из-за сложности определения структуры оптимизирующего параметра. В статье предлагается указанную проблему решать в два эмпирических этапа.

На первом этапе формируется множество условно оптимальных решений, полученных при фиксированных значениях процента замены элементов. На втором этапе среди множества полученных условно оптимальных решений выбирается единственное оптимальное решение, при этом сложность заключается в том,

что функция удельной стоимости расходов является не гладкой по параметру замены элементов и может иметь ярко выраженные локальные минимумы, что не позволяет полностью автоматизировать второй этап решения задачи. Поэтому на втором этапе привлекается человек-эксперт.

Ключевые слова: технический ресурс, сложные объекты техники, оптимизация, поток отказов, стоимость затрат.

Technical resource is one of the most important characteristics of complex engineering objects, therefore the process of maintenance and repair should include a component that will ensure the optimal periodic and timely replenishment of the resource. Optimization usually involves two main parameters: the failure flow parameter and the unit cost of costs as a function of time, maintainability parameters, and generalized parameters of scheduled maintenance processes. This problem is solved by analytical methods, because it is almost impossible for the fail-flow function to define an analytic expression and, because of the complexity of determining the structure of the optimizing parameter. Paper proposes to solve this problem in two empirical stages.

At the first stage, a lot of conditionally optimal solutions are formed, obtained for fixed values of percent replacement of elements. At the second stage, among the set of obtained conditionally optimal solutions, the only optimal solution is chosen, and the difficulty lies in the fact that the function of unit cost of expenses is not smooth in terms of the element replacement parameter and can have pronounced local minima, which does not fully automate the second stage of the solution tasks. Therefore, at the second stage, an expert is involved.

Keywords: technical resource, complex engineering objects, optimization, failure flow, cost of costs.

Вступ та постановка задачі. Ресурс є однією з найважливіших характеристик складних об'єктів техніки (СОТ), тому процес технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) повинен включати в себе складову, яка забезпечуватиме періодичне та своєчасне поповнення ресурсу [1]. Відповідно до [2] ресурс будь-якого СОТ – це “сумарний наробіток з початку експлуатації чи відновлення після ремонту до переходу у граничний стан”. Граничний стан (ГС) це “стан СОТ, при якому подальша експлуатація його неприпустима або недоцільна, або відновлення його працездатності неможливе чи недоцільне”. Ці визначення однаково належать як до відновлювальних, так і до не відновлювальних об'єктів.

На сьогодні достатньо повною мірою розкриті питання розробки моделей та методик оптимізації системи планових ремонтів СОТ, у тому числі за нашою участю [3–8].

Основна частина.

Стаття присвячена продовженню розв'язання поставленої задачі для СОТ перш за все високої відповідальності.

Для СОТ високої відповідальності, зазвичай, застосовується аперіодична або змішана стратегія планових ремонтів (ПР) [1]. З огляду на це, постановка задачі оптимізації системи ПР визначається виразами:

$$\Omega(t/\mathbf{B}, \mathbf{P}^{\text{opt}}) \leq \Omega^{\text{TP}} ; t \in [0, T_3]; \quad (1)$$

$$c_{\text{уд}}(T_e, \mathbf{B}, \mathbf{P}^{\text{opt}}) = \min_{\{\mathbf{P}\}} c_{\text{уд}}(T_e, \mathbf{B}, \mathbf{P}), \quad (2)$$

де Ω – параметр потоку відмов;

B – параметр ремонтпридатності;

\mathbf{P}^{opt} – оптимальне значення узагальненого параметра процесу ПР \mathbf{P} ;

C – питома вартість витрат;

T_e – час експлуатації.

Параметр \mathbf{P} визначається множиною:

$$\mathbf{P} = \{t_{pk}, \mathbf{p}_k; k = \overline{0, N_p}\}, \quad (3)$$

За рахунок того, що $t_{pk} = t_{p(k-1)} + R_{pk}$, замість (3) можна використати більш компактний вираз:

$$\mathbf{P} = \{\mathbf{p}_k; k = \overline{1, N_p}\} = \{\langle P_{pk}, R_{pk} \rangle; k = \overline{1, N_p}\}, \quad (4)$$

де P_{pk} – відсоток заміни елементів при виконанні k -го ПР;

R_{pk} – міжремонтний ресурс між $(k-1)$ -м та k -м ремонтами.

Відповідно до цієї постановки вимога до рівня безвідмовності СОР задається обмеженням на так зване миттєве значення показника безвідмовності в довільний момент часу t на заданому інтервалі експлуатації $[0, T_s]$. Саме це визначає завдання (1, 2) як завдання, що належать до об'єктів СОР перш за все високої відповідальності.

На наш погляд, така задача не може бути вирішена аналітичними методами. По-перше, тому що для функції $\Omega(t/\dots)$ майже неможливо визначити аналітичний вираз, тобто функцію можна отримати тільки в результаті моделювання. По-друге, через складність визначення структури оптимізуемого параметра \mathbf{P} . Тобто процеси виконання ПР в загальному випадку можуть мати особисті значення параметрів. Тому рішення \mathbf{P}^{opt} становить велику кількість (послідовність) взаємопов'язаних елементарних рішень $\{\mathbf{p}_k^{\text{opt}} = \langle P_{pk}^{\text{opt}}, R_{pk}^{\text{opt}} \rangle\}$. Всі ці складності унеможливають точне аналітичне розв'язання задач (1 та 2) і змушують шукати шляхи отримання наближеного рішення, по можливості, близького до оптимального.

Пропонуємо зазначені завдання розв'язувати у два етапи.

Етап 1. Формується безліч умовно оптимальних рішень $\{\mathbf{p}^*\}$, одержуваних при фіксованих значеннях відсотка заміни елементів P_p . Умовно оптимальне рішення це множина

$$\mathbf{P}^* = \{\mathbf{p}_k^*, k = \overline{1, N_p^*}\}, \quad (5)$$

в якому $\mathbf{p}_k^* = \langle P_p^*, R_{pk}^* \rangle$, где $P_p^* = \text{const}$.

Умовно оптимальне рішення \mathbf{P}^* формується на основі критерію забезпечення необхідного значення параметра потоку відмов Ω^{TP} та формально не зв'язується з вимогою мінімізації питомої вартості експлуатації $c_{\text{уд}}$. Ця процедура формування умовно оптимального рішення \mathbf{P}^* заснована на припущенні про те, що функція $\Omega(t/\dots)$ є монотонною і не убуває по t . Процедура на кожному k -м кроці формує елементарне рішення \mathbf{p}_k^* з урахуванням рішень, що прийняті в попередніх кроках.

На першому кроці визначається ресурс до першого ПР з умови:

$$R_{p1}^* = \max t : \Omega(t / \mathbf{B}, \emptyset) \leq \Omega^{\text{TP}}; \quad t \in [0, T_3],$$

де $\Omega(t / \mathbf{B}, \emptyset)$ – функція параметра потоку відмов за умови, що ніякі ПР на інтервалі $[0, t]$ не проводяться.

Після першого кроку формується елементарне рішення $\mathbf{p}_1^* = \langle P_p', R_{p1}^* \rangle$.

На другому кроці визначається міжремонтний ресурс до 2-го ПР за умови, що перший ПР вже виконано. Його величина R_{p2}^* визначається із умови:

$$R_{p2}^* = \max t : \Omega(t / \mathbf{B}, \{\mathbf{p}_1^*\}) \leq \Omega^{\text{TP}}; \quad t \in (t_{p1}, T_3], \quad (6)$$

де $\Omega(t / \mathbf{B}, \{\mathbf{p}_1^*\})$ – функція параметра потоку відмов, яка отримана за умови, що виконано перший ПР з параметрами \mathbf{p}_1^* ;

t_{p1} – час (сумарне напрацювання) проведення першого ПР ($t_{p1} = R_{p1}^*$).

Після другого кроку виходить елементарне рішення $\mathbf{p}_2^* = \langle P_p', R_{p2}^* \rangle$.

На k -м кроці визначається міжремонтний ресурс між $(k-1)$ -м та k -м ремонтами R_{pk}^* при умові, що вже виконані всі $k-1$ ремонтів в моменти часу t_{p1}, \dots, t_{pk-1} .

Нехтуючи тривалістю ПР, приймаємо, що $t_{pk} = \sum_{i=1}^k R_{pi}^*$.

Величина R_{pk}^* визначається за умови:

$$R_{pk}^* = \max t : \Omega(t / \mathbf{B}, \{\mathbf{p}_1^*, \mathbf{p}_2^*, \dots, \mathbf{p}_{k-1}^*\}) \leq \Omega^{\text{TP}}; \quad t \in (t_{pk-1}, T_3],$$

де $\Omega(t / \mathbf{B}, \{\mathbf{p}_1^*, \mathbf{p}_2^*, \dots, \mathbf{p}_{k-1}^*\})$ – функція параметра потоку відмов, отримана за умови, що виконані всі $k-1$ ПР з параметрами $\mathbf{p}_1^*, \dots, \mathbf{p}_{k-1}^*$;

t_{pk-1} – час проведення $(k-1)$ -го ПР.

Після виконання k -го кроку виходить рішення $\mathbf{p}_k^* = \langle P_p', R_{pk}^* \rangle$.

Умовне оптимальне рішення \mathbf{P}^* формується шляхом додавання в нього на кожному кроці чергового отриманого елементарного рішення \mathbf{p}_k^* :

$$\mathbf{P}^* := \mathbf{P} \cup \{\mathbf{p}_k^*\}.$$

Розглянутий процес покрокового формування умовно оптимального рішення проілюстровано на рис. 1.

Процес формування рішення \mathbf{P}^* триває до тих пір, поки не виявиться, що на певному етапі час проведення чергового ремонту t_{pk} виходить за межі заданого інтервалу експлуатації $[0, T_3]$. Як умовно оптимальної кількості ПР N_p^* приймається число виконаних кроків k .

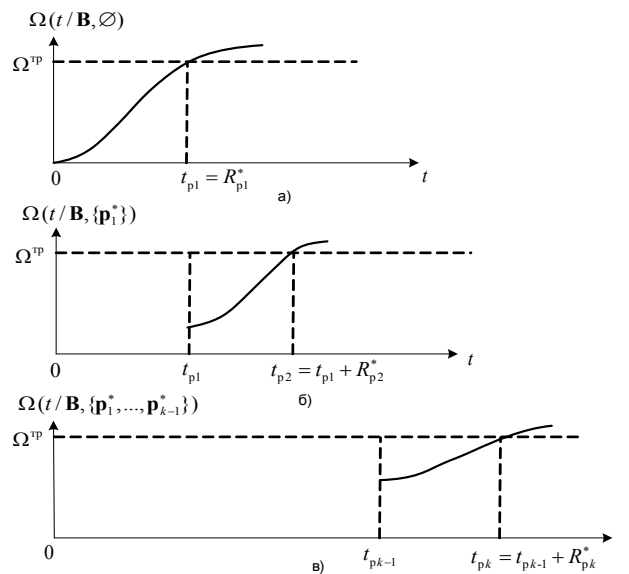


Рис. 1. Опис процедури формування умовно оптимального рішення

Для кожного умовно оптимального рішення \mathbf{P}^* обчислюється питома вартість експлуатації $c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^*)$.

Розглянутим способом на першому етапі формується безліч умовно оптимальних рішень $\{\mathbf{P}^*\}$, що відповідають заданим значенням відсотка заміни елементів P'_p з безлічі $\{P_p\}$. Тут кожному значенню $P'_p \in \{P_p\}$ відповідає єдине умовно оптимальне рішення $\mathbf{P}^* \in \{\mathbf{P}^*\}$.

Етап 2. Серед множини отриманих умовно оптимальних рішень вибирається єдине рішення \mathbf{P}^{opt} , що задовольняє умові:

$$c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^{opt}) = \min_{\{\mathbf{P}^*\}} c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^*) . \quad (7)$$

Складність полягає в тому, що функція $c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^*)$ є не гладкою по параметру P'_p та може мати не яскраво виражені локальні мінімуми. Саме тому повністю автоматизувати другий етап рішення задачі неможливо. Тому на другому етапі для визначення оптимального значення P_p^{opt} і відповідного йому оптимального рішення \mathbf{P}^{opt} залучається людина-експерт. Для цього розроблені алгоритми і програмне забезпечення, які дозволяють візуалізувати залежність $c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^*)$ по параметру P'_p . Після цього на основі візуального аналізу залежності $c_{уд}(P'_p)$ експерт зможе прийняти остаточне рішення щодо вибору оптимального значення P_p^{opt} , відповідного мінімуму функції $c_{уд}(P'_p)$:

$$c_{уд}(P_p^{opt}) = \min_{\{P'_p\}} c_{уд}(P'_p) .$$

Після цього як рішення поставленої задачі \mathbf{P}^{opt} приймається умовно оптимальне рішення \mathbf{P}^* , що отримується при $P'_p = P_p^{opt}$.

Розглянуті два етапи – це своєрідне теоретичне обґрунтування запропонованої методики рішення поставленої задачі. Усі необхідні при цьому розрахунки програмно реалізовані.

Для практичного рішення цих задач необхідно:

1. Створити бази даних для конкретних СОТ та ввести до них всю необхідну інформацію.

2. Задати діапазон варіювання відсотка заміни елементів $[P'_{p \min}, P'_{p \max}]$ та провести розрахунки в режимі Пошук оптимальної системи ПР (СОТ високої відповідальності). У результаті буде виконано один сеанс моделювання і на екран монітора ПК буде виведений графік однієї реалізації залежно $c_{уд}^*(P'_p)$ для $P'_p \in [P'_{p \min}, P'_{p \max}]$.

Рекомендується виконати кілька сеансів моделювання для отримання стійкого рішення задачі. Необхідна кількість сеансів визначається експертом після досягнення стійкого положення мінімуму функції $c_{уд}^*(P'_p)$.

3. На основі візуального аналізу функції $\bar{c}_{уд}^*(P'_p)$ визначити оптимальне значення P_p^{opt} , при якому досягається мінімум функції $\bar{c}_{уд}^*(P'_p)$:

$$P_p^{opt} : \bar{c}_{уд}^*(P_p^{opt}) = \min_{\forall P'_p} \bar{c}_{уд}^*(P'_p).$$

4. Визначити відповідне до оптимального значення P_p^{opt} умовно оптимальне рішення \mathbf{P}^* та прийняти його як оптимальне рішення \mathbf{P}^{opt} , що є вирішенням завдання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прогнозування надійності складних об'єктів радіоелектронної техніки та оптимізація параметрів їх експлуатації імітаційних статистичних моделей: монографія. / [С.В. Ленков, К.Ф. Боряк, Г.В. Банзак, В.О. Браун]: під ред. С.В. Ленкова. – Одеса: Вид-во “ВМВ”, 2014. 248 с.

2. Банзак Г.В., Боряк К.Ф., Ленков Є.С. и др. Моделирование процесса технического обслуживания “по состоянию” сложного восстанавливаемого объекта РЭТ. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2010. № 29. С. 4–9.

3. Ленков Є.С., Жиров Г.Б., Бондаренко Т.В. Формализованная математическая модель процесса адаптивного технического обслуживания по состоянию сложной радиоэлектронной техники. Информатика та математичні методи в моделюванні. 2016. Т. 6. № 4. С. 365–371.

4. Ленков С.В., Ленков Є.С. Формалізована методика оптимізації параметрів стратегії технічного обслуговування за ресурсом складних виробів тривалої експлуатації. Сучасна спеціальна техніка. 2016. № 4(47). С. 3–8.

5. Lenkov S., Zhyrov G., Zaytsev D. and others, 2017. Features of Modelling Failures of Recoverable Complex Technical Objects with a Hierarchical Constructive Structure. Eastern-European Magazine of Advanced Technologies. № 4/4(88). 34–42.

6. Ленков Є.С. Узагальнена математична модель процесу технічного обслуговування і ремонту складної техніки. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2017. № 2. С. 186–191.

7. Жиров Г.Б., Ленков Є.С., Толоч І.В. Алгоритмічна модель адаптивного технічного обслуговування за станом озброєння і військової техніки. Збірник праць Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького. Серія: військові та технічні науки. 2017. № 1(71). С. 368–378.

8. Ленков Є.С. Загальна математична модель процесу технічного обслуговування складного технічного об'єкту. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2017. № 4. С. 120–123.

Отримано 26.10.2017

Рецензент Рибальський О.В., д.т.н., проф.

УДК 355.457

Ю.О. Бабій,

к.т.н. (Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Богдана Хмельницького)

МОДЕЛЬ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ ПРИ МОНІТОРИНГУ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИМ ЗАСОБОМ ОХОРОНИ КОРДОНУ

У роботі розроблено модель синтезу функціональної структури волоконно-оптичного засобу охорони, що відрізняється встановленням видів методу зворотного розсіяння оптичного сигналу, які здатні забезпечити підвищення живучості і завадостійкості волоконно-оптичних засобів охорони. Це дозволило систематизувати способи мультиплексування сигналів, явища, на основі яких формуються сигнали, а також елементну базу, що в сукупності покладено в основу розробки ієрархічної моделі. Із використанням моделі синтезу функціональної структури волоконно-оптичного засобу охорони підвищеної завадостійкості та живучості розроблено структуру квазілінійного волоконно-оптичного засобу охорони з кільцевим чутливим елементом, у якій використано двобічний метод зворотного розсіяння оптичного сигналу. Підвищення завадостійкості (сигналізаційної надійності) моніторингу волоконно-оптичних засобів охорони досягається за рахунок двобічного прийому оптичного сигналу релеевського розсіяння від макровигину кільцевого чутливого елемента. Підвищення живучості волоконно-оптичних засобів охорони досягається за рахунок застосування кільцевого чутливого елемента, при пошкодженні останній трансформується у два лінійних чутливих елементи, що знижує надійність системи до нормального рівня та дозволяє зберегти працездатність волоконно-оптичних засобів охорони в цілому.

Ключові слова: рухомий об'єкт, волоконно-оптичні засоби охорони, чутливий елемент.

В работе разработана модель синтеза функциональной структуры волоконно-оптического средства охраны, что отличается установлением видов метода обратного рассеяния оптического сигнала, которые способны обеспечить повышение живучести и помехоустойчивости волоконно-оптических средств охраны. Данное позволило систематизировать способы мультиплексирования сигналов, явления, на основе которых формируются сигналы, а также элементную базу, что в совокупности положены в основу разработки иерархической модели. С использованием модели синтеза функциональной структуры волоконно-оптического средства охраны повышенной помехоустойчивости и живучести разработана структура квазилинейного волоконно-оптического средства охраны с кольцевым чувствительным элементом, в которой использован двусторонний метод обратного рассеяния оптического сигнала. Повышения помехоустойчивости (сигнализационной надежности) мониторинга волоконно-оптических средств охраны достигается за счет двустороннего приема оптического сигнала релеевского рассеяния от макроизгиба кольцевого чувствительного элемента. Повышение живучести волоконно-оптических средств охраны достигается за счет применения кольцевого чувствительного элемента, при повреждении последний трансформируется в два линейных чувствительных элемента, что снижает надежность системы до нормального уровня и позволяет сохранить работоспособность волоконно-оптических средств охраны в целом.

© Бабій Ю.О., 2017

Ключевые слова: волоконно-оптические средства охраны, движущийся объект, чувствительный элемент.

In this paper, a model for the synthesis of the functional structure of the fiber-optic protection device is developed, which is distinguished by the establishment of types of the method of inverse scattering of the optical signal, which can provide increased survivability and noise immunity of the fiber-optical means of protection. This allowed to systematize the ways of multiplexing signals, the phenomenon on the basis of which signals are formed, as well as the element base, which collectively is the basis for the development of the hierarchical model. Using the model of the synthesis of the functional structure of the fiber-optical means for the protection of increased noise immunity and durability, a structure of a quasilinear fiber-optical protective device with a ring-sensitive element was developed, in which the two-way method of inverse scattering of the optical signal was used. Increase of noise immunity (signaling reliability) of the control of fiber-optical means of protection is achieved due to the two-way reception of an optical signal of the Relay scatter from the macro ring of a ring-sensitive element. Increasing the durability of fiber-optical means of protection is achieved through the use of a ring-sensitive element, when damaged the latter is transformed into two linear sensitive elements, which reduces the reliability of the system to a normal level and allows you to maintain the performance of fiber-optical means of protection in general.

Keywords: moving object, fiber-optical means of protection, sensitive element.

Вступ

Доцільним методом обробки сигналів квазілінійної системи моніторингу волоконо-оптичних засобів охорони (ВОЗО) рухомого об'єкта (РО) є метод зворотного розсіяння оптичного сигналу. Спільним процесом для різних видів цього методу є процес накопичення множини реалізацій відбитого сигналу і наступне їх статистичне згладжування. Зазначене здійснюється з метою зменшення шумів приймача в середньому на 10–20 дБ, що покращує чутливість волоконно-оптичного датчика та відношення сигналу до шуму, рис. 1 [1].

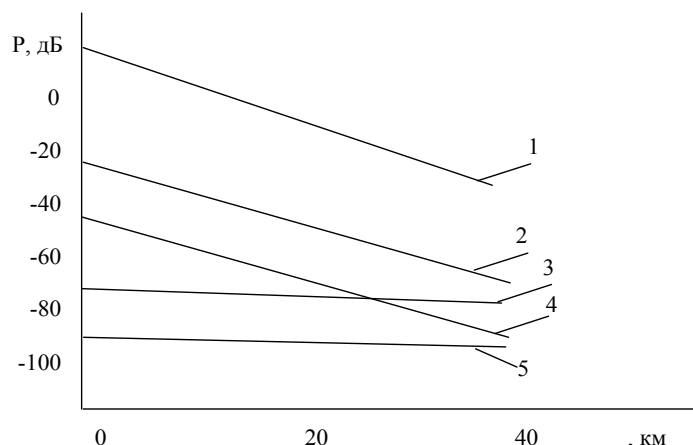


Рис. 1. Графік рівнів потужності імпульсів в методі зворотного розсіяння: 1 – потужність світлової хвилі у світловоді; 2 – потужність зворотного розсіяння при тривалості зондуючого імпульса $\tau = 100$ нс; 3 – рівень шумів приймача; 4 – потужність зворотного розсіяння при тривалості зондуючого імпульса $\tau = 10$ нс; 5 – згладжений рівень шумів приймача

З рис. 1 видно, що різниця між рівнем шуму приймача і згладженим рівнем шуму приймача складає 10–20 % від динамічного діапазону рівня сигналу, що

робить операцію згладжування актуальною у процесі рефлектометрії світловодів. Відмінністю у функціонуванні вимірювальної і охоронної рефлектометричних систем є те, що час накопичення сигналів у вимірювальній системі досить великий і може досягати декількох годин. В охоронній системі він обмежується часом впливу правопорушника (ПП) на чутливий елемент (ЧЕ), що робить актуальним дослідження процесу накопичення оптичних сигналів.

Просте збільшення частоти зондуючого сигналу приведе до неоднозначності вимірювання відбитого сигналу, а також до збільшення мінімальної дальності дії системи через збільшення сумарної тривалості процесу випромінювання множини оптичних імпульсів. Це вимагає пошуку розв'язку завдання щодо обґрунтування параметрів пакетів зондуючих імпульсів із урахуванням особливостей впливу ПП на ЧЕ, а також способу обробки відбитого сигналу при зменшенні мінімальної дальності дії системи, що в сукупності становить потребу в розробці моделі статистичної обробки оптичних сигналів при моніторингу рухомих об'єктів волоконно-оптичним засобом охорони.

Основна частина

Для вирішення завдання необхідно:

1. Розробити математичну модель накопичення оптичних сигналів при обмеженому часі рефлектометрії волоконного світловоду;
2. Розробити функціональну структуру системи контролю волоконно-оптичного типу із забезпеченням накопичення оптичного сигналу при обмеженому часі рефлектометрії.

Для забезпечення статистичної обробки оптичних сигналів потрібно накопичити мінімальну кількість N_{min} реалізацій сигналу. Кількість імпульсів, при якій досягається необхідна сигналізаційна надійність виявлення, визначається за формулою [2]:

$$N_{min} = \frac{q_{min}^2}{q_o^2}, \quad (1)$$

де q_{min} – мінімальне значення відношення сигналу до шуму, при якому досягається достатня завадостійкість виявлення (задані значення ймовірностей хибної тривоги P_{xm} , і пропуску сигналу P_{nc} , q_o – відношення сигналу до шуму при прийомі одиночного імпульсу;

N_{min} – мінімальна кількість імпульсів, при якій досягається необхідна сигналізаційна надійність виявлення.

З виразу (1) видно, що відношення сигналу до шуму, залежно від кількості імпульсів, збільшується в $\sqrt{N_{min}}$ раз. Мінімальне значення відношення сигналу до шуму визначається за формулою [2]:

$$q_{min} = \Phi^{-1}(1 - P_{xm}) + \Phi^{-1}(1 - P_{nc}), \quad (2)$$

де $\Phi^{-1}(1 - P_{xm})$, $\Phi^{-1}(1 - P_{nc})$ – функції, які зворотні інтегралу ймовірності типу

$$\Phi(x) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-0,5t^2) dt \right) \quad [3].$$

При розрахунках використовують критерій Неймана-Пірсона, згідно з яким мінімізують P_{nc} при фіксованому значенні P_{xm} за табличними даними інтеграла ймовірності $\Phi(x)$. Згідно з даними [2] для забезпечення високого рівня сигналізаційної надійності (ймовірність правильного виявлення $P_{ns} = (1 - P_{xm})(1 - P_{nc}) = 0,9$) необхідно, щоб мінімальне значення відношення сигналу до шуму становило $q_{min} = 4 - 8$. Нехай тривалість зондуючого імпульса $\tau = 100$ нс, тобто довжина становитиме 10 м, протяжність флангу охорони 10 км. Тоді довжина пакета зондуючих імпульсів становитиме четвертину від протяжності фланга 2,5 км, а кількість імпульсів у пакеті, як відношення довжини пакета до тривалості імпульса, становитиме 250. Відношення сигналу до шуму при збільшенні кількості зондуючих імпульсів з 1 до 250 збільшиться в $\sqrt{250} = 15$ раз.

Значення відношення сигналу до шуму під час прийому одиночного імпульсу залежить від віддаленості ділянки, на якій виникло розсіяння оптичного сигналу, і визначається за даними рефлектограми (рис. 1) відповідно до виразу [4; 5]:

$$5 \lg q_o = P_{zg} - P_{ш} , \quad (3)$$

де $P_{ш}$ – рівень потужності шуму приймача, дБ; P_{zg} – рівень потужності зворотного розсіяння, дБ.

Підставимо (3) в (1), тоді:

$$N_{min} = \frac{q_{min}^2}{10^{0,2(P_{zg} - P_{ш})}} . \quad (4)$$

Забезпечення N_{min} в рефлектометрії оптичних кабелів зв'язку здійснюється за рахунок збільшення часу накопичення сигналів зворотного розсіяння T_p . Співвідношення між N_{min} і T_p , залежно від дальності рефлектометрії, представлено в табл. 1 [5].

Таблиця 1

Характеристики рефлектометрії світловодів

Мінімальне локальне затухання	0,001 дБ			0,01 дБ		
Просторова роздільна здатність	5 м			50 м		
Мінімальна кількість імпульсів, N_{min}	Динамічний діапазон	Довжина кабеля, L_m	Час накопичення сигналів зворотного розсіяння, T_p	Динамічний діапазон	Довжина кабеля, L_m	Час накопичення сигналів зворотного розсіяння, T_p
10^3	–	–	–	8 дБ	37 км	0,37 с
10^4	2 дБ	10 км	1 с	10 дБ	50 км	5 с
10^5	4 дБ	20 км	20 с	12 дБ	62 км	62 с
10^6	7 дБ	35 км	350 с	15 дБ	75 км	750 с

При визначенні часу T_p необхідно враховувати особливості функціонування ВОЗО при застосуванні двобічного методу зворотного розсіяння:

1) при пошкодженні ЧЕ час накопичення сигналів буде залежати від відстані між місцем пошкодження і прийомопередавачем;

2) час накопичення сигналів обмежується тривалістю 2–4-х імпульсів впливу ПП на ґрунт, в якому прокладено волоконно-оптичний датчик.

Оцінимо статистичну обробку даних за часом накопичення сигналів зворотного розсіяння. Для отримання N_{min} необхідне виконання умови:

$$T_p \leq \tau_g, \quad (5)$$

де T_p – час накопичення сигналів зворотного розсіяння,

τ_g – тривалість впливу ПП на ґрунт.

Тривалість впливу ПП визначається емпіричною формулою [1]:

$$\tau_g = \frac{0,4}{\sqrt{V_n}}, \quad (6)$$

де V_n – швидкість пересування ПП.

Із формули (6) випливає, що загальна тривалість дії ПП на волоконний світловод складає 0,2–1,0 с. Відповідно, протягом цього часу має здійснюватися накопичення сигналів. Нехай протяжність ЧЕ становить 20 км, тоді згідно з даними табл. 1 умова (5) не виконується. Вона може бути виконана за рахунок зменшення L_m , що обмежує топологію. Технічним рішенням такого завдання є забезпечення випромінювання зондуєчих імпульсів до моменту їх прийому, тобто випромінювання пакета імпульсів, загальна кількість яких є постійною. Нехай випромінювання пакетів імпульсів здійснюється протягом часу $T_p \leq \tau_g$ з періодом T_n , рис. 2. Згідно з даними рис. 2 мінімальна кількість імпульсів N_{min} буде визначатися:

$$N_{min} = NN_i, \quad (7)$$

де N_i – кількість імпульсів у пакеті, N – кількість пакетів імпульсів.

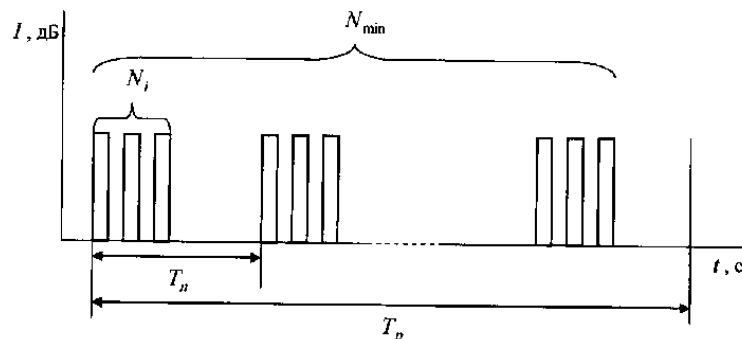


Рис. 2. Часова діаграма випромінювання пакетів імпульсів: T_p – час накопичення сигналів зворотного розсіяння; T_n – період випромінювання пакетів імпульсів; N_{min} – мінімальна кількість імпульсів, при якій досягається необхідна сигналізаційна надійність виявлення; N_i – кількість імпульсів у пакеті; t – поточний час; I – інтенсивність оптичного сигнала

Тоді із урахуванням умови (7), кількість імпульсів у пакеті визначатиметься за виразом:

$$N_i = \frac{N_{min}}{N}, \quad \begin{cases} N_i = 1, & N_{min} \leq N; \\ N_i = \left\lceil \frac{N_{min}}{N} \right\rceil, & N_{min} > N, \end{cases} \quad (8)$$

де $\lceil \cdot \rceil$ – знак округлення до більшого значення.

Допустимо, що пакет імпульсів випромінюється лише після прийому відбитого пакета від кінця світловоду, тоді:

$$N = \frac{T_p}{T_n}, \quad (9)$$

де T_n – період випромінювання пакетів імпульсів.

Період випромінювання пакетів імпульсів визначається аналогічно до періоду випромінювання одиночних імпульсів [6]:

$$T_n = L_m \frac{n_1}{c}, \quad (10)$$

де n_1 – показник заломлення серцевини світловоду, c – швидкість розповсюдження світла у вакуумі, L_m – максимальна довжина волоконного світловоду.

Підставимо (10) в (9), отримаємо:

$$N = \frac{T_p c}{L_m n_1}. \quad (11)$$

Із урахуванням (5), (6) кількість пакетів імпульсів буде визначатися:

$$N = \frac{0,4 \cdot c}{n_1 L_m \sqrt{V_n}}, \quad (12)$$

тоді підставимо (12) в (8) і отримаємо:

$$N_i = \frac{N_{min}}{0,4 \cdot c \cdot \frac{1}{n_1 L_m \sqrt{V_n}}}, \quad (13)$$

із урахуванням (4) остаточно отримаємо:

$$N_i = \frac{q_{min}^2}{10^{0,2(P_{3в} - P_{ш})}} \cdot \frac{n_1 L_m \sqrt{V_n}}{0,4c}, \quad (14)$$

де n_1 – показник заломлення серцевини волоконного світловоду,

c – швидкість розповсюдження світла у вакуумі,

L_m – максимальна довжина волоконного світловоду,

N_i – кількість імпульсів у пакеті,

V_n – швидкість пересування ПП,

$P_{ш}$ – рівень потужності шуму приймача, дБ,

$P_{3в}$ – рівень потужності зворотного розсіяння, дБ,

q_{min} – мінімальне значення відношення сигналу до шуму, при якому досягається необхідна сигналізаційна надійність виявлення.

Формули (12), (14) становлять сутність розробленої моделі статистичної обробки оптичних сигналів при моніторингу рухомих об'єктів ВОЗО, яка кількісно характеризує режим випромінювання пакетів імпульсів, що забезпечує накопичення оптичних сигналів зворотного розсіяння у ВОЗО, функціонування якого характеризується обмеженням у часі процесу накопичення сигналів.

За формулою (14) визначають функціональну вимогу щодо необхідної кількості імпульсів у пакеті, який формується передавачем оптичного сигналу в квазілінійному ВОЗО.

На основі отриманої математичної моделі розроблено функціональну структуру квазілінійного ВОЗО підвищеної сигналізаційної надійності та живучості із забезпеченням накопичення оптичного сигналу при обмеженому часі рефлектометрії.

Використання пакету імпульсів збільшує час визначення сигналу пропорційно кількості імпульсів у пакеті, що породжує нове завдання, пов'язане зі значним збільшенням мінімальної дальності дії рефлектометра:

$$L_{min} = N_i T_i \frac{c}{n_1}, \quad (15)$$

де L_{min} – мінімальна дальність дії рефлектометра,

T_i – період випромінювання імпульсів.

Відомим технічним рішенням такого завдання при проведенні вимірювань у волоконному кабелі є забезпечення додаткової затримки оптичного сигналу у відрізьку світловода, який вставляють між рефлектометром і волоконним кабелем. При чому довжина додаткового відрізьку світловода відповідає довжині оптичного імпульсу. Тоді для ВОЗО довжина відрізьку повинна відповідати довжині пакета імпульсів L_{min} , що при значній дальності дії збільшить її вартість, а також принципово не прийнятне при двобічній рефлектометрії через потребу встановлення з двох сторін світловоду додаткових відрізьків, отже, таке рішення є не ефективним. Вирішенням завдання є використання двох приймачів і лінії затримки для одного боку світловоду довжиною, яка відповідає довжині оптичного імпульсу, рис. 3.

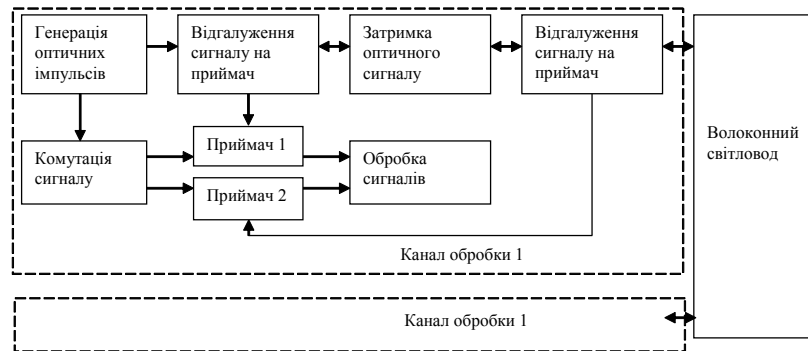


Рис. 3. Функціональна структура квазілінійного ВОЗО підвищеної завадостійкості та живучості із забезпеченням накопичення оптичного сигналу при обмеженому часі рефлектометрії

Новизною структури є те, що вона забезпечує рефлектометрію з нульовою мінімальною дальністю дії за рахунок почергової комутації приймачів, які розділені лінією затримки на основі світловоду довжиною, що відповідає довжині одного зондуєчого імпульса.

Період випромінювання зондуєчих імпульсів у пакеті повинен бути змінним, що унеможливить взаємну кореляцію відбитих імпульсів від неоднорідностей світловоду, тривалість розповсюдження світлового імпульсу між якими випадково співпадає з періодом слідування зондуєчих імпульсів.

Прийняття рішення на подальше накопичення відбитих імпульсів для формування рефлектограми здійснюється після їх кореляційної обробки, аналогічно до обробки сигналів у радіолокації.

Висновки

Отже, в роботі розроблено модель статистичної обробки оптичних сигналів при моніторингу рухомих об'єктів волоконно-оптичним засобом охорони, а також функціональну структуру квазілінійного волоконно-оптичного засобу охорони при обмеженому часі рефлектометрії волоконного світловоду, згідно з якою забезпечується накопичення необхідної кількості реалізації відбитих оптичних імпульсів протягом обмеженого часу впливу ПП, який пересувається по поверхні ґрунту, на ЧЕ, що дозволяє мінімізувати шуми приймача на рівні шумів, які отримують при необмеженому часі рефлектометрії світловоду;

використання у структурі одного каналу обробки сигналів ВОЗО двох приймачів і волоконно-оптичної лінії затримки довжиною, що відповідає довжині одиночного імпульсу, забезпечує нульове значення мінімальної дальності дії засобу і дозволяє здійснювати моніторинг впливу ПП на розподілений ЧЕ по всій його протяжності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Звездинский С. С., Иванов В. А. Средства обнаружения и системы охранной сигнализации: учеб. пособ. для студ. высш. учеб. зав. Москва: МТУСИ, 2008. 260 с.
2. Гришин Ю. П., Ипатов В. П., Казаринов Ю. М. Радиотехнические системы: учеб. для вузов по спец. «Радитехника». Москва: Высш. шк., 1990. 496 с.
3. Фильчаков П. Ф. Справочник по высшей математике. Киев: Наукова думка, 1974. 743 с.
4. Иванов А. Б., Соколов И. В. Современные технологии OTDR. URL: <http://www.Syrus.ru> (дата звернення 19.12.2008).

5. *Савин Е. З.* Волоконно-оптическая линия связи на участке железной дороги. Хабаровск: ДГУПС, 2001. 53 с.

6. *Кауфман М., Сидман А.* Практическое руководство по расчетам схем в электронике: справочник в двух томах: Т. 2. Москва : Энергоатомиздат, 1993. 288 с.

Отримано 04.09.2017

Рецензент Корченко О.Г., д.т.н., проф.

УДК 321.396, 004.934.81

Д.В. Феньов,

к.т.н., доц. (Інститут служби зовнішньої розвідки України)

НАПРЯМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МОВНИХ СИГНАЛІВ ВІДПОВІДНО ДО ПОТОЧНИХ ПОРЯДКОВИХ СТАТИСТИК СПЕКТРІВ

У статті розглянуто принципово новий метод спектральної ідентифікації мовних сигналів окремих слів (словоформ) на основі використання поточних вибірко-вих порядкових статистик поточних амплітудних спектрів відповідних мовних сигналів, які характеризують зміни в часі їх індивідуальних частотно-часових та статистичних характеристик. Як еталони при цьому використовуються набори (словники) векторів впорядкованих значень вибірових поточних порядкових статистик амплітудних спектрів на інтервалах тривалості слів (словоформ).

Ключові слова: мовні сигнали, порядкові статистики амплітудних спектрів, ідентифікація мовних одиниць.

В статье рассмотрен принципиально новый метод спектральной идентификации речевых сигналов отдельных слов (словоформ) на основе использования текущих выборочных порядковых статистик текущих амплитудных спектров соответствующих речевых сигналов, которые характеризуют изменения во времени их индивидуальных частотно-временных и статистических характеристик. В качестве эталонов при этом используются наборы (словари) векторов упорядоченных значений выборочных текущих порядковых статистик амплитудных спектров на интервалах длительности слов (словоформ).

Ключевые слова: речевые сигналы, порядковые статистики амплітудных спектров, ідентифікація речевих одиниць.

The fundamentally new method of spectral identification of speech signals of separate words (word forms) is considered in the paper on the basis of using current selective ordinal statistics of current amplitude spectra of corresponding speech signals that characterize changes in time of their individual time-frequency and statistical characteristics. As the pattern, we use sets (dictionaries) of the vectors of ordered values of selective current order statistics of amplitude spectra on the intervals of word duration (word forms).

Keywords: speech signals, ordinal statistics of amplitude spectra, identification of speech units.

Постановка проблеми

Автоматичне розпізнавання ізольованих голосових команд у системах комп'ютерного інтерфейсу; ключових мовних комбінацій у системах верифікації, ідентифікації та охоронної сигналізації; визначення мови та тематики потоку суцільного мовлення за тематичними словниками в системах розвідки та контррозвідки – це досить короткий перелік основних важливих практичних задач

для технічних систем ідентифікації, верифікації та розпізнавання мовних сигналів [1; 2]. Одним із важливих завдань, що впливають на показники якості ідентифікації та розпізнавання, є обґрунтований вибір фіксованого набору (вектору) інформаційних параметрів, які дозволяють достатньо надійно в умовах коартикуляції (взаємного впливу звуків та переходів між окремими звуками), мінливості та нелінійності темпу промовляння описати елементарні компоненти мовних сигналів (контекстно-незалежних фонем (монофонів), контекстно-залежних фонем (дифонів, трифонів) та алофонів) та їх максимально правдоподібні конкатенації (слоги, слова, фрази). Найбільш поширеним у практиці технічної ідентифікації мовних сигналів є використання сукупностей векторів коефіцієнтів MFCC, LPC, PLP, які отримують у часовій, частотній та кепстральній областях. Однак перелічені параметри характеризуються досить складними негаусівськими багатомірними розподіленнями імовірностей їх значень та не забезпечують робастності розпізнавання мови в умовах перекручень та завад різного походження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для подолання наслідків впливу перекручень та завад різного походження на результати спектральної ідентифікації диктора вперше запропонована оригінальна методика ідентифікації з використанням векторів вибірових порядкових статистик (вибірових квантилів) всієї сукупності поточних реалізацій амплітудних спектрів по сегментам часового аналізу [2; 3]. Послідовність часових відліків реалізації спонтанного мовного сигналу після видалення пауз розбивається на сегменти стаціонарності мовного сигналу 10–30 мс з перекриттям сегментів на 5–15 мс. Для кожного сегменту аналізу всієї сукупності 500–1000 сегментів розраховується амплітудний спектр сигналу на основі дискретного перетворення Фур'є, а як інформаційний вектор для всіх сегментів аналізу використовуються вектори вибірових процентилів у діапазоні 50 %...95 % всіх реалізацій спектрів. Завадостійка спектральна ідентифікація диктора за порядковими статистиками забезпечує 99 % імовірність правильної ідентифікації для 1 % помилки першого роду, не залежить від фонетичного складу промови та переходів з одної мови на іншу [3; 4].

Однак безпосереднє використання вибірових порядкових статистик усієї сукупності поточних реалізацій амплітудних спектрів по сегментам часового аналізу для спектральної ідентифікації мовних одиниць (фонем, слів, словоформ, фраз) не є ефективним. Це зумовлено тим, що відокремлене слово в безперервному мовному потоці суттєво змінює свої акусто-фонетичні характеристики залежно від фонетичного контексту та місцеположення в потоці мовлення (початок, кінець, середина). Особливості фонетичного контексту суттєво виявляються на стиках слів за рахунок коартикуляції. Крім того, значна нестабільність темпу промовляння суттєво загострює проблему нормалізації мовного сигналу в часі. Це зумовлює необхідність додаткового дослідження як порядкових статистик спектрів мовних одиниць (фонем, слів, фраз), так і особливостей їх зміни на стиках елементів слова, тобто дослідження характеристик поточних порядкових статистик поточних спектрів мовних сигналів слів (словоформ). Тому для спектральної ідентифікації словоформ обмеженої тривалості доцільно використовувати робастні поточні порядкові статистики поточних амплітудних спектрів за сегментами аналізу мовного сигналу, які змінюються у часі та відображають для кожного слова індивідуальні особливості зміни значень амплітуд поточних спектрів у часі відповідно порядку (послідовності) слідування слогів (фонем, алофонів).

Мета і завдання статті

Метою статті є викладення теоретичних основ нового методу спектральної ідентифікації слів (словоформ) на основі зіставлення сукупностей поточних порядкових статистик поточних амплітудних спектрів мовних сигналів словоформ з еталонними (зразковими). Визначення основних особливостей та переваг використання поточних порядкових статистик для спектральної ідентифікації мовних сигналів є основним завданням статті.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо принципово новий метод спектральної ідентифікації мовних сигналів на основі зіставлення поточних вибірових порядкових статистик амплітудних спектрів мовних сигналів словоформ з відповідними статистиками словоформ-еталонів (словником). Використання робастних поточних порядкових статистик поточних амплітудних спектрів мовних сигналів суттєво зменшує вплив дестабілізуючих факторів на ймовірність правильної ідентифікації мовних одиниць. Це витікає з асимптотичної нормальності та робастності оцінок квантилів за значеннями вибірових порядкових статистик обмежених вибірок випадкових параметрів мовного сигналу з неперервними щільностями розподілу їх миттєвих значень [5].

Для формування вибірових поточних порядкових статистик послідовність часових відліків реалізації мовного сигналу розбивається на сегменти з однаковою кількістю відліків, що зазвичай відповідає сегменту стаціонарності мовного сигналу 10–30 мс (для частоти дискретизації 8 кГц відповідно 80–240 відліків). Після виконання спектрального перетворення сегментів мовного сигналу, для кожного дискретного значення частоти f_j поточного спектра Фур'є може бути отримана сукупність значень модулів $|X(f_j)|$, по усіх n сегментів формування поточних порядкових статистик. При достатньому значенні об'єму вибірки (для частот дискретизації 8000 Гц та вище) визначаються порядкові статистики (вибірові квантілі) для кожного дискретного значення частоти поточного спектра Фур'є [4]. Порядкові статистики $X_p(f_j)$ можна розглядати як впорядковану сукупність нових випадкових величин (випадковий вектор). Статистичні характеристики порядкових статистик $X_p(f_j)$ варіаційного ряду $\tilde{X}_{1/n}(f_j), \dots, \tilde{X}_{n/n}(f_j)$ істотно відрізняються від статистичних характеристик початкової вибірки спектральних амплітуд мовного сигналу, що зумовлено тим, що операція формування елементів варіаційного ряду не є лінійною операцією [3]. Взаємне перекриття сегментів аналізу становить 0,025...0,05 тривалості сегменту аналізу. Поточні порядкові статистики мовних одиниць характеризують залежністю $X_p(f_j)$ від часу існування мовної одиниці.

Сукупність поточних порядкових статистик, значення яких змінюються в часі відповідно до індивідуальних змін амплітудного спектра, є інформаційним еквівалентом сигналів мовних одиниць. Навіть для різного промовляння одного слова залежності поточних порядкових статистик подібні. Як ілюстрація на рис. 1 показані залежності значень поточних квантилів 50 % для двох однакових слів "one" різного промовляння. Наведені залежності наочно демонструють високу подібність.

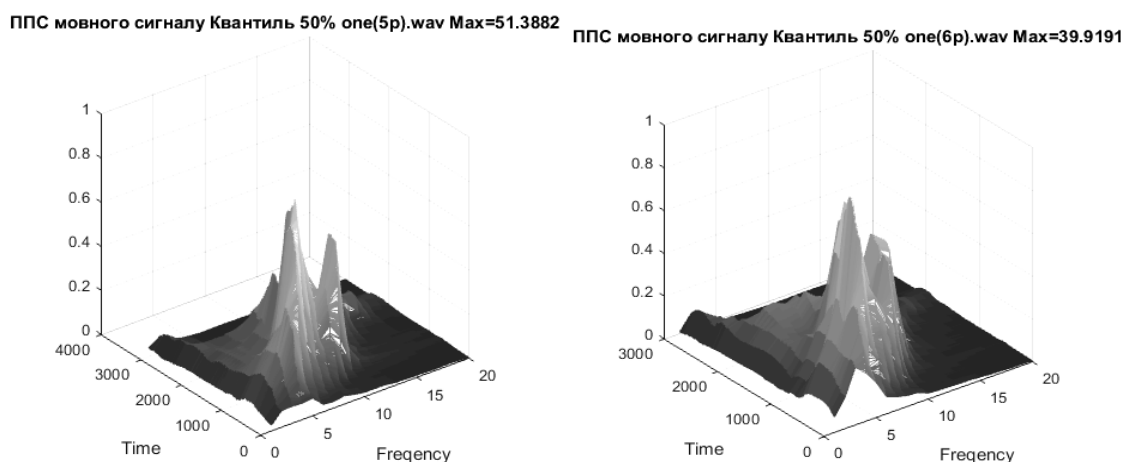


Рис. 1. Поточні порядкові статистики слів “one” різного промовляння

С другого боку залежності поточних порядкових статистик поточних амплітудних спектрів мовних сигналів словоформ з різним фонетичним складом суттєво відрізняються. Для прикладу на рис. 2 показані залежності поточних квантилів 50 % для двох різних слів “seven” та “nine”. Наведені залежності наочно демонструють суттєві відмінності характеристик для різних слів.

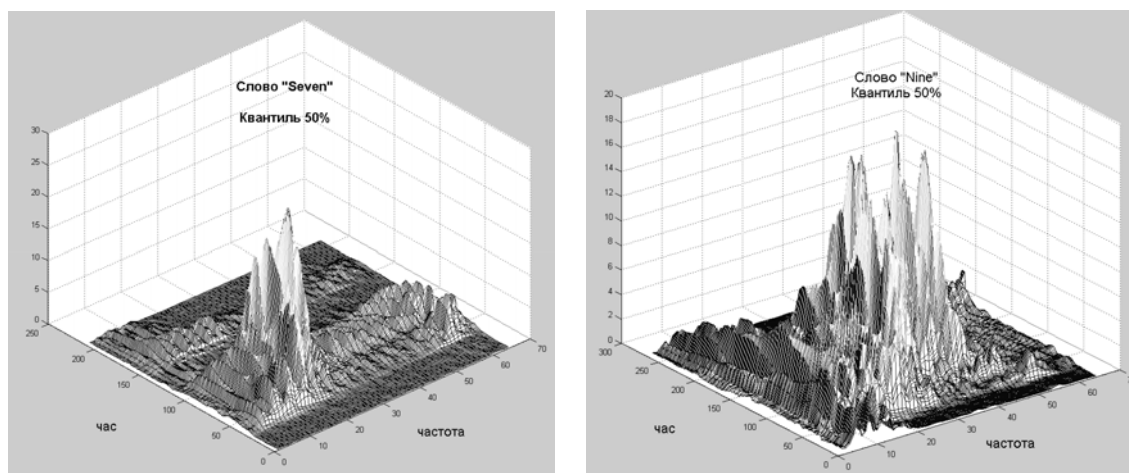


Рис. 2. Поточні порядкові статистики слів “seven” та “nine”

Таким чином, поточні порядкові статистики поточних амплітудних спектрів мовних сигналів відображають індивідуальні зміни в часі частотно-часових характеристик мовних одиниць. Тому еталоном (зразком) мовної одиниці при такому підході до спектральної ідентифікації є матриця (набір векторів) значень поточних порядкових статистик.

Основні етапи спектральної ідентифікації мовних сигналів по поточним порядковим статистикам поточних амплітудних спектрів можна представити у вигляді послідовності операцій. На етапі попередньої обробки мовних сигналів проводиться перетворення для зменшення впливу форми сигналу голосового тракту диктора, наприклад, здійснюється цифрова фільтрація з характеристикою

$1-0,97z^{-1}$. Профільтрований сегмент мови обробляється часовим вікном, наприклад Хемінга.

Основною процедурою, що дозволяє істотно знизити вплив варіативності значень амплітуд спектра, є нормування мовних сигналів (забезпечення постійної потужності на сегментах коротко часового спектрального аналізу мовних сигналів). Для нормування потужності на кожному сегменті аналізу безперервного речового мовного сигналу $x(t)$, на основі стандартного дискретного перетворення Гілберта відліків $x[n], n = 1, T$, формуються відліки $y[n]$ сигналу $y(t)$, ортогонального початковому сигналу. По сукупності формованих комплексних відліків $\tilde{z}[n] = x[n] + jy[n] = U[n] \exp(j\tilde{Q}[n])$, відповідних безперервному аналітичному сигналу $\tilde{z}(t) = x(t) + j \cdot y(t) = U(t) \exp[j\tilde{Q}(t)]$, після логарифмічного перетворення отримують відліки комплексного процесу $\ln(\tilde{z}[n]) = U[n] + j\tilde{Q}[n]$. Значення реальної компоненти $U[n] = \operatorname{Re}(\tilde{z}[n]) = |\tilde{z}[n]|$ цього процесу є відліками $U[n] = |\tilde{z}[n]| = \sqrt{x^2[n] + y^2[n]}$ огинаючої $U(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)}$ безперервного аналітичного сигналу $\tilde{z}(t)$. Значення уявної компоненти $Q[n] = \operatorname{Im}(\tilde{z}[n])$ є головними значеннями відліків безперервної повної фази $Q(t)$ аналітичного сигналу $\tilde{z}(t)$ в інтервалі $(-\pi/2, \pi/2)$.

Повна фаза $Q(t)$ аналітичного мовного сигналу $\tilde{z}(t)$ з відліками $\tilde{z}[n]$ має в цілому лінійний тренд, який визначається значенням середньої частоти спектра мовного сигналу. Варіації (без розривів) значень повної фази $Q(t)$ на сегменті аналізу від лінійного тренду зумовлені варіаціями миттєвих частот мовного сигналу на сегменті від середнього значення. Тому на основі відомих співвідношень $\cos(Q[n]) = x[n]/U[n]$, $\sin(Q[n]) = y[n]/U[n]$ можна відновити за головними значеннями $Q[n]$ послідовність миттєвих відліків $Q[n]$ безперервної повної фази $Q(t)$ з лінійним трендом і нульовим початковим значенням. Послідовність отримуваних згладжених відліків повної фази $Q[n]$ містить в собі усю інформацію про високочастотну структуру початкового мовного сигналу і його низькочастотної складової (що огинає). Це зумовлено тим, що відліки $F[n]$ миттєвої циклічної частоти $F(t)$ аналітичного сигналу (похідній повної фази, що є $Q(t)$ також пов'язані з огинаючою $U(t)$ (по Гілберту) початкового мовного сигналу:

$$F(t) = \partial Q(t) / \partial t = \frac{W[x(t), y(t)]}{\sqrt{x^2(t) + y^2(t)}},$$

де $W[x(t), y(t)]$ – визначник Вронського процесів $x(t), y(t)$, що характеризує міру їх лінійної незалежності. Наступним кроком є формування послідовності відліків нового комплексного аналітичного сигналу $\bar{z}[n] = A \exp(jQ[n])$ з постійним значенням амплітуди A (що нормованою огинає), відліки повної фази $Q[n]$ якого подібні до фазової структури початкового мовного сигналу на сегменті аналізу. При цьому середня потужність (енергія) аналітичного сигналу $\bar{z}[n] = A \exp(jQ[n])$ однакова для усіх сегментів аналізу. Ця обставина істотно спрощує рішення наступної задачі статистичної спектральної ідентифікації мовних сигналів. Експериментально встановлено, що після ЦАП (відновлення) дійсної компоненти $\operatorname{Re}(\bar{z}[n]) = A \cos(Q[n])$ нормованого аналітичного мовного сигналу $\tilde{z}[n]$ по усіх сегментах, вона сприймається на слух практично так само, як і відновлений по відліках $x[n]$ мовний сигнал без пауз.

У результаті виконання розглянутих операцій аналого-цифрового перетворення отримуємо нормований по потужності комплексний аналітичний сигнал і його спектр Фур'є для кожного дискретного значення частоти f_j (сукупність значень модулів $X_i(f_j), i=1, N$) по усіх N сегментах аналізу. При цьому можна порівняно просто (наприклад, використовуючи алгоритми швидкого сортування і формування варіаційного ряду $\tilde{X}_{1/n}(f_j), \dots, \tilde{X}_{n/n}(f_j)$), визначити порядкові статистики (вибіркові квантилі) $X_p(f_j)$ для кожного дискретного значення частоти f_j поточного спектра Фур'є [4; 5].

На рис. 3 показані квантилі 50 % та 95 % на частоті 38 для ненормованого та нормованого сигналу.

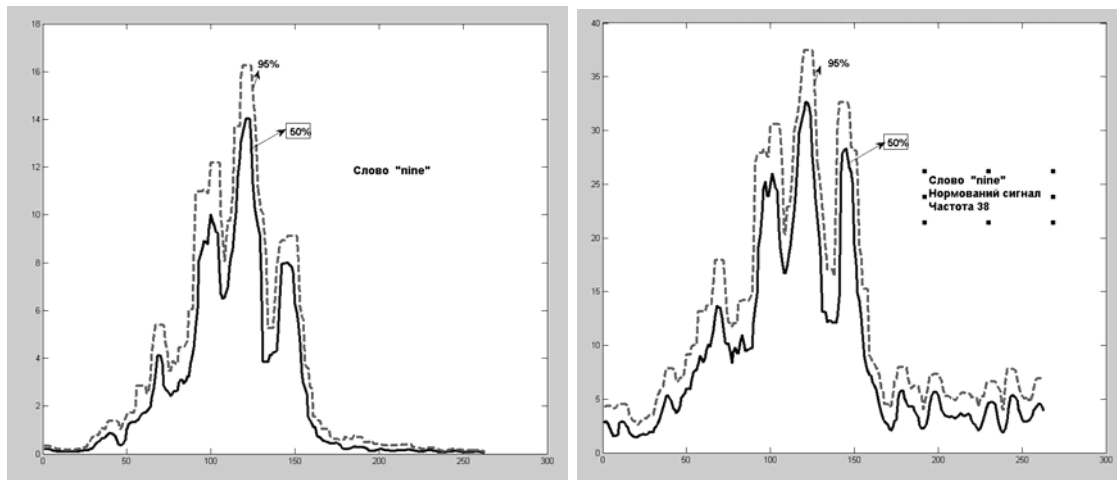


Рис. 3. Квантилі 50 % та 95 % для нормованого та ненормованого мовного сигналу

Для вирішення наступного завдання статистичної ідентифікації джерел мовних сигналів найбільш ефективними є сукупність вибірових процентилів $X_{k/100}(f_j), k=1, 99$, які ділять увесь діапазон значень варіаційного ряду $\tilde{X}_{1/n}(f_j), \dots, \tilde{X}_{n/n}(f_j)$ на 100 нерівних за величиною підінтервалів, в які потрапляє однакова (не менше десяти-двадцяти) кількість елементів ряду.

Аналізовані порядкові статистики $X_p(f_j)$ можна розглядати як впорядковану сукупність нових випадкових величин (випадковий вектор). У межі для $n \rightarrow \infty$, функція щільності розподілу ймовірності (ПРВ) $g[X_p(f_j)]$ кожної порядкової статистики $X_p(f_j)$ асимптотично нормальна:

У межах, для $n \rightarrow \infty$, значення порядкових статистик $X_p(f_j)$ вибірки прагнуть до відповідних значень квантилів $X_p(f_j)$ функцій розподілу $G[X(f_j)]$ генеральної сукупності.

Таким чином, при переході від аналізу вибірки випадкових значень амплітудного спектра (вид і параметри досить складних функцій розподілу яких на практиці, зазвичай, невідомі), до аналізу значно меншого об'єму порядкових статистик (вибіркових квантилів) $X_p(f_j)$ амплітудного спектра нормованого за

потужністю аналітичного мовного сигналу, істотно спрощується їх наступна обробка. Це зумовлено тим, що сукупність нових випадкових величин – порядкових статистик є асимптотично нормальним. При цьому вибіркові процентилі робастні до аномальних значень спектральних компонент $X_i(f_j)$, які розташовані на “хвостах” відповідного варіаційного ряду $\tilde{X}_{1/n}(f_j), \dots, \tilde{X}_{n/n}(f_j)$ [5]. У результаті від аналізу стохастичної сукупності значень $X_i(f_j)$ переходимо до аналізу статистично стійких залежностей порядкових статистик $X_p(f)$ від частоти f спектра істотно меншого об'єму. При достатній кількості сегментів мовного сигналу, коли всі основні фонетичні конструкції мови, залежності порядкових статистик $X_p(f)$ від частоти спектра відбивають основні особливості спектра мовного сигналу. Ці особливості відбиваються як в самому характері поведінки залежностей порядкових статистик, так і в співвідношенні значень залежностей порядкових статистик. Статистична стійкість і асимптотична ефективність порядкових статистик $X_i(f_j)$ амплітудного спектра Фур'є забезпечують подібність залежностей $X_p(f)$ при збільшенні кількості сегментів мовного сигналу (збільшенні об'єму початкової вибірки). Таким чином, для кожного k -го мовної одиниці бази можна сформувати складені значень усіх порядкових статистик амплітудного спектра Фур'є нормованого аналітичного сигналу. Подальша процедура ідентифікації мовних одиниць полягає в зіставленні (попарно) порядкових статистик спектрального образу з порядковими статистиками спектральних образів бази еталонів. Вектор різниці спектральних образів є асимптотично нормальним з нульовим середнім при їх збігу і відмінним від нуля середнім для різних мовних одиниць за однакових умов реєстрації відповідних мовних сигналів. Рішення про ідентичність мовних одиниць з одним із цільових еталонів бази полягає у визначенні номера мовної одиниці за критерієм мінімуму квадрата норми Евкліда різниць спектральних образів (векторів) бази еталонів X_k і вхідного образу мовної одиниці Y .

Значення сформованих поточних порядкових статистик поточних спектрів мовного сигналу слова, що ідентифікується, зіставляється з відповідними значеннями **поточних** порядкових статистик поточних спектрів мовних сигналів слів бази даних (словника).

Подальше підвищення ефективності методу статистичної ідентифікації можна забезпечити за рахунок багатоканальної частотної обробки (наприклад, використання банків фільтрів мел- або барк-шкали), ідентифікації залежностей по кожній поточній порядковій статистиці з мажоритарним правилом прийняття рішення про ідентичність сигналів в цілому та використання двох порогових правил прийняття рішення про ідентичність залежностей поточних порядкових статистик для зниження ймовірності неправильної ідентифікації.

Висновки

Розглянутий новий метод робастної спектральної ідентифікації словоформ на основі зіставлення вибірових поточних порядкових статистик поточних амплітудних спектрів нормованих по потужності мовних сигналів словоформ є достатньо продуктивним та перспективним. Поточні порядкові статистики поточних амплітудних спектрів мовних сигналів словоформ достатньо повно характеризують зміни у часі індивідуальних частотно-часових характеристик сигналів мовних одиниць, що важливо при ідентифікації голосових команд у системах комп'ютерного інтерфейсу; ключових мовних комбінацій у системах

верифікації, ідентифікації та охоронної сигналізації; визначення мови та тематики потоку суцільного мовлення за тематичними словниками в системах моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dong Yu. Li Deng Automatic Speech Recognition A Deep Learning Approach Springer-Verlag London 2015. 329 p.
2. Селетков В. Л. Вариант спектральной идентификации речевых сигналов. Изв. вузов. Радиоэлектроника. 2006. № 4 [ч. 2]. С. 63–69.
3. Селетков В.Л. Кузнецов М.В. Идентификация диктора по порядковым статистикам спектров речевых сигналов. Сучасна спеціальна техніка. 2014. № 4(39). С. 33–43.
4. Пат. 112813 Україна. МПК 2016 G10L 15/00, G10L 17/00. Спосіб ідентифікації слів за порядковими статистиками спектрів аналітичних мовних сигналів. Опубл. 25.10.16.
5. Дейвид Г. Порядковые статистики. Москва: Наука, 1979. 335 с.

Отримано 11.09.2017

Рецензент Єрохін В.Ф., д.т.н., проф.

УДК 621.396.61

Н.І. Кунах,

д.т.н. (Одеська національна академія зв'язку),

О.М. Ткаленко,

к.т.н. (Державний університет телекомунікацій)

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ RAKE ЯК МЕТОДУ БОРОТЬБИ З БАГАТОПРОМЕНЕВІСТЮ В СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

У статті розглянуті методи боротьби з замираннями в системах мобільного зв'язку, принципи побудови та роботи Rake-приймача, визначені зміни, які вносять у приймач нові стандарти зв'язку. Проаналізовані альтернативні технології боротьби з багатопроменевістю – OFDM та MIMO, що використовуються в системах мобільного зв'язку четвертого покоління (4G). Розроблена модель модифікації Rake-приймача для високошвидкісного передавання даних, визначені незаперечні переваги технології RAKE на відміну від OFDM та MIMO. Визначені унікальні характерні особливості, притаманні лише Rake-приймачам.

Ключові слова: замирання, стільниковий зв'язок, кодове розділення каналів, широкосмугові сигнали, Rake-приймач.

В статье рассмотрены методы борьбы с замираниями в системах мобильной связи, принципы построения и работы Rake-приемника, определены изменения, которые вносят в приемник новые стандарты связи. Проанализированы альтернативные технологии борьбы с многолучевостью – OFDM и MIMO, используемые в системах мобильной связи четвертого поколения (4G). Разработана модель модификации Rake-приемника для высокоскоростной передачи данных, определены неоспоримые преимущества технологии RAKE, в отличие от OFDM и MIMO. Определены уникальные характерные особенности, присущие только Rake-приемникам.

Ключевые слова: замирание, сотовая связь, кодовое разделение каналов, широкополосные сигналы, Rake-приемник.

Paper deals with methods of combating fading in mobile communication systems, principles of construction and operation of a Rake receiver, and changes that introduce new communication standards into the receiver. The alternative technologies of combating multipath are analyzed – OFDM and MIMO, used in the mobile communication systems of the fourth generation (4G). A model for modifying the Rake receiver for high-speed data transmission has been developed, and the undeniable advantages of RAKE technology have been determined, in contrast to OFDM and MIMO. Unique features peculiar only to Rake-receivers are determined.

Keywords: fading, cellular communication, code division of channels, broadband signals, Rake receiver.

Вступ

У сучасних системах зв'язку Rake-приймач є невід'ємною складовою приймально-передавальних пристроїв, який забезпечує значний вииграш у використанні

енергетичного ресурсу зв'язку і, як наслідок, виграш у співвідношенні сигнал/шум. Функціональна модель Rake-приймача має важливі навчально-дослідницькі властивості. Вона дозволяє більш детально вивчити принципи функціонування радіомережі, побудованої на базі стандарту CDMA, а також є основою для розробки нових більш швидкісних методів передавання даних. У майбутньому приймач буде вдосконалюватися в напрямі адаптації до змін у каналі передавання даних з метою покращення вихідного значення сигнал/шум та збільшення швидкості передавання.

Основна частина

Специфічні умови мобільного радіозв'язку призводять до виникнення завмирань сигналів у тракті. Завмирання бувають двох видів: "плоскі" і селективні. Перші характеризуються зниженням рівня сигналу на всіх частотах однаковою мірою. Вони викликані зміною рефракції радіохвиль у тропосфері і на коротких трасах малопомітні. Селективні завмирання, як свідчить сама назва, істотно неоднакові для різних частот. Причина селективних завмирань – багатопроменевість поширення радіохвиль. Наслідком селективних завмирань є спотворення спектру і форми сигналу, що призводить до виникнення міжсимвольної інтерференції. При цьому глибина завмирань може становити величину порядку 20...30 дБ. Основні методи, що використовуються для боротьби з багатопроменевим завмиранням сигналів, показані на рис. 1 [1].

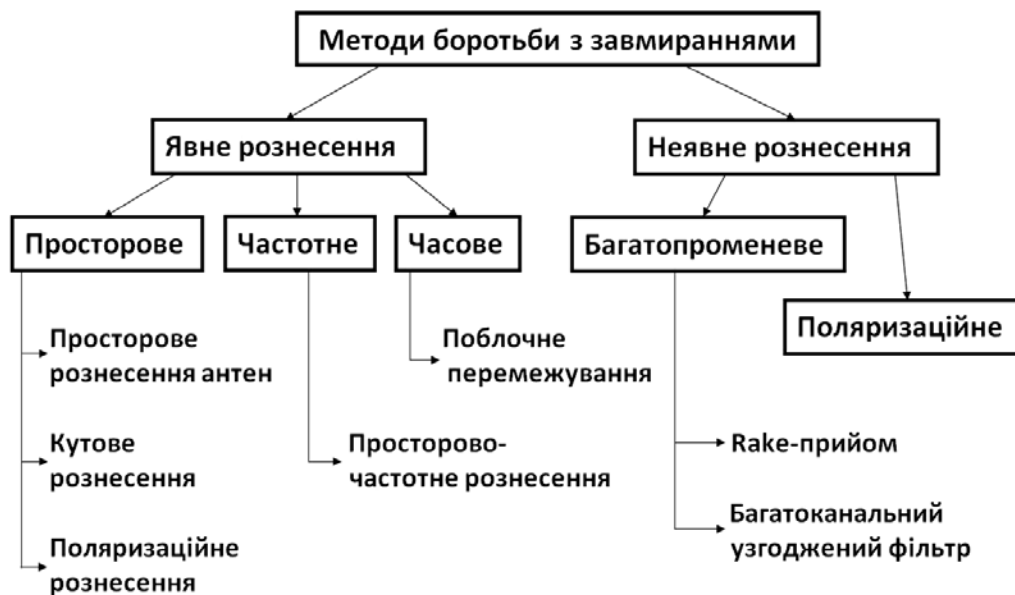


Рис. 1. Основні методи боротьби із завмираннями (багатопроменевістю)

Для боротьби із завмираннями найчастіше використовують рознесення в просторі або по частоті прийому (diversity reception) і перемежування (interleaving), яке є різновидом рознесення в часі (time diversity). Усі ці методи можна застосовувати як у вузькосмугових, так і в широкосмугових системах. Однак тільки широкосмугові системи мають унікальну можливість поділу і оптимального складання сигналів, що надходять на вхід приймача по різних променях. Для того, щоб сигнали, що пройшли по різних траєкторіям, спостерігалися окремо

на виході фільтра приймача необхідно, щоб відгуки фільтра на кожен зі зміщених компонент були коротші, ніж їх взаємні зрушення в часі. Якщо фільтр узгоджений із сигналом, то його відгук є автокореляційною функцією сигналу, а відношення сигнал/шум у момент пікового значення буде максимальним. Узгоджений фільтр (УФ) має властивість тимчасового стиснення сигнала, в результаті чого відбувається поділ копій сигнала. Додавання сигналів відбувається в спеціальному пристрої, який називається RAKE-приймача. Останній – це набір кореляторів, налаштованих на компоненти багатопроменевого сигнала. Як опорні сигнали для кореляторів використовуються M зсунутих у часі копій вихідної послідовності, де M визначає число гілок рознесення. Базова структурна схема Rake-приймачів наведена на рис. 2.

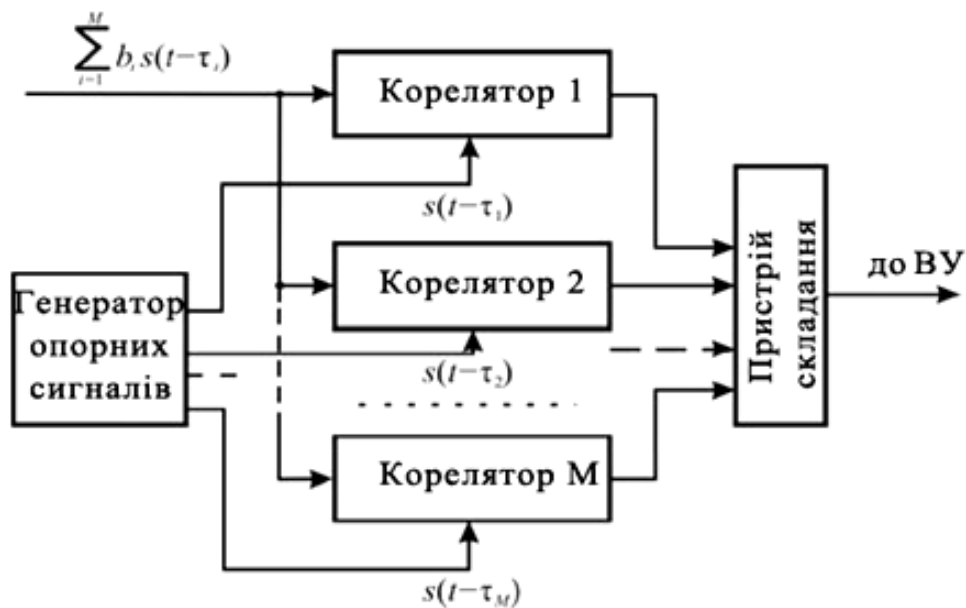


Рис. 2. Базова структурна схема RAKE-приймача

RAKE-приймачі мінімізують вплив міжсимвольної інтерференції, що виникає за рахунок багатопроменевого поширення радіохвиль. Принцип дії RAKE-приймача, який був створений для приймання рознесених у часі сигналів, базується на відокремленій обробці кількох променевих компонентів (найбільш потужного променя, що приходить по найкоротшому шляху, та декількох інших, що відстають від першого на певні, заздалегідь відомі проміжки часу) і обчисленні їх середньозваженої суми. Кожна з компонентів обробляється окремим каналом (RAKE-палець). Основною компонентою RAKE-пальця є оптимальний (за критерієм відношення сигнал/шум) приймач. На вхід приймача сигнал надходить з виходу пристрою зважування (підсилювача), коефіцієнти якого залежать від якості кожного з каналів. Коефіцієнти визначаються шляхом аналізу пілот-сигнала, що надходить з базової станції (БС) на мобільну станцію (МС). З виходу приймача сигнал потрапляє в лінію затримки для забезпечення одночасного надходження сигналів з кожного з RAKE-пальців на вхід пристрою складання. Після нього вирішальний пристрій (ВУ) визначає переданий символ.

У приймачі на БС включають не менше чотирьох, а на МС три корелятори, які працюють паралельно. Якщо всі передбачені точно, то кожен корелятор формує відлік відгуку на відповідну компоненту вхідного сигналу. Виходи кореляторів зводяться до одного й того ж моменту часу і підсумовуються. Результат складання надходить на вхід вирішального пристрою ВУ. Таким чином, явище багатопроневесті, яке десятиліттями вважалося безумовно шкідливим, вдалося перетворити в засіб для підвищення надійності зв'язку. Нині RAKE-технологія широко застосовується в стільникових мережах із кодовим розподілом сигналів. Досить розглянути стандарти 2-го (cdmaOne) і 3-го (WCDMA, cdma2000) поколінь, які включають її як складову частину приймача [2].

Принципи кодового розділення каналів базуються на використанні широко-смугових сигналів (ШСС). Основною характеристикою такого сигналу є його (значно більша одиниці) база $B = FT$, де F – спектр сигналу, T – тривалість одного інформаційного символу. Прийом ШСС здійснюється приймачем, який для сигналу з повністю відомим кодом розширення вираховує кореляційний інтеграл за допомогою корелятора або узгодженого фільтра:

$$Z = \int_0^T x(t) \cdot u(t) dt, \quad (1)$$

де $x(t)$ – вхідна суміш, що становить суму корисного сигналу і завади, $u(t)$ індивідуальна псевдошумова послідовність користувача. Величина Z порівнюється з заданим порогом Z_q (відомим для заданого коду розширення). Корелятор реалізує “стискання” спектра широко-смугового сигналу шляхом множення його на $u(t)$ з наступною фільтрацією в смузі $1/T$. Математичну модель Rake-приймача можна отримати, проаналізувавши процеси, що відбуваються в каналі зв'язку. Тоді значення основних параметрів приймача визначаються співвідношеннями:

$$b_{opt} = \left(\frac{1}{\sigma_s^2} R + \sum_{i=-\infty}^{\infty} \Phi[i] \Phi^T[i] \right)^{-1} \Phi[0], \quad (2)$$

де b_{opt} – коефіцієнти масштабування в каналах приймача, $\sigma_s^2 = E \{s_i^2\}$ – потужність символу, s_i – інформаційні символи, $R_p(t) = \int p(\tau) p(\tau+t) d\tau$ – імпульсна функція автокореляції, $p(t)$ – псевдошумова послідовність ПШП, елемент якої називають чіпом. Тривалість чіпа в багато разів менша тривалості біта T_b , який передається. Матриця $\Phi[i]$ характеризує канал зв'язку, затримка у трактах якого визначається як:

$$\Theta_{opt} = \arg \max_{\Theta} \left[\Phi[0]^T \left(\frac{1}{\sigma_s^2} R + \sum_{i=-\infty}^{\infty} \Phi[i] \Phi^T[i] \right)^{-1} \Phi[0] \right]. \quad (3)$$

Значення b_{opt} і Θ_{opt} відповідають коефіцієнтам зважування і затримкам, які необхідно задати Rake-приймачу при заданому типі сигналу для досягнення максимального співвідношення сигнал/шум на його виході. У наземних радіо-каналах сигнали багатопроневесті компонентів можуть відрізнитися (на величину близьку до тривалості одного чіпа). Затримки менші за один чіп усуваються синхронізацією приймача, яка дозволяє нівелювати малу зміну. Компоненти, що відстають один від одного більше ніж на один чіп, обробляються і складаються. На рис. 3 зображена математична модель Rake-приймача.



Рис. 3. Математична модель Rake-приймача

У системі стільникового зв'язку з кодовим розділенням каналів голос і дані передаються в одному каналі зв'язку. Недоліком такого підходу є невелика швидкість передавання даних. На практиці вона не перевищує 512 кбіт/с. Як показала практика, цієї швидкості достатньо для елементарних операцій у мережі. Але для передавання великих об'ємів даних необхідно значно вищу швидкість. Збільшення швидкості передавання інформації можна досягти або розширенням смуги сигналу або збільшенням кількості рівнів модуляції. Оскільки смуга частот є обмеженим ресурсом, то пропонується підвищувати кількість рівнів модуляції. Зі збільшенням рівнів фазової модуляції зменшується відстань між символами, таким чином падає завадостійкість коду, тому необхідно збільшувати співвідношення сигнал/шум на вході детектора.

Висока швидкість передавання інформації необхідна не скрізь, а в місцях, де існує великий трафік (офіси, бібліотеки, конференції і т.д.). Такий простір обмежений радіусом близько 200 м і називається піко-сотою. За інших умов абоненти користуються лише передаванням голосу та коротких текстових повідомлень. Для обробки сигналу як приймальна частина абонентського терміналу використовується 3-канальний Rake-приймач.

Пропонується така реалізація Rake-приймача для високошвидкісного передавання даних (рис. 4). Приймач складається не з трьох каналів, а з чотирьох. Четвертий канал працює у двох режимах – передавання мови, на рівні з іншими трьома, або в режимі передавання даних (в межах піко-соти).

Поза піко-сотою четвертий канал приймача працює з розширювальною послідовністю мовного каналу (128 чіпів на інформаційний біт як у системі IS-95) і дозволяє в реальних умовах поширення підвищити співвідношення сигнал/шум до детектора на 5–10 %. Для передавання даних використовується розширювальна послідовність довжиною 512 чіпів на символ. При реалізації більш довгої послідовності виникає значне ускладнення схеми передавача.

Алгоритм роботи приймача в режимі передавання даних:

1. МС посилає на базову станцію піко-соти (БСП) запит на передавання даних.
2. БСП та БС мікросоти узгоджують кодову послідовність довжиною 512 чіпів вільну в цей момент у мережі.
3. БСП передає на МС номер коду Уолша (псевдошумова послідовність), який у цей момент не використовується.
4. Система контролю з допомогою комутаторів Ком1 і Ком2 та зміною параметрів генератора скидання переводить четвертий канал Rake-приймача з режиму передавання голосу в режим передавання даних.
5. Після закінчення сеансу передавання даних четвертий канал знову повертається в режим передавання голосу.

Головною перевагою такої системи перед існуючою є можливість підвищення швидкості передавання даних за рахунок зростання кількості позицій модуляції.

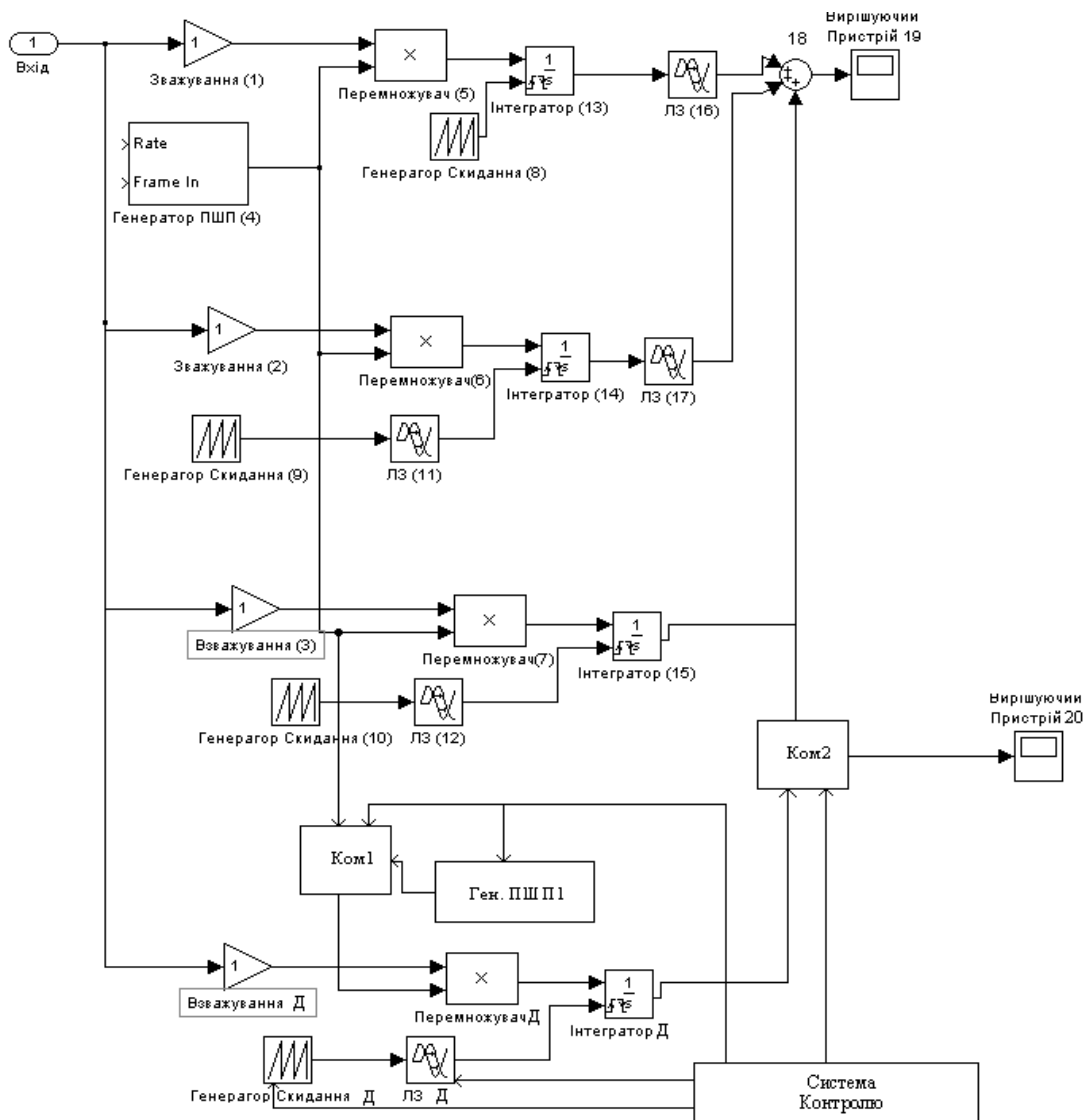


Рис. 4. Модифікація Rake-приймача

Запропонована модель дає можливість, модифікувавши приймальну частину абонентського терміналу, досягнути значного підвищення швидкості передавання даних. Алгоритм може бути використаний як перехідний етап у еволюції систем мобільного зв'язку від 3-го до 4-го покоління.

При передаванні сигналу OFDM по радіоканалу із завмираннями (тобто частотно-вибірковому каналу) існують дві проблеми [3]. По-перше, частотно-вибірча характеристика каналу порушує ортогональність між модульованими піднесучими, що призводить до виникнення міжканальної інтерференції (МКІ) (в даному випадку її слід було б назвати “міжсубканальною”). По-друге, через накладення символів, що передаються один за іншим на одній і тій самій несучій, виникає міжсимвольна інтерференція (МСІ). Останньої можна уникнути, залишаючи захисний інтервал після кожного переданого символу (зрозуміло, тривалість цього інтервалу повинна перевищувати максимальну затримку поширення сигналу). Проте звичайний захисний інтервал не забезпечує збереження ортогональності символів на сусідніх піднесучих, внаслідок чого їх символи схильні до МКІ. Для запобігання таким взаємним перешкодам використовується “активний” захисний інтервал, який називається “циклічний префікс” (ЦП). Циклічний префікс – це повторення кінцівки інформаційного фрагмента OFDM-символу тривалості $T_{fm} = \Delta$, яке “приписують” перед початком цього ж фрагмента на виході процесора.

Таким чином, визначений на інтервалі “циклічний префікс – це “усічене” періодичне продовження сигналу:

$$p_{CP}(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \alpha_k e^{j2\pi f_k t}, -\Delta \leq t \leq 0,$$

тому розширений у часі (за рахунок додавання префіксу) сигнал можна записати у вигляді:

$$s(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \alpha_k e^{j2\pi f_k t}, -\Delta \leq t \leq NT. \quad (4)$$

На основі проведеного нами аналізу технології OFDM визначили, що по-перше, серед переваг варто виокремити можливість реалізації принципу повторного використання частот у рамках виділеного спектру за допомогою OFDM-модуляції. Це досягається підбором частот піднесучих таким чином, що вони є ортогональними. Також досить цікавим є спосіб боротьби із завмираннями в каналі та інтерференцією в умовах багатопроменевого середовища. Для компенсації завмирання кожен символ “розтягується” в часі таким чином, що його тривалість стає в десятки разів більшою за максимальну величину затримки сигналу (при багатопроменовому розповсюдженні), це, у свою чергу, дозволяє практично знехтувати затримкою сигналів, прийнятих по “неосновним” променям. Для запобігання міжканальній інтерференції замість частотного чи просторового рознесення безпосередньо в символ вводиться циклічний префікс.

На жаль, використання циклічного префіксу та “розтягування” символів у часі є одночасно і найбільшим недоліком технології OFDM, оскільки за компенсацію завмирань та завадозахищеності, що забезпечуються таким способом, приходиться “платити” дуже високим рівнем “надмірності” інформації та значним збільшенням часу її передавання, що, у свою чергу, призведе до необхідності

збільшення швидкості передавання і пропускної спроможності (а це може призвести як до погіршення енергоефективності обладнання, так і до втрати завадозахищеності та “антиінтерференційних” властивостей інформаційного сигналу).

Значно менший час обробки інформації (“вирівнювання” прийнятих “копій” сигналів відбитих променів та їх подальше складання в суматорі) Rake-приймачем не викликає подібних незручностей.

Висновок

При використанні OFDM кожний символ “розтягується” в часі та додатково збільшується в розмірі за рахунок додавання циклічного префіксу. Це, у свою чергу, збільшує час передачі інформації (за рахунок “надмірності”) і створює необхідність збільшення пропускної здатності. Значно менший час обробки інформації (“вирівнювання” прийнятих “копій” сигналів відбитих променів та їх подальше складання в суматорі) Rake-приймачем не викликає подібних незручностей.

На відміну від MIMO, технологія Rake не потребує додаткового апаратного забезпечення у вигляді дорогих модульних антенних комплексів та, відповідно, необхідних для їх роботи та управління серйозними обчислювальними ресурсами. Rake-приймачі не втрачають рівень своєї працездатності при високій територіальній щільності абонентів, а також можуть однаково приймати сигнали від будь-яких видів передавальних антен незалежно від їх діаграми направленості.

Також, що дуже важливо, Rake-приймачі дуже компактні та енергоефективні. Але найголовнішою перевагою і характерною особливістю, що притаманна тільки Rake-приймачам, є можливість реалізації одночасної роботи з декількома базовими станціями (як джерелами сигналу). Це, у свою чергу, дозволяє приймачу працювати у трьох різних режимах: або збільшувати швидкість прийому інформації (за рахунок одночасного прийому двох паралельних сигналів від різних базових станцій – кожний зі своєю інформацією), або збільшувати завадозахищеність при низькому рівні сигналу (за рахунок збільшення її надмірності методом дублювання – прийому двох різних паралельних сигналів, що несуть однакову інформацію, що зменшує кількість помилок у прийнятому сигналі та імовірність прийняття “битих” бітів інформації), або навіть організувати процедуру “м’якого” хендоверу (що, відповідно, також досягається одночасним прийомом сигналів від двох різних базових станцій), при цьому вибір одного з цих режимів роботи та відповідні налаштування відбуваються автоматично (адаптуючись до рівня якості сигналу та умов його розповсюдження в середовищі).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение – Digital Communications: Fundamentals and Applications. Москва: Вильямс, 2007. 1104 с.
2. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. Москва: Эко-Трендз, 2005. 296 с.
3. Бакулин М.Г., Крейнделин В.Б., Шлома А.М. и др. Технология OFDM. Учебное пособие для вузов, 2017. 360 с.
4. Баланис Константин А., Иоанидес Панайотис И. Введение в смарт-антенны. Москва: Техносфера, 2012. 200 с.

Отримано 12.09.2017.

Рецензент Хорошко В.О., д.т.н., проф.

УДК 004.621.3:519.816

С.В. Зибін,

к.т.н., доц. (Державний університет телекомунікацій)

АЛГОРИТМ РАНЖУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ ПРИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІЙ ПІДТРИМЦІ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ

Розробка комплексних систем захисту інформації – це складне завдання, яке вимагає застосування багатокритеріальних методів оптимізації з метою виявлення оптимального співвідношення критеріїв самої системи для її ефективного функціонування. Пропонується використовувати метод попарного порівняння для ранжування альтернатив за обраними критеріями з метою пошуку оптимальної альтернативи.

Ключові слова: інформаційна безпека, ранжування, автоматизована інформаційна система, захист інформації, система підтримки прийняття рішень, багатокритеріальна оптимізація, система керування, моделювання процесів, інформаційний вплив, керуюче рішення, комплексна система захисту інформації.

Разработка комплексных систем защиты информации является сложной задачей, которая требует применения многокритериальных методов оптимизации с целью выявления оптимального соотношения критериев самой системы для ее эффективного функционирования. Предлагается использовать метод попарного сравнения для ранжирования альтернатив по выбранным критериям с целью поиска оптимальной альтернативы.

Ключевые слова: информационная безопасность, ранжирование, автоматизированная информационная система, защита информации, система поддержки принятия решений, многокритериальная оптимизация, система управления, моделирование процессов, информационное воздействие, управляющее решение, комплексная система защиты информации.

The development of complex information security systems is a complex task. It requires the use of multicriteria optimization methods in order to identify the optimal correlation of the system's criteria for its effective functioning. It is suggested to use the pairwise comparison method to rank the alternatives according to the selected criteria in order to find the best alternative.

Keywords: information security, ranking, automated information system, information protection, decision support system, multi-criteria optimization, control system, process modeling, information impact, control solution, integrated information security system.

Вступ

Підвищення якості і скорочення часу прийняття рішень при керуванні складними технічними та інформаційними системами різного призначення нині неможливе без інформаційно-аналітичної підтримки. Засоби інтелектуалізації

процесів прийняття рішень є найбільш важливими і практично необхідними у сфері інформаційної безпеки держави та інформаційних технологій.

Розробка і експлуатація складних систем виявили проблеми, які можна вирішити лише на підставі комплексної оцінки і обліку різних за своєю природою факторів, різнорідних зв'язків, зовнішніх умов та інших показників. Тому все більш важливим у сучасних умовах стає питання якісного та ефективного прийняття рішень [1; 2].

Під терміном прийняття рішень розуміють дію над множиною альтернатив, у результаті якої виходить підмножина вибраних прийнятних альтернатив.

При генеруванні альтернатив найбільш часто вдаються до послуг експертів. Ці особи мають достатньо досвіду і знань у предметній сфері, яка аналізується. Апарат обробки експертних думок досить добре опрацьований і використовується в багатьох практичних сферах [3–6].

Найбільш популярним для оцінки альтернатив є критеріальний метод. При застосуванні цього методу кожна окремо взята альтернатива оцінюється чисельно. Порівняння альтернатив зводиться до порівняння відповідних чисел.

Викладення основного матеріалу

Кожному бінарному відношенню, яке задане на кінцевій множині альтернатив X , єдиним чином може бути співставлено граф переваг, що становить орієнтовний граф, вершини якого відповідають елементам множини X , а дуги – парам графіка Q цього відношення. Матриця цього відношення A називається також матрицею суміжності орієнтовного графу, оскільки поява одиниці на перетині i -го рядка і r -го стовпчика цієї матриці означає, що вершини x_i і x_r з'єднуються дугою, тобто є суміжними. Формується ця матриця за таким правилом:

$$a_{ir} = \begin{cases} 1, x_i Q x_r, \\ 0, x_i \bar{Q} x_r. \end{cases}$$

Слід зазначити, що як первинна інформація (до попередньої обробки) можуть виступати квадратні матриці переваг $B^j = (b_{ir}^j)$, $i, r = 1, n, j = 1, m$, які отримані попарним порівнянням альтернатив за кожним критерієм. Але, на відміну від [7; 8], правило завдання відносини сформулюємо таким чином:

$$b_{ir}^j = \begin{cases} 1 - \text{якщо } a_i P^j a_r \vee a_i I^j a_r; \\ 0 - \text{інакше.} \end{cases} \quad (1)$$

У орієнтовному графі, відповідному цій матриці, поява контуру свідчить про еквівалентність альтернатив або суперечливості вихідної інформації. Протириччя необхідно усунути за допомогою особи, яка приймає рішення (ОПР), повторно порівнявши виявлені альтернативи. Далі, після попередньої обробки вихідної інформації, будемо вважати, що суперечності усунені, тобто контури відповідають еквівалентним альтернативам.

Ранжування, як правило, строге, хоча і використовуються в деяких завданнях, але досить рідко, зазвичай, як допоміжний засіб [8]. У [7] пропонується представляти такі ранжування квадратною матрицею упорядкування $S = (s_{ij})$, $i, j = 1, n$, де n – кількість альтернатив:

$$S_{ij} \begin{cases} 1, \text{ якщо } a_i \text{ має перевагу над } a_j, \\ -1, \text{ якщо } a_j \text{ має перевагу над } a_i, \\ 0, \text{ якщо } a_i \text{ та } a_j \text{ рівноцінні} \end{cases}$$

Але для того, щоб такій матриці S єдиним чином відповідало певне ранжування, необхідне виконання ряду додаткових умов, що ускладнює розробку і реалізацію обчислювальних алгоритмів.

Матриця переваг (1) по окремо взятому критерію будується за таким же принципом, шляхом попарного порівняння альтернатив. Відповідно, їй можна поставити у відповідність граф переваг. Впорядковане за перевагою розміщення альтернатив у ранжировці можливе тільки в тому випадку, якщо матриця переваг являється в разі відносини строгого переваги трикутної (верхньої або нижньої), а для відносини несурового переваги має блочно-трикутний вид.

Послідовність вирішуваних завдань для кожного критерію виглядає таким чином:

1. Попарне порівняння альтернатив. Тобто формування матриці переваг і матриці еквівалентних альтернатив D .
2. Отримання матриці досяжності.
3. Перевірка інформації на несуперечність.
4. Перевірка зв'язності отриманого відношення переваги.
5. Формування ранжування альтернатив.

При попарному порівнянні альтернатив $(x_i, x_r), i, r \in \overline{1, n}$ (розглядається $n(n-1)/2$ пар) експерт має можливість відповісти, що альтернатива x_i є строго переважнішою ніж x_r ($b_{ir}^j = 1$). Альтернатива x_r є строго переважнішою ніж x_i ($b_{ri}^j = 1$). Альтернатива x_i еквівалентна x_r ($b_{ir}^j = b_{ri}^j = 1, d_{ij} = d_{ji} = g$), або експерт може відмовитися від порівняння альтернатив x_i і x_r .

Якщо, порівнюючи пари альтернатив, ОПР визначила відношення переваги у всіх випадках (експерт не відмовлявся від порівняння альтернатив), то матриця переваг вже є матрицею всіх можливих маршрутів, або матрицею досяжності. У такому випадку здійснюється перехід відразу до вирішення третього завдання. У іншому випадку, пошук матриці досяжності, а також подальша перевірка повноти отриманого відношення переваги є обов'язковими. Для вирішення другої і третьої задач реалізуються відомі алгоритми [9; 10].

Отримання матриці досяжності ще називають транзитивним замиканням. Традиційно матриця досяжності $B^* = (b_{ir}^*), i, r = \overline{1, n}$, орієнтовному графу G з n вершинами визначається як $\{0, 1\}$ – матриця, в якій елемент b_{ir}^* дорівнює 1 тоді і тільки тоді, коли існує орієнтований шлях з вершини i в вершину r при $i \neq r$ або орієнтований цикл, що складається з однієї вершини. Іншими словами, елемент матриці досяжності дорівнює 1 тоді і тільки тоді, коли вершина r досяжна з вершини i через послідовність орієнтованих дуг. Для побудови матриці досяжності реалізується алгоритм Воршелла [9]:

Крок 1. Введення матриці суміжності B орієнтовного графу G .

Крок 2. $i = 1$.

Крок 3. $k = 1$.

Крок 4. Якщо $b_{ir} = 1$, тоді перехід до кроку 5, інакше перехід до кроку 8.

Крок 5. $k = 1$.

Крок 6. $b_{kr} = b_{kr} \vee b_{ki}$.

Крок 7. Якщо $k < n$, тоді $k = k + 1$ і перехід до кроку 6, інакше, перехід до кроку 8.

Крок 8. Якщо $r < n$, тоді $r = r + 1$ і перехід до кроку 4, перехід до кроку 9.

Крок 9. Якщо $i < n$, тоді $i = i + 1$ і перехід до кроку 3, інакше останов.

У результаті роботи алгоритму Воршелла матриця досяжності буде отримана за один прохід. Алгоритм має складність n^3 .

Далі проводиться пошук контурів на орієнтовному графі, відповідному матриці B^j , де через B^j позначається матриця досяжності, побудована для j -го критерію. Ця процедура в нашому випадку призначена для виявлення суперечливості інформації або для визначення груп еквівалентних альтернатив, оскільки наявність контуру в орієнтовному графі переваг при обраній формі опису свідчить або про порушення принципу транзитивності, або про те, що відповідну групу слід визнати групою еквівалентних альтернатив.

Якщо вершини x_i і x_r орієнтовному графу G знаходяться у складі певного контуру довільної довжини (мається на увазі число дуг) і довільного складу, то існують маршрути $\langle x_p, \dots, x_r \rangle$ і $\langle x_r, \dots, x_i \rangle$. Оскільки матриця B^j містить всі можливі маршрути, то вона містить і обидва маршрути між вершинами x_i і x_r . Цим маршрутами відповідають одиниці $b_{ir}^{*j} = 1$ і $b_{ri}^{*j} = 1$ (симетричні відносно головної діагоналі). Звідси випливає критерій приналежності вершин x_i і x_r деякого контуру, який лежить в основі обраного для пошуку контурів алгоритму [9]:

якщо $b_{ir}^{*j} = 1 \wedge b_{ri}^{*j} = 1$, тоді x_i і x_r належать одному контуру.

Отже, симетрична матриця контурів $Z^j = (z_{ir}^j), i, r = 1, n$ може бути отримана таким чином:

$$Z^j = B^{*j} \wedge (B^{*j})^T,$$

де T – індекс транспонування.

Ненульові елементи i -го рядка матриці Z^j вкажуть на ті вершини орграфа, які входять в контур разом з i -ою вершиною. Обчислювальна складність алгоритму дорівнює n^2 .

Таким чином, при виявленні контуру можливі такі варіанти: дана підмножина (x_p, \dots, x_s) , що входить в контур, розглядається повторно з метою усунути протиріччя. Або експерт, або ОПР приходить до висновку, що дані альтернативи настільки близькі один до одного, що можуть вважатися еквівалентними за цим критерієм, після чого проводиться уточнення матриці еквівалентних альтернатив D .

Для того щоб перекоонатися в повноті отриманого відношення переваги, перевіряється така умова:

$$\forall x_i \in X \quad d_i^{*+} + d_i^{*-} - d_i^{K+} = n - 1, \quad (2)$$

де d_i^{*+} , d_i^{*-} – відповідно, напівступені результату і заходу i -ї вершини, які обчислюють по матриці досяжності, а d_i^{K+} – напівступені результату i -ї вершини, що обчислюється по матриці контурів, тобто

$$\forall x_i \in X \quad \sum_{r=1}^n b_{ir}^{*j} + \sum_{r=1}^n b_{ri}^{*j} - \sum_{r=1}^n z_{ir}^j = n - 1.$$

Умова (2) означає, що кожна вершина орієнтовного графу пов'язана з іншими $n - 1$ вершинами.

Якщо існують альтернативи, для яких умова (2) не дотримується, то відбувається повернення до попарного порівняння відповідних альтернатив. Альтернативи, для яких не вдається домогтися виконання умови (2) ні повторним порівнянням, ні транзитивним замиканням, з подальшого розгляду виключаються.

Вихідним для отримання ранжування альтернатив на основі матриці переваги є завдання формування прямих маршрутів (маршрути від вхідних вершини до вихідний) на орієнтовному графі.

Для формування ранжування альтернатив достатньо альтернативи x_i вибудовувати в ранжировці за убубанням величини Δn_i , де

$$\Delta n_i = d_i^{*+} - d_i^{*-}, i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Переконаємося в тому, що вказане впорядкування альтернатив дає ранжування, яке необхідно знайти.

Розглянемо спочатку орієнтовний граф без контурів. Тоді відповідно до (1) усі маршрути прямі і нижче головної діагоналі не має бути жодної логічної одиниці. Отже, матриця B^{*j} повинна мати в цьому випадку верхню трикутну форму. Таким чином, завдання впорядкування альтернатив за перевагою для P^i зводиться до перетворення матриці B^{*j} загального вигляду до трикутної матриці B^{*j} .

Перетворення матриці B^{*j} має бути ізоморфне, тобто відносини суміжності вершин відповідних графів повинні зберігатися в обидві сторони.

Розглянемо довільний маршрут, що включає $2 < s \leq n$ вершин $\langle x_1, \dots, x_i, \dots, x_{i+k}, \dots, x_s \rangle$. Порівняємо вершини x_i і x_{i+k} ($k \neq 0$) прямого маршруту. Очевидно, що будуть виконуватися такі вирази:

$$l x_1, x_i \langle l x_1, x_{i+k}, l x_i, x_s \rangle l x_{i+k}, x_s, \quad (4)$$

де l – довжина маршруту, що дорівнює числу дуг на маршруті $\langle \cdot, \cdot \rangle$.

З (4) впливає, що для матриці досяжності

$$v_i \langle v_{i+k}, w_i \rangle w_{i+k}, \quad (5)$$

де w_i – число одиниць в i -му рядку, v_i – число одиниць в i -му стовпці, сформуємо величину Δn_i , яка дорівнює

$$\Delta n_i = w_i - v_i, i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

На підставі (5) можна зробити висновок, що

$$\Delta n_i > \Delta n_{i+k}, \quad (7)$$

тобто величина Δn_i по мірі просування по прямому маршруту буде постійно зменшуватися. Так як w_i, v_i , відповідно, є напівступенями результату і заходу вершини орієнтовного графу після побудови всіх можливих маршрутів, (3) є наслідком (5)–(7).

У результаті перетворення, якщо досліджуваний орієнтовний граф перевага ациклічний, вихідна матриця досяжності буде приведена до верхнього трикутного вигляду B^N .

Припустимо, орієнтовний граф має контури. Внаслідок того, що упорядкування здійснюється на матриці досяжності, вершини контуру мають однакове значення Δn_i , оскільки якщо $\langle x_s, \dots, x_p, x_s \rangle$ – контур, то після транзитивного замикання для будь-яких $\langle x_s, x_k \in x_s, \dots, x_p, x_s \rangle$ $d_i^+ = d_k^+$, $d_i^- = d_k^-$, отже $\Delta n_i = \Delta n_k$. Крім того, відношення, що розглядається, є повним (після відповідної попередньої обробки), тому справедливим є також зворотнє: якщо $\Delta n_i = \Delta n_k$, то x_i і x_k входять до складу одного і того ж контура. Тому в результаті упорядкування по спадаючій (3) вершин, що входять в один і той же контур, будуть відповідати сусідам групи рядків (стовпців), і отримана матриця буде мати верхню блочно-трикутну форму. Склад контурів відбитий у матриці контурів Z .

Таким чином, трикутній матриці однозначно відповідає впорядкована послідовність вершин орієнтовного графу від входу до виходу, або в нашому випадку ранжування альтернатив S^j по максимізуемому j -му критерію від найкращої альтернативи до найменш хорошої. В іншому випадку, оскільки ранжування альтернатив визначається після перевірки суперечливості інформації, контури визначають групи альтернатив, визнаних ОПР еквівалентними по j -му критерію. Обчислювальні витрати алгоритму формування ранжування складають: $O(n) \leq n + 3n^2$.

Подання вихідної інформації для вибору за допомогою ранжувань S^j , $j = \overline{1, m}$ вигідно не тільки через економію пам'яті при обчисленнях ($n \times m$ замість $m \times n \times n$ або $n \times n$), але й дозволить підвищити ефективність вибору, як можна буде побачити далі. Крім того, застосування викладених вище алгоритмів забезпечує попередню обробку вихідної інформації (отримання простим і доступним експерту способом повного і транзитивного відношення переваги) з формуванням ранжувань альтернатив за кожним критерієм на основі приватних матриць переваг (1). У результаті будуть отримані:

- матриця порядкових номерів $\Pi = (\pi_{ij}), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$;
- матриця ранжувань $S = (s_{qj}), q = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$, де S_{qj} дорівнює ідентифікаційному номеру i альтернативи x_i з порядковим номером $q = \pi_{ij}$ в ранжировці S^j ;
- матриця еквівалентних альтернатив $D = (d_{ij}), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$.

Крім того, знадобиться також матриця наведених номерів $E = (e_{ij}), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$, де e_{ij} – номер альтернативи x_p , в ранжировці S^j , що враховує наявність в S^j альтернатив, еквівалентних альтернативі x_i (якщо $d_{ij} \neq 0$, тоді e_{ij} дорівнює порядковому номеру після застосування процедури 2, в іншому випадку $e_{ij} = \pi_{ij}$).

Блок-схема алгоритму ранжирування альтернатив на основі попарного порівняння представлена на рис. 1,

де \tilde{X} – множина альтернатив, при порівнянні яких допущені протиріччя;

X^x – множина альтернатив, для яких відношення переваги не є зв'язним.

Якщо при порівнянні альтернатив були отримані рішення, еквівалентні за всіма критеріями, від кожної такої групи залишається одне рішення, а інші рішення групи далі не розглядаються. Такі альтернативи визначаються за допомогою матриці D . Якщо після виконання завдання вибору рішення виявляється найкращою альтернативою, тоді ОПР доцільно розглянути всі рішення групи, що

представляються для їх порівняльної оцінки за іншими критеріями, що раніше не розглядалися.



Рис. 1. Блок-схема алгоритму ранжування альтернатив на підґрунті попарного порівняння

Висновок

Таким чином, пропонуємо використовувати метод попарного порівняння для ранжирування альтернатив за обраними критеріями з метою пошуку оптимальної альтернативи. Цей метод вимагає комп'ютерної реалізації у вигляді системи підтримки прийняття рішень, який буде використовувати обчислювальні потужності для пошуку альтернатив, їх оцінку і вибір ключових критеріїв для оптимізації, після чого ці відомості надходять у систему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Зибін С.В., Хорошко В.О.* Підтримка прийняття рішень при формуванні програм інформаційної безпеки держави: моделі загроз і ризиків. Інформатика та математичні методи в моделюванні. Т. 5. № 1. 2015. С. 77–84.
2. *Бідюк О.П., Гожий О.П., Коршевнюк Л.О.* Комп'ютерні системи підтримки прийняття рішень: навчальний посібник. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. 380 с.
3. *Джозеф Джарратано, Гари Райли.* Экспертные системы. Принципы разработки и программирование. 4-е издание. Вильямс, 2007. С. 1152.
4. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: Учебник. 2-ое изд., перераб. и доп. Москва: Логос, 2002. 392 с.
5. *Тоценко В.Г.* Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. Київ: Наукова думка, 2002. 382 с.
6. *Герасимов Б. М., Тарасов В. А., Токарев И. В.* Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. Киев: Наукова думка, 1993. 183 с.
7. *Кемени Дж., Снелл Дж.* Кибернетическое моделирование. Некоторые приложения. Москва: Советское радио, 1972. 192 с.
8. *Авен П.О., Мучник И.Б., Ослон А.А.* Функциональное шкалирование, агрегирующие интегральные показатели. Москва: ВНИИ систем. исслед., 1986, 44, [1] с. 22.
9. *Свами М., Тхуласираман К.* Графы, сети и алгоритмы. Москва: Мир, 1984, с. 95, с. 318–320.
10. *Нефедов В.Н.* Алгоритмический подход к решению задач теории графов и сетей. Москва: МАИ, 1990, с. 4–21.

Отримано 02.10.2017

Рецензент Корченко О.Г., д.т.н., проф.

УДК 004:651

Ю.А. Харина (ДНДІ МВС України)

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОКУМЕНТООБІГУ ТА ПРОБЛЕМИ ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ

У статті описуються переваги переходу організацій на електронний документообіг, мінімально необхідна функціональність такої системи для МВС та Національної поліції, а також функціональні можливості систем електронного документообігу (СЕД) на прикладі системи Megapolis. Документообіг. Приводиться типове поетапне впровадження СЕД із розглядом складнощів, які при цьому, зазвичай, виникають, та моментів, які потребують обов'язкової уваги. Робиться наголос на важливості організаційних моментів впровадження.

Ключові слова: електронний документообіг, електронний підпис, обмеження доступу, безпаперовий документообіг, аутентифікація, людський фактор.

В статті описуються переваги переходу організацій на електронний документообіг, мінімально необхідна функціональність такої системи для МВС та Національної поліції, а також функціональні можливості системи електронного документообігу (СЕД) на прикладі системи Megapolis. Документообіг. Приводиться типичне поетапне впровадження СЕД з розглядом складнощів, які при цьому, зазвичай, виникають, та моментів, які потребують обов'язкової уваги. Робиться наголос на важливості організаційних моментів впровадження.

Ключевые слова: электронный документооборот, электронная подпись, ограничение доступа, безбумажный документооборот, аутентификация, человеческий фактор.

This paper discusses advantages of transferring organizations to electronic document management, the minimum necessary functionality of such a system for MIA and National Policy, as well as the functionality of the electronic document management system using the system Megapolis. Dokumentoobig as an example. A typical step-by-step implementation of the system is given with consideration of the difficulties that usually arise in this case, and moments that require paying an attention. The emphasis is on the importance of working out the organizational aspects of implementation.

Keywords: electronic document management, electronic signature, access limitation, paperless workflow, authentication, human factor.

За даними західних консалтингових компаній, у системі традиційного паперового документообігу губиться до 15 % документів, на пошуки необхідних документів витрачається до 30 % робочого часу співробітників, а для кожного документа створюється в середньому 19 його копій.

Сучасний рівень інформаційних технологій дозволяє забезпечити виконання електронними документами абсолютно всіх функцій, які в традиційному документообігу виконували паперові документи, але з відповідним підвищенням ефективності праці. До того ж електронний документообіг дозволяє підвищити про-

зорість роботи до дуже високого рівня – коли завжди відомо, хто за що відповідає, в якому стані знаходяться процеси, що саме вже виконано, тощо. Одночасно в багатьох країнах світу запроваджено стимулювання переходу на електронний документообіг на державному рівні. Так, в Австрії у випадку невикористання електронних документів держава стягує спеціальний збір, а з 2011 року електронний документообіг зробили обов'язковим Корея, Чилі, Мексика, Бразилія.

Метою створення системи електронного документообігу (СЕД) є:

- впровадження інформаційних технологій для раціоналізації та оптимізації обробки документів у діловодстві (документному забезпеченні департаментів МВС та Національної поліції);
- формування єдиного архіву електронних документів та електронних відбитків документів апарату МВС України;
- забезпечення контролю виконання та руху документів на різних рівнях організаційної структури;
- скорочення часу пошуку документів за рахунок надання співробітникам засобів атрибутивного та повнотекстового пошуку в базі даних документів;
- скорочення часових витрат на погодження документів всередині апарату МВС України за рахунок забезпечення можливості використання уніфікованих електронних шаблонів для найбільш використовуваних у Системі видів документів та ефективної організації процесу погодження електронних документів за допомогою функціоналу СЕД та локальної обчислювальної мережі;
- створення прозорої та зрозумілої для працівників системи відповідальності та контролю виконання задач та проектів в цілому;
- скорочення витрат на підготовку встановленої діловодної звітності за задані періоди часу;
- скорочення часу на прийняття рішень завдяки опису чітких та зрозумілих інструкцій;
- виключення необхідності дублювання паперових документів при їх розсилці за рахунок автоматизованої розсилки повідомлень про видання електронних документів, що оброблюються СЕД;
- надання гарантії на завершення ініційованих в СЕД процесів – СЕД автоматично слідкує за появою затримок і повідомляє про це у вигляді звіту чи повідомлення;
- зниження об'єму паперового документообігу і відповідних витрат за рахунок впровадження безпаперових технологій – на витратні матеріали, копіювально-розмножувальну техніку, доставку паперових документів, їх зберігання;
- значне скорочення впливу “людського фактора” на робочі процеси.

Крім того, однією з вимог СЕД повинна бути можливість роботи з документами, що мають гриф обмеження доступу. Відтак вона повинна виконувати такі задачі:

- гарантування незмінності та збереженості документа;
- виключення несанкціонованого доступу;
- виключення можливості витоку закритої інформації.

Це забезпечено такими засобами.

Аутентифікація користувача – введення користувачем власних імені та пароля для отримання доступу до документів.

Авторизація доступу (контроль доступу) – визначає, хто з користувачів які документи може переглядати. СЕД присвоює авторизацію на рівні об'єктів (документів, папок, сховищ) за допомогою списків контролю доступу, що автоматично застосовуються до об'єктів при їх створенні.

Мандатний контроль доступу – спосіб, що забезпечує гнучкість у наданні привілей доступу на основі належності до груп, які можуть надавати будь-яку контекстну інформацію – таку як роль, місцезнаходження, засіб доступу та IP-адреса користувача та інші критерії, що перевіряються системою.

Цифрове знищення змісту, що зберігається у файлових системах, а також у просторі вмісту, що адресується, за допомогою багатократного перезапису попереднього місця збереження даних для гарантованої неможливості відновлення даних навіть шляхом аналізу остаточного магнетизму.

Електронні підписи – створення електронного відбитку, що містить інформацію про дату, час, ім'я та пароль особи, що підписала, а також обґрунтування підпису та пов'язаного з документом запису в журналі аудиту.

Контроль друку – забезпечення контролю друку документа зі сховища із веденням журналів записів про те, хто і коли виконав вивід документа на друк. Також слід давати права на друк тільки авторизованим користувачам з певними привілеями.

Розглянемо конкретну реалізацію системи з частково електронним документообігом на прикладі вітчизняної системи Megapolis. Документообіг, яка має експертний висновок ДСТЗІ СБУ на відповідність нормативним документам у сфері захисту інформації в Україні. Її реалізовані функції відповідають вимогам документа НД ТЗІ 2.5-004-99 “Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу”.

Основними цілями системи було підвищення прозорості, керованості та ефективності роботи організацій за рахунок:

- уніфікації та стандартизації правил роботи з документами як у паперовому вигляді, так і за допомогою автоматизованих засобів;
- значного підвищення швидкості обробки паперових документів і подальшого зменшення долі паперового документообігу завдяки застосуванню технологій штрих-кодування, сканування, розпізнавання та механізмів електронного цифрового підпису;
- впровадження регламентів автоматизованої роботи з документами;
- поступового переходу до повністю безпаперового документообігу.

Зокрема, архівна підсистема Megapolis. Документообіг дозволяє автоматизувати процеси архівного зберігання паперових документів, ведення та обліку архівних справ, підтримки процесів підготовки та передачі документів у паперовий архів організації. Вона надає такі можливості:

- створення номенклатури справ окремих підрозділів і ведення номенклатури справ;
- блокування змін в закритих документах при наявності можливості посилатися на них із поточних документів;
- підготовка справ до передавання до архіву (створення реєстрів, описів тощо).

Таким чином, система дозволяє поєднувати вже існуючий паперовий документообіг із електронним, на який переходить організація.

Впровадження систем електронного документообігу потребує вирішення організацією певних завдань.

Повноцінне впровадження системи вимагає сучасних комп'ютерів, оскільки робота клієнтської частини СЕД досить ресурсномістка. Достатньо потужні комп'ютери повинні бути встановлені на всіх робочих місцях організації, що беруть участь у документообігу.

У Megapolis. Документообіг існує централізоване сховище документів [1]. Відтак, для нього необхідно виділити сервер із відповідними технічними характеристиками. Без централізованого сховища значно складніше робити резервні копії документів та власне зберігати, а також здійснювати їх пошук.

Але найбільшими проблемами при впровадженні СЕД є організаційні. Сюди входить розробка та затвердження концепції розвитку документаційного забезпечення організації, плану впровадження СЕД, вибір керівника проекту та формування робочої групи, що відповідає за впровадження.

Організаційних складнощів допомагає уникнути чітке формулювання кінцевої мети проекту. Найбільш типові задачі формулюються таким чином: скорочення виробничих витрат співробітників, підвищення ефективності документообігу, автоматизація та впорядкування всіх етапів підготовки документів.

Також при спробі впровадження СЕД організації можуть припускатися декількох стандартних помилок. Одна з них – спроба обійтися розробкою системи силами ІТ-відділу, намагаючись уникнути використання вже існуючих на ринку СЕД. Як показує практика, такі спроби призводять до затягнення термінів розробки, і, врешті решт, більших фінансових витрат. До того ж наслідком такого рішення, як правило, є тривалий термін постійних доробок – що фактично консервує ситуацію з документообігом. Більшість експертів у сфері ІТ сходяться на тому, що опиратися потрібно на вже готові рішення від виробника [2].

На основі досвіду впровадження СЕД у різних компаніях існують вже визначені загальні вимоги, що для подібних рішень є де-факто стандартом.

Насамперед, у системі мають бути передбачені засоби підтримки територіально розповсюдженої мережі, тобто, можливість обміну документами з віддаленими філіалами.

Щоб зменшити опір впровадженню нового ПЗ з боку співробітників, необхідна опора на вже існуюче і звичне програмне середовище. Суттєвими також є питання взаємодії із базами нормативно-довідкової інформації, на кшталт "ЛІГА:ЗАКОН", тому дуже важлива наявність вбудованих у рішення чи готових зовнішніх модулів інтеграції.

Система повинна підтримувати роботу механізму електронного цифрового підпису (ЕЦП), і, відповідно, в ній мають бути вбудовані засоби ЕЦП [3].

Крім того, дуже важливою є наявність функцій навчання користувачів, у тому числі дистанційного, що вбудовані чи підключаються у вигляді окремих модулів. Також співробітникам повинна бути доступна зручна довідкова система, що дозволяє наочно, на прикладах, вирішити складнощі, які виникають при щоденній роботі з системою, що стимулює роботу користувачів із системою.

При цьому функціональні можливості системи не повинні бути надмірні – якнайменше, в цьому випадку неефективно витрачаються кошти на впровадження СЕД, а також ускладнюється робота персоналу.

При впровадженні системи може бути зроблена одна помилка – коли до системи підключається надто мало співробітників, і СЕД не використовується повсякмістно. Наприклад, часом трапляється ситуація, коли організація витратила великі кошти на якісні комунікації, оновлення парку ПК та апаратного забезпечення в цілому, підготовку персоналу, але встановлює рішення всього на 15–20 робочих місць. Таким чином, вся вартість системи розподіляється лише на ці машини, роблячи ЕСД такою, що погано окуповується. До того ж у співробітників ще немає стимулу працювати із новою системою – оскільки більшість із них не підключені до неї і мають можливість працювати за старою технологією.

Після вибору конкретного продукту необхідно відпрацювати ті процеси, які збираються автоматизувати, провести тестування рішення в роботі, виявити всі недоліки. Ці задачі вирішуються на етапі пілотного проекту, в ході якого вибирається невелика кількість робочих місць, від 10–15 до 50 – залежно від масштабу організації. Цей проект дозволяє впевнитися у відповідності рішення поставленим задачам, і, якщо воно їх не задовольняє, відмовитися від впровадження без втрат значних коштів.

Цей період повинен займати від 3 до 6 місяців. Після його закінчення керівництву мають бути продемонстровані перші позитивні результати. Це може бути, наприклад, зниження непродуктивних часових витрат співробітниками. Без такої демонстрації отримати подальшу підтримку проекту з боку керівництва може бути складно [4].

Складнощі на наступних етапах зазвичай такі: недостатня проробленість документів, що регламентують процес документообігу, а також слабка увага до питання навчання користувачів. Підготовка нормативних правил з питань документообігу повинна вестись паралельно із дослідною експлуатацією, і передбачає розробку докладних інструкцій з діловодства для співробітників, відповідних наказів та положень.

Взагалі при розгорненні СЕД питанням навчання співробітників повинна приділятися найпильніша увага. Причому навчання має виконуватися на всіх етапах впровадження та на постійній основі. Замість цього на навчанні персоналу часто економлять – наприклад, вважаючи, що достатньо навчити одну людину, а вона вже навчить інших співробітників. При цьому дійсно достатньо складно навчити навіть 50 % співробітників без відриву від виробництва.

Виходом із такої ситуації буде організація дистанційного навчання безпосередньо на робочих місцях. При його організації потрібно спиратися на опис та розбір типових робочих ситуацій на конкретних прикладах. Такий принцип на практиці працює ефективніше, аніж звичайна довідка з функціональними описами системи, оскільки в завантажених основною роботою працівників здебільшого немає часу на її ретельне вивчення, особливо при виникненні проблеми – зазвичай, швидше діяти за аналогією.

Наразі в Україні вже прийняті нормативні документи “Про затвердження Порядку роботи з електронними документами у діловодстві та їх підготовки до передавання на архівне зберігання”, “Про електронні документи та електронний документообіг”, а також “Про електронний цифровий підпис” [3; 5; 6]. В апараті МВС України функціонує СЕД “Е-DOC”. Вже на жовтень 2017 року заплановано підбиття підсумків використання системи, узагальнення досвіду з метою впровадження СЕД у всіх підрозділах МВС та Національної поліції України.

Після виконання цього заходу можна очікувати підготовки до подальшого впровадження СЕД у підрозділах МВС та Національної поліції України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт розробника системи Megapolis. Документообіг. URL: <http://inbase.com.ua> (дата звернення 18.09.2017).
2. Двойленко І.В. Вирішення типових проблем впровадження систем електронного документообігу із застосуванням електронного цифрового підпису в органах державної влади. URL: <http://academy.gov.ua/> (дата звернення 18.09.2017).
3. Про електронний цифровий підпис: Закон України від 22.05.2003 № 852-IV. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/852-15> (дата звернення 18.09.2017).
4. Андрей Колесов. Неудачные проекты: в чем причина? URL: http://www.docflow.ru/news/analytics/detail.php?ID=15413&sphrase_id=10707118 (дата звернення 18.09.2017).
5. Про затвердження Порядку роботи з електронними документами у діловодстві та їх підготовки до передавання на архівне зберігання: наказ Міністерства юстиції України від 11.11.2014 № 1886/5. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1421-14> (дата звернення 18.09.2017).
6. Про електронні документи та електронний документообіг: Закон України від 22.05.2003 № 851-IV. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/851-15> (дата звернення 18.09.2017).

Отримано 26.09.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

УДК: 34.096 (006.83.012.024)

А.В. Клименко (ДНДІ МВС України),

І.В. Козакова (ДНДІ МВС України),

М.А. Бакал (ДНДІ МВС України)

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ У СФЕРІ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНУ З ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ДЕРЖАВНОГО НАУКОВО- ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ МВС УКРАЇНИ

Невід'ємною частиною Угоди про заснування СОТ і обов'язковою для всіх її членів, в тому числі для України, є Угода про технічні бар'єри в торгівлі, згідно з вимогами якої обов'язковими інструментами приведення якісних характеристик продукції є застосування технічних регламентів і процедур оцінки відповідності та сертифікації. Таким чином, з наукової точки зору, виникла необхідність розглянути основні положення Закону України № 124-VIII від 15.01.2015 "Про технічні регламенти та оцінку відповідності" з метою виявлення шляхів реалізації державної політики у сфері технічного регулювання в діяльності Органу з оцінки відповідності Державного науково-дослідного інституту Міністерства внутрішніх справ України.

Ключові слова: *технічний регламент, орган з оцінки відповідності, акредитація, принцип презумпції відповідності.*

Неотъемлемой частью Соглашения об основании МОТ и обязательной для всех ее членов, в том числе и Украины, выступает Соглашение о технических барьерах в торговле, согласно требованиям которого, обязательными инструментами проведения качественных характеристик продукции является применение технических регламентов и процедур оценки соответствия. В связи с этим, с научной точки зрения, возникла необходимость рассмотреть основные положения № 124-VIII от 15.01.2015 Закона Украины "О технических регламентах и оценки соответствия" с целью выявления путей реализации государственной политики в сфере технического регулирования в деятельности Органа по оценке соответствия Государственного научно-исследовательского института Министерства внутренних дел Украины.

Ключевые слова: *технический регламент, орган по оценке соответствия, аккредитация, принцип презумпции соответствия.*

An integral part of the Agreement on the Foundation of the ILO and binding on all its members, including Ukraine, is the Agreement on Technical Barriers to Trade, according to the requirements of which, mandatory technical tools for the performance of quality products are the application of technical regulations and conformity assessment procedures. In this connection, from the scientific point of view, it became necessary to consider the main

provisions of the Law of Ukraine "About Technical Regulations and Conformity Assessment" No. 124-VIII of 15.01.2015 in order to identify ways of implementing state policy in the field of technical regulation in the activities of the Authority for Conformity Assessment of the State Research Institute of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine.

Keywords: *technical regulations, body for conformity assessment, accreditation, the principle of presumption of conformity.*

Світова політика лібералізації зовнішньоторговельного режиму зумовила Україну в 1993 році подати заявку на вступ до Світової організації торгівлі, повноправне членство в якій було офіційно отримано в 2008 році. Такий крок прямо вплинув на процеси європейської інтеграції та формування позитивного іміджу України на світовому ринку товарів та послуг, де якість є важливим чинником.

Невід'ємною частиною Угоди про заснування СОТ і обов'язковою для всіх її членів, в тому числі для України, є Угода про технічні бар'єри у торгівлі, згідно з вимогами якої обов'язковими інструментами приведення якісних характеристик продукції є застосування технічних регламентів і процедур оцінки відповідності та сертифікації.

Питання розроблення, прийняття та застосування технічних регламентів і процедур оцінки відповідності, а також здійснення оцінки відповідності, у тому числі сертифікації, до 2015 року регламентувалося законами України: "Про підтвердження відповідності", "Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності" та Декретом Кабінету Міністрів України від 10.05.1993 № 46-93 "Про стандартизацію і сертифікацію" (далі – Декрет) [2; 3; 5].

Відповідно до зазначених нормативних актів в Україні була запроваджена система сертифікації продукції – Система УКРСЕПРО. Згідно з положенням системи сертифікації УКРСЕПРО сертифікація продукції – це процедура, за допомогою якої визнаний у встановленому порядку уповноважений орган документально підтверджує відповідність продукції, систем управління якістю, систем управління навколишнім середовищем, систем управління охороною праці персоналу встановленим законодавством вимогам, що діють в Україні [8].

Система УКРСЕПРО передбачає як обов'язкову, так і добровільну сертифікація в межах законодавчо регульованої сфери та, відповідно, законодавчо нерегульованої сфери.

Законодавчо регульована сфера – це сфера, в якій вимоги до продукції та умови введення її в обіг регламентує законодавство (наприклад, директива ЄС або національне законодавство країн ЄС, технічні регламенти з оцінки відповідності в Україні тощо). Таким чином, продукція, яка підлягає обов'язковій сертифікації в державній системі сертифікації, включена до офіційного державного нормативного акта "Перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні" та проводиться відповідними акредитованими органами з сертифікації будь-якої форми власності, призначеними центральним органом виконавчої влади – Міністерством економічного розвитку і торгівлі України, що реалізує державну політику у сфері технічного регулювання на здійснення цієї діяльності.

Законодавчо нерегульована сфера – це сфера, в якій вимоги до продукції та умови введення її в обіг не регламентуються законодавством. Таким чином, добровільна сертифікація проводиться у порядку, визначеному цивільно-правовим договором між заявником (виробником, постачальником) та органом з сертифі-

кації, в результаті чого підтверджується відповідність продукції заявленим вимогам [8]. Метою добровільної сертифікації є реклама продукції, освоєння нових ринків збуту, формування і підтримка іміджу фірми, в тому числі, якщо сертифікація зумовлена умовами постачання продукції.

Сертифікацію в системі УКРСЕПРО проводять винятково органи з сертифікації, а в разі їх відсутності – організації, що виконують функції із сертифікації продукції за дорученням Міністерства економічного розвитку і торгівлі України.

Водночас, керуючись взятими на себе зобов'язаннями та принципами адаптації національного законодавства до норм Європейського Союзу, Верховною Радою України було прийнято Закон України “Про технічні регламенти та оцінку відповідності” № 124-VIII від 15.01.2015 (далі – ЗУ № 124-VIII від 15.01.2015) [1], головною метою якого визнано встановлення на основі положень Угоди про технічні бар'єри в торгівлі єдиних правових та організаційних засад діяльності у сфері технічного регулювання шляхом консолідації в окремому законодавчому акті норм Декрету та законів України “Про підтвердження відповідності” та “Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності” (втратили чинність у зв'язку з неузгодженістю між собою та наявністю дублюючих норм).

Так, відповідно до прикінцевих положень ЗУ № 124-VIII від 15.01.2015 Декрет втрачає чинність з 1 січня 2018 року, тобто законодавцем визначено кінцеву дату скасування обов'язкової сертифікації продукції.

Зазначені зміни були прийняті з урахуванням директив Нового та Глобального підходу щодо нотифікації органів з оцінки відповідності з урахуванням вимог, яким повинні відповідати такі органи (*принцип презумпції відповідності певним вимогам*).

Як вбачається з приписів норм ЗУ № 124-VIII від 15.01.2015, скасування обов'язкової сертифікації буде проведено шляхом:

1) розроблення та прийняття уповноваженими органами державної влади технічних регламентів та процедур оцінки відповідності на основі міжнародних стандартів, регіональних стандартів, національних стандартів України чи інших держав, актів Європейського Союзу, інших економічних об'єднань або інших держав чи відповідних частин таких стандартів і актів законодавства;

2) зміни вимог до органів з сертифікації та оцінки відповідності та порядок надання повноважень таким органам для виконання ними як третіми сторонами певних завдань з оцінки відповідності, згідно з відповідним технічним регламентом, зокрема стосовно видачі (відмови у видачі) рішень про призначення (обмеження сфери призначення, тимчасового припинення чи поновлення дії рішень про призначення, анулювання рішень про призначення) органів з оцінки відповідності.

Таким чином, визначившись із вектором реалізації реформи, законодавець, відповідно, передбачив систему органів виконавчої влади у сфері технічного регулювання, до якої належать:

1) Кабінет Міністрів України, основними повноваженнями якого є: спрямування і координація центральних органів виконавчої влади у сфері технічного регулювання; визначення сфер діяльності центральних органів виконавчої влади з технічного регулювання та затвердження технічних регламентів та процедур оцінки відповідності, застосування яких передбачене технічними регламентами тощо;

2) центральний орган виконавчої влади – Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, що формує та реалізує державну політику у сфері технічного регулювання, а саме: затверджує план розроблення та погоджує технічні регламенти та процедури оцінки відповідності; визначає порядок формування і ведення баз даних технічних регламентів, інформації, отриманої від призначених органів з оцінки відповідності та реєстру призначених органів з оцінки відповідності; здійснює організаційно-розпорядчі функції щодо призначення та реєстрації органів з оцінки відповідності тощо;

3) інші центральні органи виконавчої влади у сфері технічного регулювання (наприклад, МВС, МОЗ, ДСНС, Мінрегіон та інші) до компетенції яких належить: розроблення та перегляд технічних регламентів та процедур оцінки відповідності у визначених сферах діяльності; впровадження та затвердження в межах компетенції технічних регламентів та методичних рекомендацій із їхнього застосування; затвердження переліків національних стандартів, що надають презумпцію відповідності продукції вимогам технічного регламенту; оцінювання претендентів на призначення органами з оцінки відповідності та приймання участі у проведенні моніторингу призначених органів з оцінки відповідності.

З огляду на викладене вище, Міністерство внутрішніх справ України на підставі Постанови КМУ № 1057 від 16.12.2015 здійснює функцію технічного регулювання у сфері охорони громадського порядку та забезпечення громадської безпеки (в тому числі регулює використання піротехнічних виробів; технічних засобів охоронного призначення; спеціальних засобів індивідуального захисту та активної оборони; мисливської і спортивної вогнепальної зброї; холодної зброї: конструктивно схожих зі зброєю виробів для розваг і відпочинку) [6].

Орган із сертифікації продукції в Державному науково-дослідному інституті МВС України діє з дати реєстрації спільного наказу від 22.02.1994 № 114/37 Міністерства внутрішніх справ та Державного комітету України по стандартизації, метрології та сертифікації.

Наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 23.03.2012 № 385 “Про призначення органів з оцінки відповідності на відповідність продукції вимогам технічних регламентів” Державний науково-дослідний інститут Міністерства внутрішніх справ України призначено органом з оцінки відповідності продукції (ООВ ДНДІ МВС України) вимогам Технічного регламенту піротехнічних виробів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 03.08.2011 № 839.

Водночас, як було зазначено, Законом України № 124-VIII від 15.01.2015 до органів з оцінки відповідності застосовуються нові вимоги для виконання функціональних завдань згідно з технічними регламентами.

Однією з таких вимог, що впливає на призначення відповідного органу з оцінки відповідності, є акредитація, що проводиться Національним агентством з акредитації України [4]. Під час акредитації орган зобов'язаний довести свою відповідність критеріям, установленим національними стандартами, в результаті чого надається презумпція відповідності.

Таким чином, підтримуючи державну політику у сфері технічного регулювання, наказом ДНДІ МВС України від 26.05.2016 № 99 “Про вдосконалення діяльності ОС ДНДІ МВС України” з метою виконання вимог Закону № 124-VIII від 15.01.2015 з 01.06.2016 було введено в дію документи системи управління органу

з сертифікації продукції ДНДІ МВС України (Настанова СУ ОС ДНДІ МВС України, схеми сертифікації ДНДІ МВС України та ін.).

Настанова СУ ОС ДНДІ МВС України є основним організаційно-методичним документом, у якому визначено принципи та процеси функціонування системи управління органу з сертифікації продукції. Настанова містить опис системи управління, демонстрації її відповідності вимогам міжнародного стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014 “Оцінка відповідності. Вимоги до органів з сертифікації продукції, процесів та послуг”, що має забезпечити дотримання визначених у цьому стандарті принципів проведення оцінки відповідності [7].

Міжнародний стандарт ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014 входить до Переліку національних стандартів, відповідність яким надає презумпцію відповідності органів з оцінки відповідності і визнаних незалежних організацій спеціальним вимогам до призначених органів з оцінки відповідності чи визнаних незалежних організацій. До цього Переліку включено національні стандарти, що є ідентичними гармонізованими європейським стандартам у рамках реалізації Рішення № 768/2008/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 09.07.2008 про загальні рамки реалізації продукції та скасування Рішення Ради 93/465/ЄЕС затвердженого наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 25.02.2016 № 308.

Отже, введення та затвердження Настанови системи управління ОС ДНДІ МВС України відповідно до вимог міжнародного стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014 – це, в першу чергу, забезпечення вимог акредитації, що дає можливість здійснювати оцінку відповідності згідно з європейськими вимогами якості та відповідати ним.

Запровадження та введення Настанови системи управління органу з оцінки відповідності ДНДІ МВС України згідно з вимогами Міжнародного стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014 забезпечує ті зміни вимог до органів з сертифікації та оцінки відповідності, які регламентує Закон № 124-VIII від 15.01.2015.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 15.01.2015 № 124-VIII. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19> (дата звернення 03.07.2017).
2. Про підтвердження відповідності: Закон України від 17.05.2001 № 2406-III. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2406-14> (дата звернення 10.07.2017).
3. Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності: Закон України від 01.12.2005 № 3164-IV. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3164-15> (дата звернення 24.07.2017).
4. Про акредитацію органів з оцінки відповідності: Закон України від 17.05.2001. 2407-III. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2407-14> (дата звернення 12.07.2017).
5. Про стандартизацію і сертифікацію: Декрет Кабінету Міністрів України від 10.05.1993 № 46-93. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/46-93> (дата звернення 17.07.2017).
6. Про визначення сфер діяльності, в яких центральні органи виконавчої влади здійснюють функції технічного регулювання: Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2015 № 1057. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1057-2015-%D0%BF> (дата звернення 20.07.2017).
7. ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014. Оцінка відповідності. Вимоги до органів з сертифікації продукції, процесів та послуг. URL: http://document.ua/ocinka-vidpovidnosti_-vimogi-do-organiv-z-sertifikaciyi-prod-std30075.html (дата звернення 19.07.2017).
8. Бурбела О.В, Шалагай Ю.О. Розвиток системи управління якістю продукції в Україні. Економічний простір. 2011. № 49. 315 с.

Отримано 04.09.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

УДК 006:001.89(477)

О.В. Горецький (ДНДІ МВС України),
Т.І. Шапочка,
к.ю.н. (ДНДІ МВС України)

ОКРЕМІ АСПЕКТИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В УКРАЇНІ

У статті дається оцінка стану забезпечення технічного регулювання та стандартизації в Україні. Здійснено аналіз процесу реформування технічного регулювання в Україні, а також стану законодавчого регулювання цієї сфери. Представлено основні досягнення відносно зобов'язань держави щодо вирішення технічних бар'єрів у торгівлі та сформовані основні напрями законодавчого реформування системи технічного регулювання в Україні.

Ключова слова: *технічне регулювання, стандартизація, оцінка відповідності, стандарт.*

В статье даётся оценка состояния обеспечения технического регулирования и стандартизации в Украине. Осуществлен анализ процесса реформирования технического регулирования в Украине, а также состояния законодательного регулирования этой сферы. Представлены основные достижения относительно обязательств государства по решению технических барьеров в торговле и сформированы основные направления законодательного реформирования системы технического регулирования в Украине.

Ключевые слова: *техническое регулирование, стандартизация, оценка соответствия, стандарт.*

Paper gives an assessment of the state of technical regulation and standardization in Ukraine. The analysis of the process of reforming the technical regulation in Ukraine, as well as the state of legislative regulation of this sphere, was carried out. The main achievements concerning the state's obligations to resolve technical barriers to trade are presented and the main directions of legislative reform of the technical regulation system in Ukraine are formed.

Keywords: *technical regulation, standardization, conformity assessment, standard.*

Фундаментальною основою функціонування єдиного світового ринку є вільне переміщення товарів. Наявність у міжнародній торгівлі технічних бар'єрів створює перешкоди як для виходу української продукції на європейські та міжнародні ринки, так і для доступу вітчизняних споживачів до якісних закордонних продуктів. Механізми ліквідації технічних бар'єрів у торгівлі базуються на взаємному визнанні результатів оцінки відповідності, що забезпечується в результаті технічної гармонізації стандартів [1].

З метою подолання технічних бар'єрів країни СНД підписали Угоду про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології і сертифікації 12 березня 1992 року й Угоду про принципи проведення та взаємного визнання робіт з сертифікації 4 червня 1992 року [2; 3].

На виконання зазначених документів Україна уклала двосторонні угоди з країнами-членами СНД, якими передбачене взаємне визнання робіт із сертифікації продукції, які є чинними і сьогодні.

Завдяки цим Угодам українські підприємства мають можливість проводити сертифікацію продукції в Україні та безперешкодно постачати її в країни-підписанти Угод.

В Угоді про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології і сертифікації зазначено, що Уряди держав-учасниць цієї Угоди, маючи повну самостійність у питаннях формування і реалізації систем стандартизації, метрології та організації робіт у цій галузі:

- використовують основні положення діючих систем стандартизації, метрології та розвивають їх відповідно до ринкової економіки, гармонізуючи з міжнародними нормами і правилами;
- визнають діючі стандарти “ГОСТ” як міждержавні;
- зберігають аббревіатуру “ГОСТ” за новими міждержавними стандартами, передбачаючи гармонізацію їхніх вимог з міжнародними, регіональними і першовими національними стандартами;
- виконують роботи із сертифікації на основі загальних організаційно-методичних положень через створені урядами національні органи із сертифікації;
- визнають існуючі державні еталони одиниць фізичних величин як міждержавні;
- узгоджено вирішують правові, економічні й організаційні питання стандартизації, метрології та сертифікації, зокрема на основі двосторонніх або багатосторонніх договорів, програм і технічних проектів.

Реформування системи технічного регулювання України було розпочато у 2001 році і цей процес триває досі. Зі вступом України у 2008 році до Світової організації торгівлі (СОТ) український уряд взяв на себе низку зобов'язань, пов'язаних із подальшим реформуванням системи технічного регулювання, що вимагає встановлення преференційних торгових відносин на основі набору відповідних норм та правил.

Розпочата в Україні реформа технічного регулювання та прийняті в 2014–2015 роках закони України “Про стандартизацію”, “Про технічні регламенти та оцінку відповідності”, “Про метрологію та метрологічну діяльність” в цілому відповідають зобов'язанням України в межах Угоди про асоціацію щодо адаптації українського законодавства у цій сфері до законодавства ЄС.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Серед вітчизняних та зарубіжних науковців найбільш повно займалися розробкою теоретичних і методологічних засад удосконалення системи технічного регулювання такі вчені-економісти, як: А. Брайден, Р. Тані, М. Танака, Й. Уцумі, Г. Воронін, Ф. Давидовський, Л. Лопатніков, В. Коршунов, Н. Московська, Н. Сапухіна, О. Язвінська та ін.

Дуже вдало розглядає процес реформування технічного регулювання в Україні та його відповідність європейським стандартам Н. Хвищун [4], а питання розробки порівняння системи сертифікації та стандартизації в деяких країнах світу та в Україні – В. Дятлова [5]. Однак у вітчизняній літературі проблемам та шляхам удосконалення системи технічного регулювання та стандартизації приділено недостатньо уваги.

Постановка завдання.

У зв'язку з цим, метою статті є аналіз стану, виявлення проблем і шляхів удосконалення технічного регулювання та стандартизації в Україні.

Виклад основного матеріалу.

Адаптація вітчизняного законодавства до міжнародних правил та норм (більше до європейських) у сфері технічного регулювання здійснюється на основі законів України “Про акредитацію органів з оцінки відповідності”, “Про стандартизацію”, “Про технічні регламенти та оцінку відповідності” [6; 7; 8].

10 лютого 2016 року набув чинності Закон України від 15 січня 2015 року № 124-VIII “Про технічні регламенти та оцінку відповідності” (далі – закон № 124-VIII), який визначає правові та організаційні засади розроблення, прийняття та застосування технічних регламентів і передбачених ними процедур оцінки відповідності, а також здійснення добровільної оцінки відповідності [8].

Відповідно до статті 9 закону № 124-VIII цілями прийняття технічних регламентів є захист життя та здоров'я людей, тварин і рослин, охорона довкілля та природних ресурсів, забезпечення енергоефективності, захист майна, забезпечення національної безпеки та запобігання підприємницькій практиці, що вводить споживача (користувача) в оману.

Технічні регламенти розробляються, приймаються та застосовуються на основі принципів, установлених Угодою Світової організації торгівлі про технічні бар'єри в торгівлі, що є додатком до Марракеської угоди про заснування Світової організації торгівлі 1994 року [9].

Також у зв'язку з прийняттям закону № 124-VIII втратив чинність Закон України від 01.12.2005 р. № 3164-IV “Про технічні регламенти та процедури оцінки відповідності” [10]. Закон № 124-VIII на відміну від останнього містить розширений понятійний апарат, який, зокрема, включає такі поняття, як гармонізований європейський стандарт, декларування відповідності, об'єкт оцінки відповідності, сертифікація та ін.

Технічне регулювання – правове регулювання відносин у сфері визначення та виконання обов'язкових вимог до характеристик продукції або пов'язаних із ними процесів та методів виробництва, а також перевірки їх додержання шляхом оцінки відповідності та/або державного ринкового нагляду і контролю нехарчової продукції чи інших видів державного нагляду (контролю) [8].

3 січня 2015 року набув чинності Закон України від 05.06.2014 № 1315-VIII “Про стандартизацію”, який установлює правові та організаційні засади стандартизації в Україні і спрямований на забезпечення формування і реалізації державної політики у відповідній сфері [7].

При цьому стандарт визначено як нормативний документ, заснований на консенсусі, прийнятий визнаним органом, що встановлює для загального і неодноразового використання правила, настанови або характеристики щодо діяльності чи її результатів, та спрямований на досягнення оптимального ступеня впорядкованості в певній сфері [7].

На нашу думку, добровільна стандартизація, з одного боку, звільняє державу від тягаря реалізації програм стандартизації, а з іншого – через її гнучкість та відповідність мінливим потребам ринку дотримання будь-яких національних, міжнародних і корпоративних стандартів не дає споживачеві повної впевненості в якості продукції і, насамперед, через неможливість детально вивчити значну кількість різних документів.

Вимоги технічних регламентів поширюються на товари вітчизняного та іноземного виробництва незалежно від їх походження.

Згідно із законом № 124-VIII технічний регламент – це нормативно-правовий акт, у якому визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні процедурні положення, додержання яких є обов'язковим. Він може також включати або виключно стосуватися вимог до термінології, позначень, пакування, маркування чи етикетування в тій мірі, в якій вони застосовуються до продукції, процесу або методу виробництва. Якщо технічний регламент розробляється на основі акта законодавства Європейського Союзу, зміст, форма та структура такого технічного регламенту мають максимально повно й точно відповідати змісту, формі та структурі відповідного акта законодавства Європейського Союзу з урахуванням можливості врегулювання конкретних суспільних відносин нормами актів законодавства України.

Якщо іноземний технічний регламент не є еквівалентним відповідному українському, імпортер повинен використовувати національний регламент. Однак оскільки всі технічні регламенти приводяться до європейських, то, відповідно, європейським імпортерам покращуються умови під час увезення товарів на митну територію України, що зменшує можливість Уряду контролювати обсяги імпорту. Українським же виробникам прийдеться ще достатньо довго переоснащувати власне виробництво, підлаштовувати до нових технічних регламентів.

Починаючи з 2011 року, відповідно до Робочої програми розроблення технічних регламентів на період до 2020 року, Україною вже вдосконалюються технічні регламенти. Станом на 18.08.2017 в Україні діє 53 технічних регламенти, що відповідають Директивам ЄС [13].

Згідно із законом № 124-VIII оцінка відповідності вимогам технічних регламентів здійснюється у випадках і шляхом застосування процедур оцінки відповідності, які визначені в таких технічних регламентах (ст. 25) [8]. Для виконання завдань з оцінки відповідності вимогам технічних регламентів у випадках, визначених у відповідних технічних регламентах чи передбачених ними процедурах оцінки відповідності, повинні або можуть бути залучені такі органи з оцінки відповідності:

– призначені органи, якими є органи із сертифікації та органи з інспектування, а для виконання окремих завдань з оцінки відповідності будівельних виробів – також випробувальні лабораторії;

– визнані незалежні організації – для виконання визначених завдань з оцінки відповідності технології виконання нерознімних з'єднань, персоналу, який виконує нерознімні з'єднання, та/або персоналу, який проводить неруйнівний контроль, згідно з технічним регламентом щодо обладнання, що працює під тиском;

– акредитовані випробувальні лабораторії виробників – для виконання визначених завдань з випробувань (контролю) продукції, які визначені в деяких процедурах оцінки відповідності, якщо такими процедурами для виробника передбачений вибір щодо звернення до власної акредитованої випробувальної лабораторії або до призначеного органу.

Станом на 19.08.2017 в Україні діє 687 органів з оцінки відповідності, які мають чинну акредитацію [11].

**Перелік органів з оцінки відповідності,
що мають чинну акредитацію станом на 19.08.2017**

Назва	Кількість
Випробувальні лабораторії	453
Калібрувальні лабораторії	22
Медичні лабораторії	2
Органи з сертифікації продукції, процесів	117
Органи з сертифікації персоналу	12
Органи з інспектування	25
Органи з сертифікації систем менеджменту	56
Всього	687

Сертифікацію здійснюють саме органи, які пройшли акредитацію з оцінки відповідності. Сертифікація проводиться на відповідність нормативним документам. За результатами проведення сертифікації у разі позитивного рішення уповноваженого органу з сертифікації заявникові видається сертифікат відповідності, зразок якого затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади у сфері підтвердження відповідності [12].

Продукція, що пройшла процедуру оцінки відповідності маркується національним знаком відповідності. Поряд із національним знаком відповідності наноситься ідентифікаційний номер призначеного органу, що провів процедуру оцінки відповідності.

Існування значної кількості основних та додаткових знаків маркування на пакуванні та різної інформації про начебто безпечність товару призводить до неспроможності споживачів адекватно оцінити якість продукції та дозволяє недобросовісним виробникам вводити їх в оману.

Велика кількість різноманітних стандартів, необхідність вибору кожним підприємством національних, міжнародних та іноземних стандартів, залежно від маркетингової стратегії, планів з експорту продукції, наявності імпорتنих аналогів, ставлять нові складні завдання перед системою інформаційного

забезпечення технічного регулювання та стандартизації, зумовлюють необхідність повноти і системності подання інформації про стандарти.

Очевидно, що в умовах інформаційного перенасичення, динамічного процесу вдосконалення стандартів, підприємства, особливо малого та середнього бізнесу, не в змозі самостійно орієнтуватися у співвідношенні різних національних і міжнародних стандартів, а також враховувати процеси їх розвитку, знайомитися з проектами стандартів, які готуються до прийняття, без чого неможливо планувати виробництво і успішно конкурувати на ринку. Це вимагає синтезу інформації про різні види стандартів у єдину систему знання в галузі стандартизації. Тільки в її рамках підприємства зможуть отримувати сучасну, актуальну інформацію про стандарти.

Таким чином, нині в Україні створено відповідну нормативно-правову базу, яка запроваджує нову систему технічного регулювання, що відповідає ключовим принципам системи технічного регулювання ЄС.

Підсумовуючи, слід зазначити, що необхідність подальшого реформування системи технічного регулювання значною мірою зумовлюється поєднанням таких трьох чинників:

- усунення технічних бар'єрів у торгівлі між ЄС та Україною;
- зобов'язання, які взяла Україна при вступі до СОТ;
- необхідність модернізації економіки шляхом збільшення обсягу інвестицій

та підвищення рівня конкурентоспроможності вітчизняної продукції на світовому ринку.

МВС України відповідно до законодавства бере участь у формуванні державної політики у сфері технічного регулювання та стандартизації, забезпечує розроблення технічних регламентів, державних стандартів, технічних умов та інших нормативно-правових актів, а також забезпечує проведення комплексу робіт із сертифікації та випробування продукції у сфері технічного регулювання МВС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Угода про технічні бар'єри в торгівлі. Інформаційний бюлетень з міжнародної стандартизації. 2005. № 1. С. 84–97.
2. Угода про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології і сертифікації. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/997_102 (дата звернення 03.07.2017).
3. Угода про принципи проведення та взаємного визнання робіт з сертифікації 4 червня 1992 року. URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/643_099 (дата звернення 05.07.2017).
4. *Хвищун Н. В., Дика М. П.* Система технічного регулювання в Україні: стан та напрями реформування. URL: archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/ekfor/.../4.pdf (дата звернення 07.07.2017).
5. *Дятлова В. В.* Система організаційно-технічного регулювання економіки: трансформаційні процеси в Україні: монографія. Донецьк: ВІК, 2011. 399 с.
6. Про акредитацію органів з оцінки відповідності: Закон України від 17 травня 2001 року № 2407-III. Відомості Верховної Ради України. 2001. № 32. Ст. 170.
7. Про стандартизацію: Закон України від 15 січня 2015 року № 124-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2015. № 14. Ст. 96.
8. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 15 січня 2015 року № 124-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2015. № 14. Ст. 96.
9. Марракеська угода про заснування Світової організації торгівлі. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_342 (дата звернення 10.07.2017).

10. Про технічні регламенти та процедури оцінки відповідності: Закон України від 1 грудня 2005 року № 3164-IV. Відомості Верховної Ради України. 2006. № 12. Ст. 101.

11. Офіційний сайт Міністерства економічного розвитку і торгівлі України. URL: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/category/main?cat_id=188218 (дата звернення 12.07.2017).

12. Реєстр акредитованих ООБ. URL: <https://naau.org.ua/reestr-akreditovanih-ooob/> (дата звернення 14.07.2017).

13. Робоча програма розроблення технічних регламентів на період до 2020 року. URL: http://www.leonorm.com/p/NL_DOC/UA/201001/Nak_567.htm (дата звернення 17.07.2017).

14. Про заходи щодо вдосконалення діяльності у сфері технічного регулювання та споживчої політики: Указ президента України від 13.07.2005. № 1105/2005. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1105/2005> (дата звернення 19.07.2017).

Отримано 25.09.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

КРИМІНАЛІСТИЧНА ТЕХНІКА ТА МЕТОДИКА

УДК 342.9:615.07

Б.Є. Лук'янчиков,
к.ю.н., доц. (ДНДІ МВС України),
В.Є. Лук'янчикова (ДНДІ МВС України)

СУЧАСНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ НАРКОТИЧНОГО СП'ЯНІННЯ

Стаття присвячена висвітленню особливостей технічного забезпечення діяльності Національної поліції України засобами виявлення у водіїв транспортних засобів ознак наркотичного сп'яніння. За результатами проведеного дослідження виділено сукупність проблем, з якими може зіштовхнутися поліцейський під час проведення освідування осіб на предмет встановлення стану сп'яніння. Надано авторські пропозиції та рекомендації щодо вдосконалення технічного забезпечення працівників Національної поліції з метою швидкого та об'єктивного встановлення фактів наркотичного сп'яніння громадян у польових умовах.

Ключові слова: наркотичне сп'яніння, аналізатор, ознаки, медичний огляд, освідування, спеціальні знання.

Статья посвящена освещению особенностей технического обеспечения деятельности Национальной полиции Украины средствами выявления у водителей транспортных средств признаков наркотического опьянения. По результатам проведенного исследования выделена совокупность проблем, с которыми может столкнуться полицейский во время проведения освидетельствования водителей относительно установления состояния опьянения. Представлены авторские предложения и рекомендации относительно усовершенствования технического обеспечения сотрудников Национальной полиции с целью быстрого и объективного установления фактов наркотического опьянения граждан в полевых условиях.

Ключевые слова: наркотическое опьянение, анализатор, признаки, медицинский осмотр, освидетельствование, специальные знания.

Paper is devoted to highlighting the technical support features of the National Police of Ukraine by means of revealing signs of drug intoxication among drivers. According to the results of the research, a set of problems that a policeman may encounter during the survey of drivers regarding the state of intoxication is highlighted. The authors' proposals and recommendations on the improvement of the technical support of the National Police officers are presented with a view to quick and objective establishment of the facts of drug intoxication of citizens in the field.

Keywords: narcotic intoxication, analyzer, signs, medical examination, examination, special knowledge.

Незважаючи на всі заходи, які запроваджуються в нашій країні, кількість тяжких аварій, винуватцями яких є п'яні водії, не зменшується. Новини щотижнево майорять заголовками про гучні погоні та затримання осіб, які перебувають у стані наркотичного або алкогольного сп'яніння [1]. Офіційна статистика свідчить, що у 2013 році кількість зареєстрованих дорожньо-транспортних пригод, вчинених з вини водіїв, що знаходяться у стані сп'яніння, склала – 2188, у 2014 році – 2344, у 2015 році – 2358, у 2016 році – 1962, а за п'ять місяців 2017 – 402 [2]. Слід враховувати, що в більшості країн на пострадянському просторі керування транспортними засобами у стані сп'яніння вважається майже “нормою”. На жаль, окремий облік різних видів сп'яніння не проводиться.

Одним із головних нормативних документів, якими керуються патрульні поліцейські Національної поліції України щодо встановлення стану сп'яніння водіїв транспортних засобів, а також застосування спеціальних технічних засобів для встановлення факту сп'яніння, є Інструкція про порядок виявлення у водіїв транспортних засобів ознак алкогольного, наркотичного чи іншого сп'яніння або перебування під впливом лікарських препаратів, що знижують увагу та швидкість реакції (далі – Інструкція), яка затверджена спільним наказом МОЗ України та МВС України від 09.11.2015 № 1452/735 [3].

Слід звернути увагу на те, що ця Інструкція досить ґрунтовно розкриває все, що стосується алкогольного сп'яніння (одиниці виміру, кількісну пропорцію тощо), і, на жаль, майже нічого не тлумачить щодо стану наркотичного або іншого виду сп'яніння. Зокрема, в пункті 7 другого розділу Інструкції зазначено, що встановлення стану сп'яніння здійснюється на підставі огляду, який проводиться згідно з вимогами цієї Інструкції поліцейським з використанням спеціальних технічних засобів [3, п. 7]. Тобто слід акцентувати увагу на тому, що в Україні дозволено використання спеціальних технічних засобів для виявлення водіїв у стані сп'яніння та з'ясування, у якому саме стані сп'яніння (алкогольному чи наркотичному) вони перебувають. Причому висновок патрульного про стан наркотичного сп'яніння вельми імовірний, оскільки ґрунтується лише на зовнішніх ознаках, передбачених в Інструкції. На жаль, технічної можливості пересвідчитись у цьому питанні безпосередньо на місці зупинки сучасна патрульна служба не має у зв'язку з відсутністю в її оснащенні відповідних аналізаторів. Тобто для з'ясування зазначеного питання відповідно до Інструкції патрульний зобов'язаний здійснити доставку підозрюваного до відповідного медичного закладу.

Згідно з Інструкцією висновок про стан водія, якого перевіряють, ґрунтується на узагальнених даних комплексного медичного тестування з урахуванням результатів лабораторних досліджень. Вважаємо, що це не завжди зручно, як для поліцейського, так і для особи, яку підозрюють у вживанні наркотичних засобів, оскільки потребує додаткового часу та відхилення від маршруту слідування.

Для провадження освідування в лабораторних умовах використовуються спеціальні технічні засоби як закордонного, так і вітчизняного виробництва, які зареєстровані і дозволені до використання Міністерством охорони здоров'я України.

Сучасні технічні засоби та методи визначення виду та концентрації наркотичної речовини в організмі людини дозволяють проводити тестування за різноманітними біологічними зразками (кров, сеча, слина, волосся, нігті тощо.). Зро-

зуміло, що відбір зазначених вище зразків окрім слини на місці зупинки транспортного засобу пов'язаний із певними труднощами, та етичними заборонами.

На нашу думку, найзручнішим способом визначення в польових умовах (на місці зупинки автомобіля) наявності наркотичного сп'яніння у водія, який не потребує спеціальної медичної підготовки, являється застосування сучасних електронних приладів, що досліджують слину людини і називаються аналізаторами.

Розмаїття представлених на ринку України моделей сучасних аналізаторів здатне задовольнити широкий загал споживачів. Але слід наголосити, що працівники Національної поліції під час несення служби мають право користуватися лише тими технічними засобами (аналізаторами), які офіційно зареєстровані Всеукраїнським державним науково-виробничим центром стандартизації, метрології сертифікації та захисту прав споживачів” (ДП “Укрметртестстандарт”) та внесені до Державного реєстру медичної техніки та виробів медичного призначення. До них належать аналізатори американського, китайського, російського, німецького та австрійського виробництва.

За даними Держлікслужби України державна реєстрація медичних виробів проводилася відповідно до Порядку державної реєстрації медичної техніки та виробів медичного призначення, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 09.11.2004 № 1497, яка 01.07.2015 втратила чинність. Саме тому інформація щодо реєстрації медичних виробів надана станом на 30.06.2015 (див. таб. 1).

Таблиця 1

Перелік медичних виробів, внесених до Державного реєстру медичної техніки та виробів медичного призначення і дозволених до застосування на території України

Номер свідоцтва	Дата свідоцтва	Назва медичного виробу	Виробник, країна
14808/2015	12.06.2015	Тести для виявлення наркотичних речовин у сечі SNIPER®	Alfa Scientific Designs, Inc., USA
14045/2014	27.06.2014	Набори тестів та касет для експрес-діагностики імунохроматографічним методом	Biomerica, Inc., USA
11922/2012	11.10.2012	Тести для виявлення наркотичних речовин у сечі SNIPER®	Alfa Scientific Designs, Inc., USA
11682/2012	13.07.2012	Тести для виявлення наркотичних речовин	Alfa Scientific Designs, Inc., USA
10271/2011	11.03.2011	Експрес-тести діагностичні для діагностики наркотичних речовин	Ameritek USA, Inc., USA
4162/2005	20.07.2010	Тести для виявлення наркотичних речовин	Alfa Scientific Designs, Inc., USA
13937/2014	29.05.2014	Швидкі тести імунохроматографічні на виявлення наркотичних речовин “New Vision Diagnostics “Профітест”	InTec PRODUCTS. INC (Xiamen), China
11317/2012	13.03.2012	Тести імунохроматографічні для виявлення наркотичних сполук та їх метаболітів у сечі людини	Товариство з обмеженою відповідальністю “ФАКТОР-МЕД”, Російська Федерація

Номер свідоцтва	Дата свідоцтва	Назва медичного виробу	Виробник, країна
11517/2012	08.06.2012	Швидкі тести для виявлення наркотиків у сечі Dima DOA™	Dima Gesellschaft fur Diagnostika mbH, Germany
10897/2011	11.10.2011	Аналізатор наркотичних засобів і психотропних речовин в рідині порожнини рота Drager DrugTest® 5000	Drager Safety AG & Co. KGaA, Germany
10898/2011	11.10.2011	Тест-комплект до аналізатора наркотичних засобів і психотропних речовин в рідині порожнини рота Drager DrugTest® 5000	Drager Safety AG & Co. KGaA, Germany
12298/2012	29.12.2012	Експрес-тести для визначення наркотиків	DIALAB GmbH, Austria

Водночас з 01.07.2015 обов'язковими стали вимоги Технічного регламенту щодо медичних виробів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 02.10.2013 № 753, Технічного регламенту щодо медичних виробів для діагностики *in vitro*, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 02.10.2013 № 754 та Технічного регламенту щодо активних медичних виробів, які імплантують, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 02.10.2013 № 755 [4]. Відтепер прилади для виявлення наркотичних речовин в організмі людини мають відповідати вимогам зазначених вище регламентів.

Лідером у розробці та виробництві техніки для встановлення в організмі людини наркотичних засобів і психотропних речовин саме за слиною є німецька фірма "Drager". Прилади під цією маркою належать до категорії професійних аналізаторів, призначених для одночасного виявлення у рідині ротової порожнини (слині) людини наркотичних засобів та психотропних речовин таких груп: опіати, канабіноїди, кокаїн, амфетамін, метамфетамін, бензодіазепіни з метою якісної діагностики (*in vitro*). Виявлення та ідентифікація наведених вище речовин здійснюється за допомогою тест-комплекту Drager DrugTest 5000 (див. рис. 1) [5].



Рис. 1. Тест-комплект Drager DrugTest 5000.

Цей пристрій – портативний (вага 4,5 кг) мобільний аналізатор, який складається із трьох компонентів:

1. Аналізатор Drager DrugTest 5000;
2. Блок живлення (12 В постійної напруги) із мережевим шнуром;
3. Двадцять тест-комплектів Drager DrugTest 5000.

Зокрема, існують і додаткові приналежності, які поставляються за окремим замовленням:

- 1) тест-комплекти Drager DrugTest 5000 – 20 шт. в упаковці;
- 2) навчальні тест-комплекти Drager DrugTest 5000 – 20 шт. в упаковці;
- 3) контейнер для збору і зберігання проб рідини ротової порожнини Drager DCD 5000 (Drug Collection Device) – 20 шт. в упаковці;
- 4) флакон Drager SSK 5000 (Surface Screening Kit) для збору та аналізу поверхневих проб (змиви з поверхні) – 20 шт. в упаковці;
- 5) спеціальний принтер Drager Mobile printer;
- 6) адаптер до принтера;
- 7) компактна клавіатура для вводу даних;
- 8) сканер штрих-коду;
- 9) адаптер живлення від 12 В;
- 10) контейнер для транспортування аналізатора;
- 11) кейс для зберігання та транспортування аналізатора;
- 12) з'єднувальний кабель для комутації з комп'ютером.

Аналізатор Drager DrugTest 5000 має здатність безперебійно працювати у температурному діапазоні від 5°C до 40°C, із вологістю повітря від 5 % до 95 %, та атмосферним тиском від 84,0 до 106,7 кПа. Тривалість вимірювання коливається від 5 до 10 хвилин (залежно від використовуваного тест-комплекту). Інтерфейси: оптичний ІЧ-порт (IRDA) – для зв'язку з принтером, PS/2 – для підключення клавіатури або сканера штрих-кодів, USB – для комунікації з комп'ютером. Здатний зберігати 500 результатів проведених тестів.

Аналізатор Drager DrugTest 5000 простий та зручний у роботі. Його робота повністю автоматизована, на монітор виводяться повнотекстові повідомлення та інструкції для оператора на обраній мові. Окрім цього, його обладнано звуковою сигналізацією, яка дублює підказки з монітора. Аналізатор виконує підготовку проб слини, яка відбирається за допомогою спеціального пристрою, що входить до тест-комплекту і встановлює необхідну температуру реакції виявлення. Аналізатор забезпечує швидкий аналіз проби рідини ротової порожнини на наявність наркотичних і психотропних речовин і/або їх метаболітів одразу з декількох груп (до 6 видів) на рівні вище або нижче встановленого діапазону значення для визначеної групи речовин залежно від тест-комплекту. Оцінка результату аналізу проводиться оптичним методом, при цьому за завершенням часу імуннохімічної реакції проводиться вимірювання інтенсивності сигналу тестової і контрольної лінії на тестових смужках, які входять до складу тест-комплекту. За допомогою системи тестування Drager DrugTest 5000, яка складається з аналізатора і тест-комплекта, отримують результати попереднього аналізу (метод скринінгу). З метою підтвердження отриманого результату аналізу потрібно використовувати інший, більш специфічний метод із високою чутливістю, такий як газова хроматомаспектрометрія (ГХ/МС). Зрозуміло, що це стосується лише позитивних результатів, які отримані із застосуванням системи тестування Drager DrugTest 5000.

Аналізатор Drager DrugTest 5000 поставляється повністю готовим до роботи і не потребує жодних дій з налаштування чи монтажу. Потрібно лише установити його на рівній, твердій горизонтальній поверхні, пересвідчитись що всі вентиляційні отвори відкриті та ввімкнути його. За умов різких температурних перепадів аналізатор перед використанням потрібно витримати в умовах експлуатації протягом години. При слабкому заряді вбудованої акумуляторної батареї передбачена можливість підключення зовнішнього джерела живлення, а також клавіатури та принтера. При роботі від зовнішнього джерела одночасно відбувається підзарядка акумуляторної батареї.

Після ввімкнення аналізатор Drager DrugTest 5000 розпочинає процес самодіагностики і після завершення на моніторі з'являється повідомлення про готовність до роботи "ГОТОВИЙ ДО ВИМІРЮВАННЯ".

Процес тестування складається із декількох простих етапів. Перший – відбір проби рідини ротової порожнини (слини). Ця процедура відбувається за допомогою тест-комплекту Drager DrugTest 5000 (див. рис. 2).

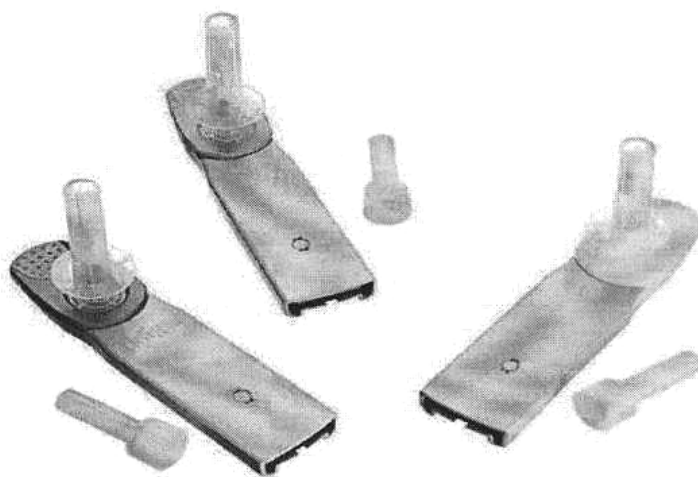


Рис. 2. Тест-комплект Drager DrugTest 5000

Процес відбору відбувається шляхом обережного переміщення верхньої частини тест-касети в ротовій порожнині зі сторони в сторону, аж доки не буде зібрано достатній обсяг проби, про що засвідчить забарвлення в синій колір відповідного індикатора. Забороняється жувати та засмоктувати прилад. Слід пам'ятати, що після вживання їжі, напоїв, гумки, тютюну та ін. відбір можливий лише через 10 хвилин.

Другий етап – автоматичне дослідження проби слини. Після його завершення пролунає сигнал та результати кожної з досліджуваних груп речовин відобразяться на екрані.

Третій (додатковий) етап – роздруківка отриманих результатів безпосередньо на місці проведення дослідів. Це можливо завдяки підключенню спеціального принтера Drager Mobile Printer.

Відомості про освідуваного і оператора вводяться в пам'ять аналізатора за допомогою клавіатури, яка підключається додатково. Також при підключенні до аналізатора сканера реалізується можливість сканування відомостей безпосередньо

із упаковок тест-комплектів та флаконів SSK 5000 із фіксацією інформації в пам'яті аналізатора.

Апаратура фірми "Drager" ліцензована Міністерством охорони здоров'я України для впровадження в практику лікувальних установ, внесена до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України [6] та Державного реєстру медичної техніки та виробів медичного призначення і дозволених для застосування на території України [7].

Отже, на нашу думку, слід констатувати, що сучасні технічні засоби, які стоять на оснащенні поліцейських Національної поліції України, дозволяють забезпечити встановлення стану сп'яніння водіїв транспортних засобів в польових умовах лише стосовно алкогольного сп'яніння. Водночас варто зазначити, що регламентація використання засобів встановлення наркотичного або іншого сп'яніння, що передбачено положеннями чинної Інструкції, лишилися поза увагою правотворців. Дотримуємося позиції, що саме завдяки такому стану справ у правовому полі технічне забезпечення відповідними засобами встановлення наркотичного або іншого сп'яніння не здійснюється. Тому ключовим у вирішенні ситуації, яка склалася у сфері забезпечення встановлення стану сп'яніння водіїв транспортних засобів поліцейськими за допомогою спеціальних технічних засобів, є доопрацювання положень інструкції в частині регламентування використання засобів встановлення наркотичного або іншого сп'яніння в польових умовах поліцейськими.

Також слід додати, що серед перспективних засобів встановлення фактів наркотичного сп'яніння є аналізатор наркотичних засобів і психотропних речовин Drager DrugTest 5000 за слиною людини. Упровадження подібного аналізатора у практичну діяльність поліцейських, з нашої точки зору, значною мірою сприяло б поліпшенню забезпечення дорожнього порядку і безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антирекорд года в Украине: 73 протокола за пьяное вождение. URL: https://www.auto-centre.ua/avtopravo/politsiya/antirekord-goda-v-ukraine-73-protokola-za-pyanoe-vozhdenie-3-57339.html?utm_source=traqli&utm_medium=email&utm_campaign=762 (дата звернення 21.06.2017).
2. Управління безпеки дорожнього руху. Статистика аварійності в Україні. URL: <http://www.sai.gov.ua/ua/ua/static/21.htm> (дата звернення 21.06.2017).
3. Про затвердження Інструкції про виявлення у водіїв транспортних засобів ознак алкогольного, наркотичного чи іншого сп'яніння або перебування під впливом лікарських препаратів, що знижують увагу та швидкість реакції: Наказ МВС України МОЗ України від 09.11.2015 №1452/735. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1413-15> (дата звернення 21.06.2017).
4. Про затвердження Технічного регламенту щодо медичних виробів: Постанова Кабінету Міністрів України від 2 жовтня 2013 р. №753. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/753-2013-%D0%BF> (дата звернення 21.06.2017).
5. Drager DrugTest 5000 система обнаружения наркотиков. URL: https://www.draeger.com/Products/Content/3203_pi_drugtest_5000_ru_14.pdf (дата звернення 21.06.2017).
6. Державний реєстр засобів вимірювальної техніки України. URL: <http://www.ukrcsm.kiev.ua/> (дата звернення 21.06.2017).
7. Державні реєстри / Державний реєстр медичної техніки та виробів медичного призначення. URL: <http://www.diklz.gov.ua/control/main/uk/index> (дата звернення 21.06.2017).

Отримано 02.10.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

УДК 621.344.4+53.083

О.В. Неня,
к.ю.н. (ДНДІ МВС України)

ВІДМІННОСТІ Й ОСОБЛИВОСТІ ПРИСТРОЇВ НІЧНОГО БАЧЕННЯ ТА ТЕПЛОВІЗОРІВ¹

Розглянуто принцип роботи пристроїв нічного бачення та тепловізорів, висвітлено їх характеристики та технічні можливості, наведено види їх класифікацій за різними критеріями, а також проаналізовано аспекти їх розділення на покоління, зокрема залежно від функціональних характеристик і технічних можливостей їх основного елемента.

Наведено основні переваги і недоліки, особливості та відмінності пристроїв нічного бачення та тепловізорів, а також окреслено пріоритетні напрями подальшого їх розвитку.

Ключові слова: *пристрій нічного бачення, тепловізор, принцип дії, приймач випромінювання, електронно-обчислювальний пристрій, матриця, болометр.*

Рассмотрен принцип работы приборов ночного видения и тепловизоров, освещены их характеристики и технические возможности, приведены виды их классификаций по различным критериям, а также проанализированы аспекты их разделения на поколения, в частности в зависимости от функциональных характеристик и технических возможностей их основного элемента.

Приведены основные преимущества и недостатки, особенности и отличия приборов ночного видения и тепловизоров, а также обозначены приоритетные направления дальнейшего их развития.

Ключевые слова: *прибор ночного видения, тепловизор, принцип действия, приемник излучения, электронно-вычислительное устройство, матрица, болометр.*

The principle of operation of devices of night vision and thermal imagers is considered, their characteristics and technical capabilities are stated, types of their classifications by various criteria are given and also aspects of their division into generations, in particular depending on functional characteristics and technical capabilities of their basic element are analyzed.

Main advantages and shortcomings, features and differences of devices of night vision and thermal imagers are given and also the priority directions of their further development are designated.

Keywords: *device of night vision, thermal imager, principle of action, radiation receiver, electronic computer, matrix, bolometer.*

Перед тим як ми зупинимося на актуальному питанні – відмінностях технічних можливостей тепловізорів (далі – ТПВ) і пристроїв нічного бачення (далі – ПНБ), хотілося б акцентувати увагу на важливих нюансах: систематизаційному і понятійному.

¹ Продовження в наступному номері.

Окремі науковці та фахівці в охоронній, правоохоронній, рятувальній, пошуковій та інших видах діяльності до ПНБ відносять також ТПВ, наприклад: В.Ю. Алферов, А.Є. Федюнін, М.М. Перетятко [1]. Проте доцільно, на нашу думку, розглядати ПНБ і ТПВ як окремі групи пристроїв, і не тільки через відмінності у принципах їх дії. Ще однією причиною є те, що ТПВ можуть використовуватися не тільки в умовах недостатньої освітленості та вночі, а й удень, оскільки мають широкий спектр функціональних можливостей. Вони можуть бути орієнтовані на виконання різних завдань, наприклад, пошук “гарячих” (“холодних”) місць, наявність яких свідчить про порушення нормального режиму експлуатації об’єкта або обладнання, для виявлення небезпечних дефектів, втрат енергії тощо [2].

Що стосується ПНБ – це категорія оптико-електронних і цифрових пристроїв, призначених для ведення спостережень уночі або в умовах недостатньої освітленості.

Кожен ПНБ працює за принципом багаторазового посилення яскравості зображення в області видимого та ближнього інфрачервоного (далі – ІЧ) спектра випромінювань.

ПНБ складається з об’єктива, електронно-оптичного перетворювача (далі – ЕОП) з блоком живлення, окуляра та ІЧ-випромінювача.

Схема ПНБ наведена на рис. 1 [3]. Функціональна блок-схема оптичного тракту сучасного ПНБ представлена на рис. 2 [4].

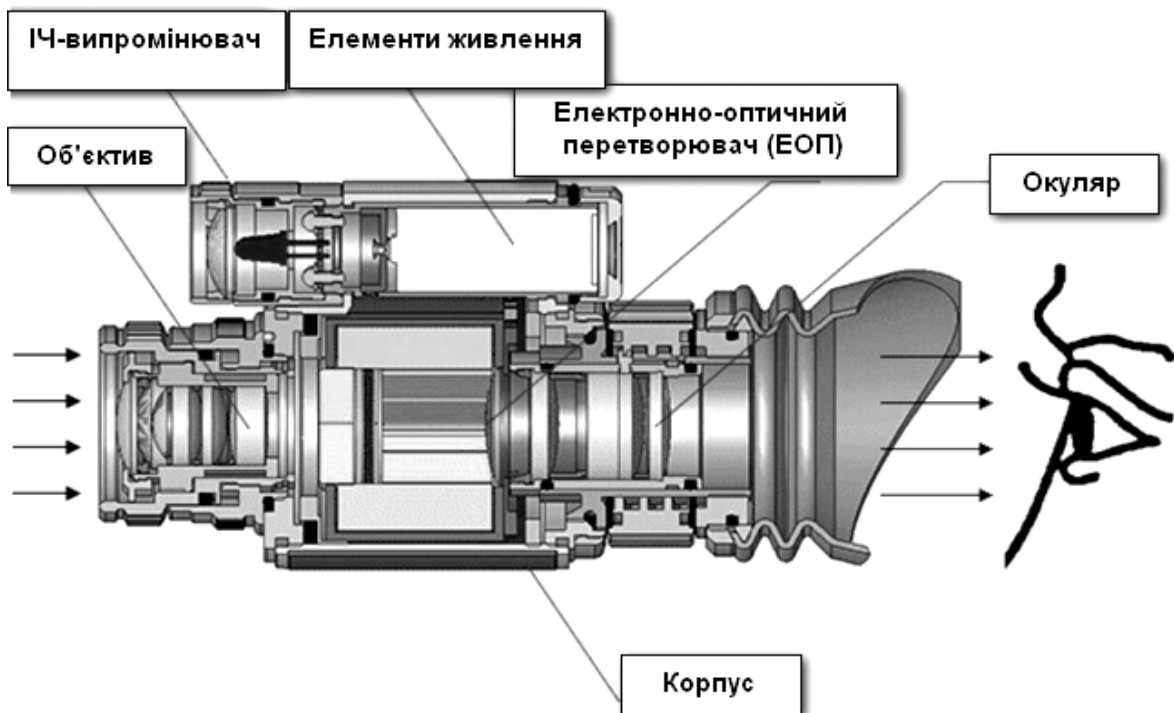


Рис. 1. Схема ПНБ

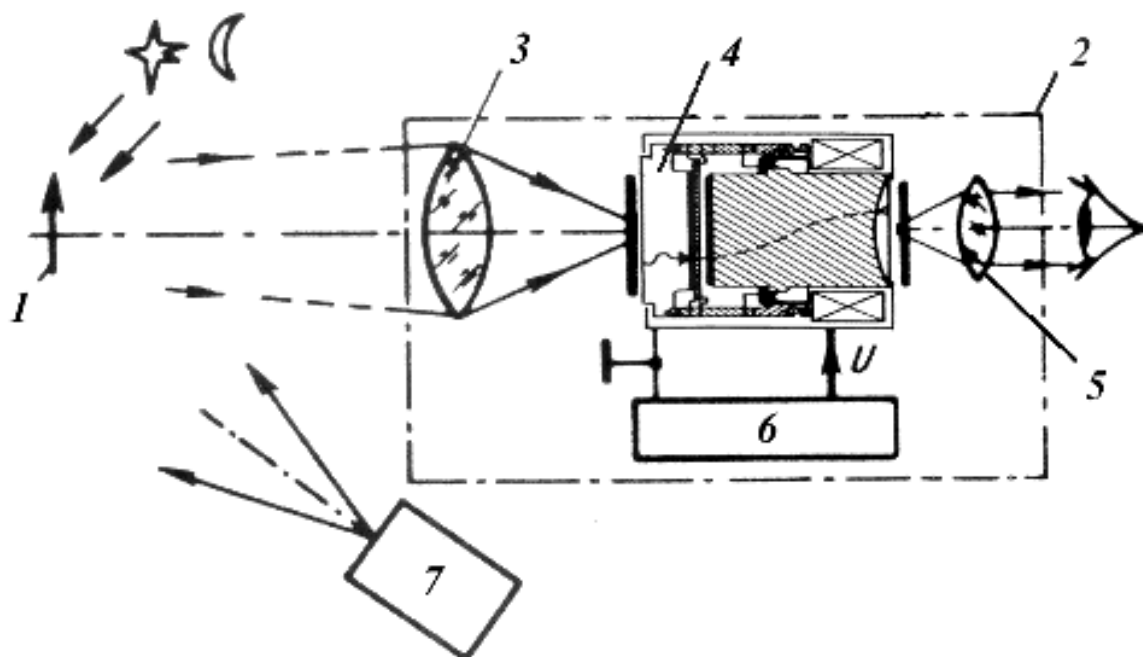


Рис. 2. Функціональна блок-схема оптичного тракту сучасного ПНБ:
 1 – об’єкт спостереження; 2 – корпус ПНБ; 3 – об’єктив; 4 – ЕОП з вбудованими мікроданальною пластинною (далі – МКП), волоконно-оптичним елементом та високовольтним джерелом живлення; 5 – окуляр; 6 – елементи живлення; 7 – вбудований ІЧ-освітлювач

Принцип дії ПНБ дуже схожий з принципом дії ока людини – сприйнятті відбитого світла.

Отже, принцип дії ПНБ такий: відбите від об’єкта світло потрапляє на вхідну лінзу оптичної системи ПНБ – об’єктив, який фокусує зображення об’єкта на поверхні основного елемента будь-якого ПНБ – електронно-оптичному перетворювачі (далі – ЕОП), який ще називають фотокатодом. ЕОП посилює в кілька сотень або тисяч разів світловий потік, який надійшов на нього через об’єктив, і передає зображення об’єкта на люмінесцентний екран. Вихідною оптичною системою ПНБ є окуляр, який формує картину (зображення) для ока.

ЕОП – це вакуумний фотоелектронний прилад для перетворення невидимого оком зображення (в ближньому ІЧ, ультрафіолетовому (далі – УФ) або рентгєнівському спектрі) у видиме або для посилення яскравості видимого зображення [5].

Описаний вище алгоритм відображає пасивний режим роботи ПНБ або це ще можна охарактеризувати як спостереження у ближньому ІЧ-діапазоні (довжина хвилі 0,7...1,5 мкм). Тобто пристрій всього лише пасивно підсилює світловий потік, що потрапляє на нього.

Якщо ж світла немає, або його настільки мало, що ЕОП технічно не може його посилити до величин помітних незброєним оком – люмінесцентний екран залишиться темним, тобто нічого не буде видно. Для таких випадків практично всі існуючі на сьогодні ПНБ цивільного призначення мають у своїй конструкції вбудований, а іноді з’ємний ІЧ-освітлювач (іноді його називають “підсвічуванням”). ІЧ-освітлювач слугує додатковим джерелом світла і використовується,

коли природної освітленості навколишнього середовища для комфортної роботи ПНБ недостатньо. Як джерело світла в ІЧ-освітлювачах використовуються ІЧ-світлодіоди, рідше – більш дорогі лазерні діоди ІЧ-діапазону. Необхідно зазначити, що лазерне випромінювання становить небезпеку для зору і тому використання лазерних діодів в ІЧ-освітлювачах заборонено законодавством деяких країн. Режим роботи ПНБ із включеним ІЧ-освітлювачем називається активним. Дальність дії ІЧ-освітлювача залежить від його потужності [6].

Окремо зупинимося на принципі дії такого основного елемента ПНБ, як ЕОП.

ЕОП перетворює фотони в електрони (фотокатод), прискорює (підсилює) їх і перетворює назад у світло, передаючи зображення об'єкта на люмінесцентний екран. Таким чином, зображення об'єкта, що спостерігається через об'єктив, проектується в перевернутому вигляді на вхідне скло ЕОП, що становить "високовакуумну лампу" з двома плоскими торцями, вхідним і вихідним вікнами відповідно. На внутрішній стороні вхідного вікна нанесено тонкий напівпрозорий шар світлочутливого матеріалу (фотокатод), що випускає електрони під час поглинання квантів світла. На внутрішній стороні вхідного вікна знаходиться шар люмінофора – матеріалу, що випромінює світло під час попадання на нього електрона (екран). Перенесення електронів, емітованих фотокатодом, забезпечується електростатичним полем, для чого до фотокатоду та екрану докладено напругу в кілька кВ. Отримане на екрані зображення розглядається через окуляр [4].

Ступінь інформативності зображення (яскравість зображення), одержуваного на екрані ЕОП, значною мірою залежать від основних його характеристик, зокрема: *коефіцієнта перетворення* – відношення величини світлового потоку, випромінюваного екраном (в люменах), до величини світлового потоку (в люменах), що падає на фотокатод від джерела; *коефіцієнта посилення яскравості* – відношення світимості (величини яскравості) на виході ЕОП (на екрані) до освітленості на вході (що відповідає величині освітленості фотокатода); роздільної здатності; інтегральної та спектральної чутливості.

Хотілося б, також, акцентувати увагу на тому, що ПНБ мають низьку ефективність у сутінках, оскільки надлишок світла буде засвічувати датчики, налаштовані на посилення слабких джерел світла. ІЧ-камера незалежно від освітлення завжди дає чітку картинку теплового випромінювання об'єктів незважаючи на те, чи то повна темрява, чи зображення формується при направленому світлі потужного прожектора.

Тільки прилади з ЕОП, які мають високі характеристики, у поєднанні з надсвітлосильною оптикою (світлосила – не більше 1,5) можуть забезпечити прийнятні параметри під час спостереження у вечірній і нічний час доби, за умов наявності 1/4 Місяця на небі. При більш низькій освітленості є необхідність ІЧ-підсвічування.

Отже, всі ПНБ, у тому числі з ІЧ-підсвічуванням, працюють, фіксуючи відбиту енергію видимого світла. Проте кількість відбитого світла, яке вони сприймають, не є єдиним чинником отримання кінцевого зображення. Так само важливою є контрастність самого об'єкта.

Якщо дивитися на об'єкт, що контрастує з навколишнім середовищем, то шанси знайти його будуть досить високі. Якщо об'єкт не має достатнього кон-

трасту, то його буде складно помітити незалежно від освітленості. Темний об'єкт, на темному тлі має поганий контраст і його буде непросто побачити. Вночі ж, коли нестача видимого світла природно зменшує контраст зображення, продуктивність звичайної камери зменшується ще більше.

Існують два основних способи класифікації ПНБ:

1. За функціональним призначенням:

- Монокуляр нічного бачення – призначений для спостереження одним оком зі збільшенням від одного до кількох разів.
- Бінокль нічного бачення – призначений для спостереження двома очима зі збільшенням від одного до кількох разів.
- Окуляри нічного бачення – призначені для спостереження двома очима без збільшення (збільшення один крат).
- Нічний приціл – прилад нічного бачення, який закріплюється на стрілецьку зброю, призначений як для спостереження, так і для ведення прицільної стрільби.
- Псевдобінокляри – прилади нічного бачення з одним об'єктивом і двома окулярами, призначені для спостереження двома очима зі збільшенням до кількох разів. Крім комфорту такі пристрої забезпечують більшу яскравість, спостережуваних в ННБ об'єктів, головним чином за рахунок спостереження двома очима. Такий ефект отримується завдяки підсумовуванню електричних сигналів від кожного ока в зоровому центрі людського мозку.

2. За типом (поколінням) ЕОП, що входить до конструкції ПНБ.

За прийнятою у світі класифікацією ЕОП розділяються на три покоління: I (GenI); II (GenII) та з деякими проміжними ступенями – I+, II+, II++ (GenI+, GenII+, GenII++); III (GenIII), хоча на сьогодні вже з'явилися наступні – четверте і п'яте покоління.

Необхідно відмітити, що ПНБ розділяються на покоління як і ТПВ. Іншим є основний елемент, що входить до конструкції ПНБ, і за характеристиками якого їх розділяють на покоління.

Із середини 30-х рр. минулого століття існувало і так зване “нульове” покоління ЕОП, проте, ЕОП цього типу в 90-і рр. були зняті з виробництва в усьому світі і замінені більш ефективними, але й більш дорогими перетворювачами наступних поколінь.

Для наступних поколінь ПНБ характерні такі технічні характеристики та показники.

I покоління

Дані ЕОП мають скляну вакуумну колбу з чутливістю фотокатода 120–250 мкА/лм. Коефіцієнт підсилення світла в них становить 120–1000, роздільна здатність в центрі 25–35 штрих./мм, ресурс роботи біля 1000 год. Особливістю цього типу ЕОП є те, що чітке зображення спостерігається тільки в центрі, зі спотворенням і меншою роздільною здатністю по краях. Завдяки низькому посиленню ПНБ цього покоління дуже критичні до світлосили оптики і параметрів ЕОП.

I + покоління

У приладах цього покоління запроваджено використання плоско-увігнутих лінз, які виготовляються з волоконно-оптичних пластин (далі – ВОП), що становлять пакет із безліччю світловодів, і встановлювалися замість вхідного і вихідного вікон. Завдяки застосуванню ВОП роздільна здатність стала по всьому полю зору такою ж, як і в центрі.

Характерним є використання чутливого фотокатода типу: S-20. Завдяки цьому світлочутливість становила близько 230 мкА/лм.

Коефіцієнт посилення світла в таких ЕОП становить 1000, а роздільна здатність у центрі не гірше 45 штрих./мм. ПНБ покоління I + відрізняються від приладів I покоління чіткішою картинкою і більшою дальністю дії в пасивному та активному режимах, а також ресурс роботи досягає 2000 год.

Крім того, в цьому поколінні ПНБ стали застосовувати дзеркально-лінзові об'єктиви, які дали змогу поліпшити масогабаритні параметри.

На цей час ЕОП покоління I + ще застосовуються в нічних прицілах для мисливських рушниць і успішно використовуються там, де потрібне тільки перетворення довжин хвиль ближнього ІЧ-діапазону у видиме світло.

У ПНБ I та I+ поколінь збільшення коефіцієнта посилення світла (яскравості) досягається, зокрема, за рахунок використання так званих каскадних ЕОП. Вони становлять багатомірні ЕОП, де екран попереднього ЕОП з'єднаний з фотокатодом наступного. Так, трикамерні ЕОП при використанні багатоцільового вхідного фотокатода дають посилення яскравості до 10^6 разів.

II покоління

Запроваджено використання вторинно-емісійного підсилювача у вигляді мікроканальної пластини (далі – МКП), яка становить тонку пластинку з нахиленими мікроканалами діаметром 10–12 мкм, число яких може сягати понад 1 млн. Використання МКП дає змогу отримати коефіцієнт посилення світла до 50 000. Проте через наявність розгінної камери, що передбачена конструктивною необхідністю функціонування МКП, ЕОП цього покоління мають значну довжину.

Обертання зображення в ЕОП з МКП, що належать до II-покоління, як і раніше здійснюється за рахунок електростатичного фокусування. Світлочутливість таких приладів становить від 230 мкА/лм до 850 мкА/лм в сучасних ЕОП, роздільна здатність у центрі поля – 32–38 штрих./мм.

II+ покоління

На відміну від II покоління, це покоління ЕОП має відмінний принцип роботи завдяки відсутності розгінної камери. Так, електрон, вибитий із катода ЕОП, попадає безпосередньо на МКП, а потім – на люмінофорний екран. Така конструкція має як свої переваги – значно менші габаритні розміри та більш чіткі зображення, так і недоліки – нижчий, у порівнянні з ЕОП II покоління, коефіцієнт посилення світла (біля 35 000).

Як правило, ЕОП цього покоління також мають автоматичне регулювання яскравості; захист від засвічень точковими джерелами світла і гарну якість зображення по всьому полю екрану; високу чутливість фотокатода – до 600 мкА/лм, зі зміщенням піка чутливості в ІЧ-область; роздільну здатність до 40–45 штрих./мм та ресурс роботи до 3000 год.

Ці прилади належать до класу професійної техніки й нині знаходяться на озброєнні армій більшості західних країн, оскільки працюють при дуже низьких рівнях освітленості, що відповідає зоряному небу і зоряному небу в легких хмарах.

III покоління

ЕОП цього покоління відзначаються наступним кроком у розвитку – підвищенням чутливості напівпровідникового фотокатода, зі ще більшим зміщенням, у порівнянні з ЕОП II+ покоління, піку чутливості в ІЧ-область. Це досягається,

в першу чергу, завдяки використанню арсеніду галію (GaAs) для виготовлення фотокатода.

Висока чутливість ЕОП III-го покоління дає змогу ПНБ на їх основі працювати в умовах гранично низької освітленості, що відповідає зоряному небу в хмарах. Картинка в такому приладі насичена, чітка, з хорошим контрастом і опрацюванням деталей. Єдиним незначним недоліком є відсутність захисту від бічних джерел світла, оскільки відсутня волоконно-оптична шайба на вході ЕОП.

Виробництво таких ЕОП виявилось технологічно дуже складним і, як наслідок, – мало високу вартість, й отже, потребувало альтернативних рішень. Тому на сьогодні виробництво (в обмеженій кількості) ЕОП III покоління існує тільки в двох країнах: Російській Федерації та Сполучених Штатах Америки.

ЕОП III покоління російського виробництва мають: чутливість біля 1200 мкА/лм, роздільну здатність – 45 штрих./мм. Що стосується ЕОП III-го покоління американського виробництва, то їх чутливість досягає 2700 мкА/лм, а роздільна здатність – 75 штрих./мм.

ЕОП III покоління є ключовою військовою технологією. Нині їх активно використовують служби безпеки, охорони правопорядку, служби порятунку розвинених країн.

Схема найбільш досконалого ЕОП III покоління представлена на рис. 3 [7].

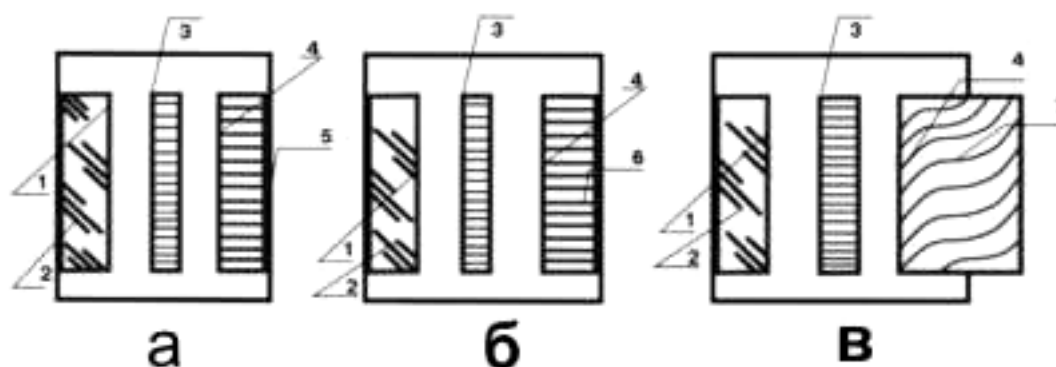


Рис. 3. Схема ЕОП III покоління:

1 – фотокатод із негативною електронною спорідненістю (на основі GaAs), нанесений на скляне входне вікно; 2, 3 – мікроканальна пластина; 4 – екран, нанесений на вихідне скляне вікно 5 (рис. 3а) або на ВОП 6 (рис. 3б) без обертання зображення для стикування з матрицею пристрою із зарядовим зв'язком (далі – ПЗЗ) телевізійної камери, або на ВОП 7 (рис. 3в) з обертанням зображення на 180°

Альтернативою ЕОП III покоління стало розроблення ЕОП з повністю аналогічною конструкцією, оптичними та електричними параметрами, проте з добре освоєним і дешевшим мультилужним (S-25R) фотокатодом надмініатюрної конструкції з особливо високою чутливістю в ІЧ-області. Такий фотокатод виявився більш стійким до дії позитивних іонів, що виникають у каналах МКП і бомбардують фотокатод.

На базі таких фотокатодів були випущені ЕОП SUPER II + і SUPER II ++ поколінь. У таких приладів, як правило, інтегральна чутливість становить 600–700 мкА / лм, роздільна здатність – до 50–55 штрих./мм (для SUPER II +) та до 60–75 штрих./мм (для SUPER II ++), а їх частотно-контрастна характеристика не поступається ЕОП III покоління.

Найбільшого успіху в розробці ЕОП покоління SUPER II ++ досягла компанія DEP-photonis (Нідерланди), яка ніколи не виробляла і не виробляє ЕОП III покоління [8; 4].

Для більшої наочності наведемо в порівняльній таблиці 1 ряд важливих характеристик, описаних вище поколінь ЕОП [4].

Таблиця 1

Середні характеристики ЕОП, існуючих на сьогодні поколінь

Покоління ЕОП	Тип фотокатода	Інтегральна чутливість, мкА/лм	Чутливість на довжинах хвиль 830-850 нм, мА/Вт	Коефіцієнт посилення світла, ум. од.	Доступна дальність розпізнання фігури людини в умовах ПНО*, м	
0	«Стакан Холста»	S-1	20–40	біля 1, ІЧ-підсвілювання	–	
	0	S-20	150–200	тільки при світлі луни або ІЧ-освілювачі	До 100	
	SUPER 0				100–200	
I**	I	S-20	150–200		250–500	60
	I+	S-25	150–200	500–1000	90	
	Super I+	S-25R	250–350		25–35	110
II	II	S-25	220–300	(2,5–3,0)×10 ⁴	150	
	II+				200	
	Super II+ або II++	S-25R	350–500		30–40	250
III	III	Ga-As	1000–1350	70–120	(3,0–4,0)×10 ⁴	250
	Mil-Spec III	Ga-As	1550–1800	80–190	(3,0–5,5)×10 ⁴	300

*нормована “природна нічна освітленість” – 5×10^{-3} лк (світло зірок без світла місяця і хмар); для ЕОП III покоління – при 5×10^{-4} лк, (“похмуре” світло зірок, небо в хмарах).

** не враховуються багатокамерні ЕОП і ЕОП зі збільшеним діаметром фотокатода (25 мм проти 18 мм), вони припускають спеціальні конструкції ПНБ.

Новітня технологія виробництва ЕОП III покоління – це Pinnacle або Thin-filmed (зі скороченим іонним бар’єром) ЕОП, у яких трансмісія складає близько 80 %.

III+ покоління та IV покоління

Ми цілеспрямовано об’єднали ці покоління, оскільки між ними існують тонкі грані – окремі параметри ЕОП, які можуть бути як кращими, так і дещо гіршими, і при цьому можуть компенсуватися значно переважаючими показниками інших параметрів.

Останнім часом розробка ЕОП (і відповідно ПНБ) нових поколінь інтенсивно велася фірмами ITT Defense і Litton Systems (США) за програмою OMNIBUS з метою збільшення інтегральної чутливості фотокатода, відношення сигнал/шум і роздільної здатності ЕОП III покоління [9].

Результатом цього дослідження стало отримання зразків ЕОП із покращеними показниками: роздільною здатністю 84 штрих./мм, відношенням сигнал/шум понад 23, інтегральною чутливістю фотокатода більше 2000 мкА/лм, ресурсом роботи 3000 год і більше. Відповідно, й дальність бачення збільшилася в 1,5 рази в порівнянні з традиційними ПНБ III покоління. Нові ЕОП отримали назву – “високоінформативні ЕОП III покоління”.

Таким чином, нині немає однозначного розуміння того, що ж слід вважати ЕОП і відповідно ПНБ IV покоління. Окремі автори пропонують зробити вибір на користь найважливішого критерію, що дасть змогу класифікувати ПНБ нових типів з точки зору можливості їх віднесення до IV покоління, і пропонують таким критерієм вважати зміщення чутливості фотокатода в ІЧ-область спектра.

Деякі автори розділяють покоління ЕОП таким чином, як наведено у таблиці 2 [7].

Таблиця 2

Порівняльні параметри ЕОП різних поколінь фірми ІТТ (США)

Технічні характеристики	Моделі та покоління ЕОП			
	OMNI I і II	OMNI III	OMNI IV і V	IV покоління (Gen IV)
Інтегральна чутливість фотокатода, мкА/лм	1000	1350	1800	1800
Відношення сигнал/шум	16,2	19,0	21,0	26,0
Роздільна здатність, штрих. / мм	36	45	64	64
Відсоток покращення у порівнянні зі стандартним ЕОП II покоління, %	0	40	70	188
Дальність дії окулярів нічного бачення на базі ЕОП, м	170 – 240	300	350	500
Початок виробництва, рік	1986	1988	1996	2000

Окремі автори, зокрема Волков В. Г., зазначають, що до ЕОП IV покоління можна віднести останні зразки ЕОП фірми Litton (США): їхнє відношення сигнал/шум перевершує 33, а інтегральна чутливість фотокатода – 2200 мкА/лм, а також окуляри нічного бачення AN/AVS-9 фірми ІТТ (США) [7; 10].

Крім того, що представники IV покоління ЕОП мають фотокатод, виконаний на основі GaAs (як і у III покоління), відмінною їх рисою є те, що вони можуть працювати навіть при денному світлі.

Такі значні досягнення, зокрема, стали можливими завдяки видаленню в ЕОП IV покоління іонно-бар'єрної плівки, яка наносилася на МКП з метою захисту фотокатода ЕОП від впливу іонів, що виникають в цій пластині. Однак наявність цієї плівки призводила до відбиття потоку електронів, що переміщаються від фотокатода ЕОП до мікроканальної пластини. Це викликало розсіювання електронів, знижувало відношення сигнал/шум, погіршувало роздільну здатність ЕОП і обмежувало динамічний діапазон його роботи (тобто скорочувало межі робочої освітленості фотокатода). Таким чином, видалення іонного бар'єру зробило можливим ефективне використання світлочутливості – більше ніж 2500 мкА/лм. При цьому гало² зменшено приблизно на 40 % [11].

² Гало (від др. – грецької. ἄλλως – коло, диск; також а́ура, німб, ореол) – оптичне явище (феномен) – кільце, що світиться навколо джерела світла.

Крім того, в ЕОП IV покоління використовуються тонкоплівкові МКП з різко зменшеним діаметром (6 мкм) мікроканалу, замість традиційних 12 мкм, що значно збільшує роздільну здатність – до 84 штрих./мм. Також відмінною рисою ЕОП IV покоління є наявність у них стробованого³ [12] високовольтного джерела живлення, що автоматично впливає на роботу в імпульсному режимі відповідно зовнішньої освітленості [9]. Імпульсний режим не тільки розширює динамічний діапазон роботи ЕОП, і відповідно, ПНБ в широкому діапазоні зміни зовнішньої освітленості, а й пригнічує шуми. Ступінь їх ослаблення визначається імпульсним режимом високовольтного джерела живлення. Завдяки цьому відношення сигнал/шум може досягати 100 і більше.

У ЕОП IV покоління напруга катода синхронізується генератором автоматичного блока живлення, при цьому емісія іонів знижується настільки, що термін використання катода зростає до 10 000 годин. Це нововведення дає змогу використовувати ЕОП при денному світлі. Трансмісія в ЕОП IV покоління – 100 %.

Вхідне і вихідне вікна ЕОП виконуються, як правило, на плоскому склі або на ВОП. Для повернення зображення на 180° як вихідної ВОП використовується волоконно-оптичний елемент (твістер). У більш складних конструкціях ЕОП для обороту зображення використовується біноклярний окуляр або додатковий лінзовий елемент, що обертається [7; 13].

V покоління

Це покоління знаходиться поки що в стадії розробки. Серед характерних особливостей та відмінностей цього покоління, якщо порівнювати з попереднім, є те, що замість фотокатода на основі GaAs використовується фотокатод на основі поєднання арсеніду галію-індію (InGaAs) і бар'єрів Шоттки⁴ [14], який працює в області спектра 0,8–1,7 мкм (а при термоелектричному охолодженні – і до 2,2 мкм). У цій області спектра вищий рівень природних контрастів, а також зростає пропускання атмосфери, яка допускає роботу ПНБ за умов її зниженої прозорості (димка, туман, дощ, снігопад, навіть тактичний дим). Можна візуалізувати випромінювання лазерних цілевказувачів-далекомірів із довжиною хвилі 1,54 мкм.

На сьогодні пріоритетами в подальшому розвитку ПНБ є:

- підвищення роздільної здатності;
- підвищення чутливості;
- зменшення габаритних розмірів;
- зниження енергоспоживання;
- підвищення інформативності за рахунок наявності тіні в зображенні об'єктів;
- збільшення можливостей виявлення об'єктів, які слабо контрастують з фоном;

³ Стробування (англ. Strobng, від strobe – посилати виборчі імпульси, від грец. Strobos – кружляння, безладний рух) – метод виділення деякого інтервалу на часовій вісі, шкалі частот і т. ін. для збільшення ймовірності виявлення корисних сигналів на тлі перешкод.

⁴ Бар'єр Шоттки (англ. Schottky barrier) – потенційний бар'єр, що утворюється в приконтактному шарі напівпровідника, що межує з металом, рівний різниці робіт виходу (енергій, що витрачаються на видалення електрона з твердого тіла або рідини в вакуум) металу і напівпровідника.

Названий за іменем німецького вченого В. Шоттки (W. Schottky), що досліджував такий бар'єр в 1939 р.

– збільшення ресурсу роботи.

Крім традиційних аналогових ПНБ різних поколінь існує ще такий їх різновид, як цифровий ПНБ. Принцип роботи таких приладів істотно відрізняється від звичайних. У них для побудови зображення задіяний процесор. У приладі стоїть цифрова матриця яка працює в ІЧ-спектрі випромінювання із значним посиленням світла. Через об'єктив приладу світло потрапляє на матрицю, яка перетворює світло, що надходить, у зображення на цифровому екрані приладу. Завдяки цьому цифрові ПНБ нечутливі до зайвої потужності світла і можуть використовуватися навіть удень, не бояться спалахів світла й інтенсивних джерел освітлення, які можуть пошкодити ПНБ на ЕОП. Ця особливість робить робочий ресурс цифрових ПНБ практично необмеженим. При цьому, такі прилади відрізняються істотним мінусом – нездатністю працювати в сильній темряві без зовнішнього ІЧ-підсвічування, їм необхідна освітленість приблизно така ж, як морально застарілим приладам нічного бачення І+ покоління. При цьому, цифрові прилади досі відчутно поступаються роздільною здатністю та передачею відтінків. Поки головною їх перевагою є невисока ціна.

У перспективі цифрові методи побудови й обробки зображення можуть перевершити за технічними показниками і замінити аналогові ПНБ, але для цього необхідно вирішити кілька складних завдань. Так, для спостереження цифровим ПНБ на досить великих дистанціях у звичайний нічний час необхідно використовувати спеціальні високочутливі в ІЧ-області матриці, які мають надвисоку вартість. Якщо ж використовувати більш дешеві варіанти, то необхідний потужний вбудований ІЧ-освітлювач, значно потужніший, ніж у звичайних ПНБ. При цьому, для забезпечення автономної роботи цифрових ПНБ необхідне потужне джерело живлення, яке значно збільшує їх вагу і габарити [15].

Ми висвітлили основні характеристики та особливості ПНБ, що дало уявлення про основні відмінності їх від ТПВ. Проте для створення повної картини відмінностей цих приладів необхідно більш детально розглянути як ключові технічні, так і функціональні аспекти ТПВ, що буде реалізовано у другій частині статті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алферов В. Ю., Федюнин А.Е., Перетяцько Н.М. Специальная техника органов внутренних дел. Использование средств оперативного наблюдения в борьбе с преступностью: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 031001.65, 030505.65 “Правоохранительная деятельность”, (специализации “Административная деятельность”, “Административная деятельность органов внутренних дел”). Саратов, 2012. 88 с.
2. Неня О. В. Сучасні тепловізори для спеціального та повсякденного застосування. Сучасна спеціальна техніка. 2016. № 4(47). С. 108–120.
3. Конструкция приборов ночного видения. URL : <https://allammo.ru/blog/pokolenija-privorov-nochnogo-videnija> (дата звернення 29.05.2017).
4. Саликов В. Л. Приборы ночного видения: история поколений. Специальная техника. 2000. № 2. С. 40–48.
5. Електронно-оптичний перетворювач. Вікіпедія. URL : uk.wikipedia.org/wiki/Електронно-оптичний_перетворювач (дата звернення 31.05.2017).
6. Бабич А. Е., А. В. Абакумов. Принцип работы приборов ночного видения. URL : http://www.opticdevices.ru/page_20.html (дата звернення 02.06.2017).
7. Волков В. Г. Приборы ночного видения новых поколений. Специальная техника. URL : <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=490&lvl=10.02> (дата звернення 29.05.2017).
8. Обзор поколений ЭОП (электронно-оптический преобразователь). URL : <http://www.nighthunter.com.ua/theory.html> (дата звернення 02.06.2017).
9. Gourley S, 2001 See in the Night. Jane's Defense Weekly. Vol. 21. No. 3. P. 20–27.

10. ITT Boosts Night For U.S. Navy Aviators. Defense News, 2001. March 19. P. 21.
11. Гало. URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D0%BE> (дата звернення 05.06.2017).
12. Стробирование. Большая советская энциклопедия. URL : <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/136463/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5> (дата звернення 05.06.2017).
13. Грузевич Ю. К. Оптико-электронные приборы ночного видения. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2014. 276 с.
14. Физическая энциклопедия. Москва: Советская энциклопедия, 1988. Т. 5. С. 467.
15. Приборы ночного видения и тепловизоры. URL : https://ohotnik.com/information_catalog/information-about-products/optics/night-vision-devices-and-thermal-imagers/ (дата звернення 29.05.2017).

Отримано 02.10.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

ЗБРОЯ, СПЕЦАВТОТРАНСПОРТ, ОБМУНДИРУВАННЯ

УДК 687:351.741(477:100)

М.П. Будзинський,
к.ю.н. (ДНДІ МВС України),
Н.Ф. Ващук,
здобувач ДНДІ МВС України

ВИВЧЕННЯ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ, ЕРГОНОМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОДНОСТРОЮ КІННОЇ ПАТРУЛЬНОЇ СЛУЖБИ ПОЛІЦІЇ УКРАЇНИ

Проведено аналіз зарубіжного досвіду щодо візуального ряду однострою кавалеристів поліції та аксесуарів до нього. Визначено, що саме можна запозичити з міжнародного досвіду для однострою кавалеристів поліції України. Також проаналізовано функціональні, ергономічні загальні властивості однострою кавалеристів. На підставі аналізу визначено сферу застосування нових розробок однострою для кінної патрульної поліції, враховуючи умови несення служби кавалеристів та специфіку їхніх функціональних обов'язків, визначено певний комплекс властивостей, якими повинні володіти комплекти однострою для цієї категорії працівників патрульної поліції.

Ключові слова: однострій кавалеристів, кінна патрульна служба, зарубіжний досвід, функціональні, ергономічні властивості однострою.

Проведен анализ зарубежного опыта визуального ряда униформы кавалеристов полиции и аксессуаров к нему. Определено, что можно позаимствовать из международного опыта для униформы кавалеристов полиции Украины. Также проанализированы функциональные, эргономические общие свойства униформы кавалеристов. На основании анализа определена сфера применения новых разработок униформы для конной патрульной полиции, учитывая условия несения службы кавалеристов и специфику их функциональных обязанностей, определен комплекс свойств, которыми должны обладать комплекты униформы для этой категории работников патрульной полиции.

Ключевые слова: униформа кавалеристов, конная патрульная служба, зарубежный опыт, функциональные, эргономические свойства униформы.

The analysis of foreign experience concerning the visual series of the uniform of cavalrymen of the police and its accessories has been carried out. It is determined what it is possible to borrow from the international experience for the uniform of cavalry police of Ukraine. Functional, ergonomic general characteristics of the cavalry uniforms are analyzed as well. On the basis of the analysis, the scope of application of new developments to the uniform equipment for the horse patrolling police is determined, taking into account the conditions of service of

cavalrymen and the specifics of their functional duties, a certain set of properties, which should possess sets of uniforms for this category of patrol police officers, is determined.

Keywords: *cavalrymen uniform, horse patrol service, foreign experience, functional, ergonomic properties of uniform.*

За роки незалежності України відбулася низка політичних та економічних трансформацій, під переформатування підпала й консервативна правоохоронна система. У рамках реформування системи Міністерства внутрішніх справ України, передбаченого Концепцією першочергових заходів із реформування системи МВС та Стратегією розвитку органів внутрішніх справ, 2 липня 2015 року був прийнятий Закон України “Про Національну поліцію” [1], що визначає правові засади організації та діяльності Національної поліції України, статус поліцейських, а також порядок проходження служби в Національній поліції України, який набрав чинності 7 листопада 2015 року. Створення поліції стало поштовхом для нової розробки однострою. Ця робота з часом реалізувалася в Постанові Кабінету Міністрів України “Про однострій поліцейських” від 30.09.2015 № 823 [2] та змінах до Постанови Кабінету Міністрів України “Про внесення змін до опису і зразків предметів однострою поліцейських” від 19.04.2017 № 278 [3].

В Україні було запроваджено проект зі створення поліції європейського зразка. Наказом МВС України від 29.01.2016 № 60 “Про утворення постійно діючої робочої групи з координації розроблення предметів (комплектів) однострою поліцейських та затвердження її персонального складу (зі змінами)” було затверджено склад робочої групи. Слід відзначити провідну роль відділу розроблення та вдосконалення форми одягу науково-дослідної лабораторії спеціального

транспорту та форменого одягу ДНДІ МВС України в опрацюванні пропозицій щодо розробки та опису зразків предметів однострою поліцейських, підготовці нормативно-технічної документації та законодавчих документів. Також у відділі постійно вивчається зарубіжний досвід щодо форменого одягу та аксесуарів до нього. Проводилася цілеспрямована робота зі створення колекції однострою нового покоління, яка повинна була відрізнитися від існуючих раніше та відповідати сучасним вимогам, а також сприяти б соціально-психологічній адаптації поліцейських та підвищенню ефективності виконання ними службових обов’язків. Саме зовнішній вигляд поліцейського, у першу чергу, формує його позитивний імідж. Слід зазначити, що у структурі поліції створено різні підрозділи, які виконують функції щодо захисту життя, здоров’я, прав і свобод громадян України, іноземних громадян, осіб без громадянства та протидії злочинності, охорони громадського порядку, власності та для забезпечення громадської безпеки.

Систему Національної поліції складають центральний орган управління Національною поліцією



Рис. 1

та територіальні органи Національної поліції. Одним із підрозділів є патрульна поліція, яка у своїй розгалуженій структурі має різноманітні спеціальні підрозділи, такі як велосипедна поліція, мотоциклетна, водна.

Та незважаючи на технічний прогрес, до роботи патрульної поліції долучено кавалерійський підрозділ.

Слід зазначити, що у 1998 році у структурі міліції громадської безпеки було створено кавалерійські підрозділи міліції з охорони громадського порядку, на той час існувало дев'ять підрозділів, з метою запобігання при патрулюванні правопорушень та злочинів у парковій зоні, на масових заходах – футбольних матчах, концертах і мітингах, маршах та парадах тощо. Кавалерія проходить там, де не можуть проїхати автомобільні патрулі, а піші – малоефективні. Люди інстинктивно бояться великої тварини, і в разі потреби можна легко стримувати натовп [4].



Рис. 2

Один із перших варіантів форменого одягу кавалеристів міліції зображено на рис. 1 та 2. Ці перші комплекти повсякденного форменого одягу склалися із головного убору з вишитою кокардою, сорочки блакитного кольору з нашивними погонами та нарукавними знаками, куртки синього кольору та брюк “галіфе” з лампасами, краватки та чобіт.

Створений у Білій Церкві кінний підрозділ працював для запобігання правопорушенням та злочинам на території найбільшого в Європі дендрологічного парку “Олександрія”, площа якого – 400 гектарів. Зазначимо, що в Білій Церкві “служать” 10 чоловік та 4 коней.

Історія Дніпропетровської кінної міліції почалася в 2007 році, коли місто готувалося до Євро-2012. У підрозділі є й орловські рисаки, і будьонівці, і голштинці, у міській кінній міліції “працювало” 16

коней. Дніпропетровськ щодня патрулювали 4 кінні наряди.

Новостворена кінна поліція у Дніпрі має 14 коней та 13–14 кавалеристів і є незамінною в забезпеченні громадського порядку в місті. Сьогодні в управлінні патрульної поліції в місті Києві в кінному підрозділі служать 73 чоловіки, з них 3 – вільнонайманих, та налічується 21 кінь, у Житомирі – 5 кавалеристів та 5 коней, в Харкові – 16 кавалеристів та 13 коней.

Наведемо історичну довідку. 1902 року у Львові було запроваджено кінну поліцію, яка складалася з 30 кінних поліцаїв, 49 коней та першого поліцейського пса Принца. Їх поява спричинила паніку серед злочинців, а для газетярів це була сенсація (рис. 3).



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 6

чоботи з натуральної шкіри чорного кольору.

На рис. 8 зображено парадний однострій поліції для урочистих подій Португалії. Однострій кавалериста має синій та білий кольори в поєднанні зі шкіряними аксесуарами та чоботами чорного кольору

З часом вимоги до зовнішнього вигляду змінюються, проектування однострою для кавалеристів набуло нового розвитку. На часі створення новітнього

Перше ж відділення кінної поліції з'явилося у штаті Новий Південний Уельс в Австралії. 2015 року воно відзначило 190 річницю свого створення (рис. 4).

Там працювало 900 коней. Сьогодні налічується лише 30, але зараз такої кількості достатньо [5]. Підрозділ кінної поліції там з'явився раніше, ніж у Великій Британії (рис. 5).

Функціональний захисний одяг для кавалерії існує вже протягом багатьох років, особливо в таких розвинутих країнах, як Сполучені Штати Америки. Зазначимо що візуально однострій у штатах відрізняється за комплектністю виробів та кольором.

У Канаді однострій поліцейського кавалериста складається з кітеля яскравого червоного забарвлення та брюк із жовтими лампасами в поєднанні зі шкіряними аксесуарами та взуттям коричневого кольору, а також широкополим світло-сірим капелюхом (рис. 6).

Нижче розташовані фото (рис. 7), де кітель виконано в кольорах оливи, брюки – “галіфе”, сорочки бежевого кольору, які асоціюються з поліцією Німеччини. На вершниках – обов'язкові захисні шоломи та рукавички і



Рис. 5



Рис. 7



Рис. 8

ансамблю однострою поліцейського-кавалериста. Запорукою в цій роботі може стати використання передового зарубіжного досвіду.

Європейські стандарти встановлюють мінімальні рівні різноманітних характеристик для одягу вершників і захисного екіпірування, а також дають на продукцію гарантію. Одяг, взуття, рукавички і захисні протектори, які були протестовані й мають визнане маркування, будуть менш ризикованим придбанням, на відміну від тієї продукції, яка не має стандартного маркування.

З практичної точки зору спеціальний одяг для кавалеристів можна поділити на дві групи.

1. Незахисний одяг (або одяг, який не захищає).

Це верхній одяг, який створює захисний бар'єр для погодних факторів: тепла, холоду, вітру та дощу. Такий одяг жодним чином не може захищати від серйозних травм. Незахисний одяг – це швидше верхній одяг у спортивному чи ковбойському стилі, але аж ніяк не серйозний захист для кавалериста.

2. Захисний одяг.

Цей одяг найбільш придатний для захисту від ушкоджень при падінні, ударів гілок у парковій зоні. Питанню зносостійкості цього виду екіпіровки приділено особливу увагу.

Отже, зауважимо, що екіпірування кавалериста – не модний аксесуар, а безпечний комплект для кавалериста будь-якого рівня, чи то професіонала, чи початківця, незастрахованого від падіння з коня під час несення служби. Захисні обладунки кавалериста-поліцейського як користувача потрібно розглядати як комплекс предметів. Тому зазначимо, що екіпірування кавалериста має неодмінно складатися з обов'язкових елементів, які в більшості країн затверджені на законодавчому рівні.



Рис. 9

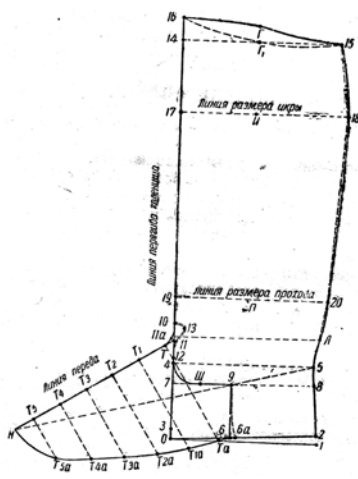


Рис. 10

у черевиках та ікри в чоботах (рис. 9) [6] і крагах (рис. 10), щільно фіксуватися на нозі, бути зручним у експлуатації [7].

Для їзди верхи та в екстремальних випадках важливо, щоб верх взуття містив захисні елементи й, можливо, екіпірування чобіт шпорами.



Рис. 11

При виготовленні чобіт для комфорту стопи важливо, щоб черевик щільно охоплював щиколотку і фіксував п'яту – це перешкоджає підйому п'яти й забезпечує зручність під час поїздки. Чоботи повинні мати каблук – за його допомогою легко утримувати ногу у стремені. Під час руху вершника взуття має забезпечити надійну опору. Зазвичай спеціальне взуття для кавалериста виготовляється зі шкіри з посиленням у місцях підвищених навантажень. Шкіра може бути комбінованою з різними видами матеріалів, які дозволяють ногам “дихати”, при цьому залишаються високотехнологічні матеріали типу “мембрана”), наприклад у крагах. Повітропроникність взуття вкрай важлива, оскільки запобігає перегріванню ніг. Також необхідні зручні і теплі термочоботи (рис. 11)

[8] із водонепроникною гумовою галошею, де халяви щільно облягають ноги, присутні світловідбиваючі елементи, відстібається внутрішня частина у вигляді утепленої панчохи. Вони мають спеціальне покриття Teflon на халяві, яке забезпечує не тільки захист від промокання, а й полегшує догляд.

Ще один важливий момент у кавалеристському взутті – застібання і розстібання. Воно може мати спеціальні застібки (наприклад, системи “велькро” зі світоповертальними елементами (рис. 11). Проте взуття виготовляється не лише зі шкіри, а й із її заміників, всередині яких є жорсткі вставки для фіксації гомілкостопа: “футор”, термопластичні задники та підносики. Отже, вибір спеціального взуття визначається специфікою експлуатації.

Зазначимо, що каблук чи підбори – це деталь взуття у вигляді вертикальної підставки, що піднімає п'яту вище рівня носка. Каблук на взутті з'явився в пізньому Середньовіччі. Уперше слово “каблук” згадується в письмових джерелах у 1509 році; імовірно, воно було запозичене з тюркського *kabluk*, яке походить від арабського *kab* – “п'ята”. До Європи мода на високий каблук прийшла з Персії за часів правління Людовика XIV [9].

Основне призначення каблука в кавалерії: фіксація стопи у стремені, амортизація при ходьбі, збільшення швидкості ходи за рахунок збільшення площі, яку займає нога.

Не менш важливим елементом екіпірування будь-якого кавалериста є рукавички (рис. 12). М'які зсередини й міцні ззовні, вони надійно оберігатимуть руки від холоду або спеки, захистять пальці та долоні від ударів та травм при падіннях. Сучасні спеціальні рукавички є високотехнологічними виробами, які забезпечують можливість зберігати температуру долонь сталою, запобігають проковзуванню рук при керуванні конем, гарно передають тактильні відчуття [7].



Рис. 12

Зазвичай екіпіровка кавалериста умовно поділяється на комплект однострою (з двох-трьох предметів), куртку і штани чи галіфе, рукавички, чоботи або краги, боти та шолом. Однострій кавалериста, як і будь-який інший однострій, за сезонністю поділяється на:

– *зимовий*: куртка зимова типу А, напівкомбінезон, светр, рукавички, шапка зимова трикотажна, чоботи, фуфайка.

– *літній*: кепі типу А, костюм типу А (сорочка, брюки), сорочка трикотажна з короткими рукавами типу А, брюки “галіфе”, чоботи, фуфайка. Для брюк “галіфе” або бриджів використовуються тканини, до складу яких входять лайкра, котон, поліестр, для підвищення еластичності виробу. Ступінь їх захисту може варіюватися в дуже великих межах – від наявності в них гарних міцних вставок до простих додаткових накладок.

За словником синонімів *Караванського* слово *галіфе* – це *військові штани* особливого крою, що облягають коліна й розширюються догори; назва пішла від прізвища *французького генерала* Гастомна Олексамндра Огюмста де Галіфем – саме французький кавалерійський генерал, військовий міністр Гастон Галіфе ввів у форму кавалеристів брюки, які дуже широкі в стегнах і облягають гомілку. Фасон запозичили й інші армії, а брюки назвали на честь генерала. Цю стильну частину чоловічої форми швидко перехопили й дами – у 1980-х роках галіфе увійшли в жіночу моду [10].

Через те, що однострій поліцейських-кавалеристів має забезпечити його власнику відповідний захист і комфорт, вимоги до його виготовлення мають певну специфіку. Матеріали, з яких виготовляються речі, – це зазвичай шкіра або текстильні матеріали із надзвичайно високими характеристиками міцності (типу кордура від Dupont). Використання міцних та еластичних матеріалів оберігає кавалериста, а також еластичність підвищує комфортність однострою. Відбувається часткове поглинання ударів та запобігання ушкодженням тіла кавалериста різноманітного характеру, тому товщина повинна бути достатньою (не тонша 1,0 мм, у контактних зонах 1,2–1,4 мм, там, де підвищена товщина шкіри – до 2,5 мм), щоб протистояти таким навантаженням. Можливе застосування при виробленні однострою для кавалеристів шкіри з антиабразивним покриттям із підвищеними захисними властивостями шкіряних деталей виробу, але це дорога технологія обробки шкіри, яка вплине на вартість. З'єднання шкіряних деталей виконується спеціальними нитками та швами підвищеної міцності.

Наявність практичної підкладки в кавалерійському однострої (водостійкі і повітропроникні матеріали) забезпечить більший рівень комфорту. Якщо матеріал підкладки не буде “дихати”, то кавалерист швидко перегріється. Тут можна використовувати мембранні матеріали з додатковим проклеюванням швів та фурнітуру з герметизуючими властивостями на підкладку холофайбер, також можна запропонувати матеріали нового покоління, наприклад, – тінсулейт. Зимовий однострій на тінсулейті буде тоненький та легенький, адже він тепліший та легший за пух, що не обмежуватиме рух.

Тінсулейт був спочатку розроблений і запатентований як утеплювач для скафандрів американських астронавтів. Його винайшли в 70-х роках ХХ століття. Зараз його, крім США, випускають і використовують для пошиття теплої одягу інші країни. Це полімерний матеріал, який складається з найменших (у багато

разів тонших від людської волосини) волосків, між якими утворюються порожнечі, заповнені повітрям. Вони і створюють теплозберігаючий ефект.

Особливість крою однострою для поліцейських-кавалеристів полягає в забезпеченні максимальної комфортабельності в русі – тобто в тому положенні тіла, коли кавалерист сидить на своєму коні. Це означає, що рукави в куртки мають бути довшими, щоб не ускладнювати рухів у ділянці плечей. Ураховуючи положення тіла кавалериста, також необхідно збільшити площу покриття спини. Брюки-галіфе можуть бути довгими й одягатися в заправку чобіт, тобто щільно облягати ногу та фіксуватися для зручності одягання стопи в чоботи. До речі, чоботи або краги мають закінчуватися вище ікр для збільшення корисної площі взуття та зменшення тертя.

При проектуванні виробів, наприклад, із натуральної шкіри необхідно врахувати, що цей матеріал зовсім не піддається волого-тепловому обробленню (не заправується і не відтягується), тому при розробці конструкції таких виробів на перше місце висуваються вимоги практичної доцільності, утилітарності й естетичної виразності. Об'ємну форму виробам надають лише конструктивними засобами – швами та виточками [8].

Кишені на однострої – річ важлива й необхідна. Добре, якщо одна з них – внутрішня, з водостійкого матеріалу, тоді в ній спокійно можна буде зберігати документи та цінні речі. Кишені на однострої кавалериста обов'язково повинні закриватися (застібка “блискавка”, клапани тощо).

При виборі костюма необхідно звернути увагу на його зручність. Куртка має “сидіти” на фігурі достатньо щільно, щоб при падінні вона не задиралася, але водночас і достатньо вільно, щоб під неї можна було надіти светр у холодну погоду. Те ж саме стосується і брюк: вони мають “сидіти” щільно, але при цьому не ускладнювати рухів.

На нашу думку, для екіпірування слід додати пасивні елементи захисту. Це деталі та елементи зі світлоповертального матеріалу. Або ж саме екіпірування повинне мати помітний яскравий колір.

Однозначно найголовнішим елементом екіпірування кавалериста є шолом. Шолом – це частина індивідуального спорядження, призначена для захисту голови. Зазначимо, що основний принцип роботи цього елемента захисту – при пошкодженні зовнішніх та внутрішніх шарів розсіювати енергію удару, знижуючи вірогідність травмування. Сучасні шоломи виготовляються з різноманітних видів пластику або інших полімерних матеріалів. Шолом повинен забезпечувати достатнє поле зору, мати вентиляцію й мінімальну вагу. І, звичайно ж, він має бути ергономічним, зручним у використанні, не повинен нічого надавлювати і натирати. Застібки шолома мають забезпечувати надійну фіксацію на голові, але при цьому повинні легко відстібатися й застібатися.

У Сполучених Штатах є закони, які вимагають носіння затверджених шоломів для верхової їзди. Цей сегмент був створений у Нью-Йорку та одразу прийнято статут, підписаний закон від 7 вересня 1999 року і чинний з 5 січня 2000 року, який вимагає офіційно носіння затверджених шоломів для всіх вершників і для всіх початківців для безпеки руху. Місто Плантейшен, штат Флорида, уперше ухвалило муніципальний указ, чинний з 1 квітня 1999 року, який містить аналогічні вимоги для вершників. Розробив його Роберт О. Доусон – професор права Техаського університету. У Канадській провінції Онтаріо 29 червня 2001 р.

був прийнятий закон щодо шоломів, який для безпеки вимагає носіння затверджених шоломів і належного взуття або стремен переважно за винятком кінних шоу, за порушення якого передбачено штраф.

Слід зазначити, що шоломи велосипедні або для скейтбордів не підходять для верхової їзди.

Як відомо, реальна функція будь-якого виробу визначається конкретною ситуацією використання, тобто зовнішніми характеристиками його експлуатації. Як наслідок, виріб повинен мати ряд властивостей, які є його матеріальними характеристиками [11]. Ураховуючи умови несення служби кавалеристів та специфіку їх функціональних обов'язків, маємо певний комплекс властивостей, якими повинен характеризуватися комплект однострою для цієї категорії працівників патрульної поліції, а саме:

- 1) експлуатаційно-споживчі (міцність (як матеріалу, так і з'єднувальних швів), витривалість, стійкість до тертя та ударів, формостійкість);
- 2) ергономічні (зручність у користуванні);
- 3) гігієнічні (захист тіла від несприятливих факторів навколишнього середовища, повітропроникність, паропроникність та вологовідведення);
- 4) естетичні (відповідність напрямку моди, помітність, упізнаваність).

Як бачимо, основні вимоги до екіпірування кавалериста поліцейського практично такі самі, як і до екіпірування "класичного" вершника, однак специфіка діяльності працівників патрульної служби, які несуть службу верхи, вимагає певних нюансів при проектуванні відповідного однострою, тому важливо визначити оптимальний комплекс характеристик, які забезпечуватимуть функціональність одягу відповідно до наведених вище вимог, а саме:

- 1) диференціація одягу за сезонністю;
- 2) комплектність костюма;
- 3) конструкція виробів;
- 4) використовувані матеріали;
- 5) система захисних елементів;
- 6) засоби ідентифікації тощо.

Ергономічність конструкції куртки та брюк, наприклад галіфе, забезпечують еластичні вставки (на куртці в ділянці лопаток та на штанах у вигляді кокетки задньої частини). Для кращого повітро- та вологообміну передбачено вентиляційні канали (отвори з металевими блочками на деталях куртки під проймами).

На зимовому та літньому однострої кавалериста повинні бути розташовані елементи ідентифікації працівника патрульної поліції України як представника державного органу виконавчої влади – наруканні знаки на рукавах, що визначають приналежність працівника до патрульної поліції України та підпорядкованість його конкретній службі. Крім того, на лівій пілочці повинно бути передбачено місце для кріплення нагрудного знака працівника (отвори з металевими блочками), на рукавах розташовано нашивні погони.

Нові предмети (комплекти) однострою для кінної патрульної поліції, розроблені в ході роботи постійно діючої робочої групи з координації, розроблення нових або вдосконалення затверджених предметів (комплектів) однострою поліцейських (наказ МВС України від 29.01.2016 № 60 "Про утворення постійно діючої робочої групи з координації розроблення предметів (комплектів) однострою поліцейських та затвердження її персонального складу" (зі змінами), у подальшому

будуть використані при підготовці відповідних змін до постанови Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2015 року № 823 “Про однострій поліцейських”.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про національну поліцію: Закон України від 07.03.2002 № 3076-XIV. База даних Законодавство України/ВР України. URL: zakon.rada.gov.ua/laws/show/580-19 (дата звернення 19.07.2017).
2. Про однострій поліцейських: Закон України від 30.09.2015 № 823. База даних Законодавство України/ВР України. URL: zakon.rada.gov.ua/go/823-2015-n (дата звернення 19.07.2017).
3. Про внесення змін до опису і зразків предметів однострою поліцейських: Закон України від 19.04.2017 № 278. База даних Законодавство України/ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/823-2015-%D0%BF> (дата звернення 19.07.2017).
4. Національна поліція України. URL: <https://dp.npu.gov.ua/mvs/control/main/uk/publish/article/920970> (дата звернення 09.07.2017).
5. Про однострій кінної поліції України. База даних Національної поліції України, Дніпропетровська область. URL: <http://statuspress.com.ua/videonews/starejshee-otdelenie-konnoj-policii-otmechaet-190-letie.html> (дата звернення 17.07.2017).
6. *Малайцев В.Р. Павленко П.П.* Пошивка офицерских сапог. Москва: Военное издательство Министерства вооруженных сил СССР, 1947. С. 216.
7. Екіпіровка вершника / Магазин конної амуниції. URL: <http://mustang.com.ua/ehkipoivka-vsadnika/aksessuary-3> (дата звернення 17.07.2017).
8. *Коблякова Е.Б., Савостицкий А.В., Йвлева Г.С.* Основы конструирования одежды. Москва: Легкая индустрия, 1980. С. 114.
9. Каблуки-Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Каблуки> (дата звернення 17.07.2017).
10. Міністр оборони Франції. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Міністр_оборони_Франції (дата звернення 17.07.2017)
11. *Садовский В. В., Несмелов Н. М.* Товароведение одежно-обувных товаров. Минск: БГЭУ, 2005. 87 с.

Отримано 11.10.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

УДК 623.4.18

М.А. Мовчан,
к.ю.н. (ДНДІ МВС України),
С.Г. Осьмак (ДНДІ МВС України)

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРОВЕДЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗРАЗКІВ СТРІЛЕЦЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

У статті висвітлено дослідження основних положень проведення випробувань зразків ручного стрілецького озброєння відповідно до особливостей його експлуатації та на основі вимог законодавства. Акцентовано увагу на дослідженні змісту та сутності проведення випробувань з урахуванням специфіки конструктивного виконання зразків зброї та можливості використання в ході виконання завдань правоохоронного характеру. На підставі проведеного аналізу визначено основні мінімально достатні параметри зразків стрілецького озброєння, що піддаються перевіркам у рамках вирішення питання щодо прийняття їх на озброєння.

Ключові слова: зброя, перевірки, випробування, стрілецьке озброєння, патрон, постріл, прийняття на озброєння.

В статье освещены исследования основных положений проведения испытаний образцов ручного стрелкового вооружения в соответствии с особенностями его эксплуатации и на основе требований законодательства. Акцентировано внимание на исследовании содержания и сущности проведения испытаний с учетом специфики конструктивного исполнения образцов оружия и возможности использования в ходе выполнения задач правоохранительного характера. На основании проведенного анализа определены основные минимально достаточные параметры образцов стрелкового вооружения, которые подвергаются проверкам в рамках решения вопроса постановки их на вооружение.

Ключевые слова: оружие, проверки, испытания, стрелковое вооружение, патрон, выстрел, принятие на вооружение.

Paper deals with the study of the basic provisions of the testing of samples of small arms in accordance with the peculiarities of its operation and on the basis of the requirements of the legislation. The emphasis is placed on the study of the content and nature of the tests, taking into account the specifics of the constructive execution of weapons samples and the possibility of using them in the course of performing law enforcement tasks. On the basis of an analysis, the basic minimum parameters of small arms samples, which are subject to inspections in the framework of acceptance, are determined.

Keywords: weapons, inspections, tests, small arms, cartridge, shot, and acceptance.

У історичному контексті розвитку будь-якої системи невідворотнім є процес її періодичного вдосконалення. Тобто з часом стали можливості використовуваного засобу як сформованого функціонального механізму певною мірою перестають задовольняти вимоги користувача. Як правило, таке явище характеризується

© Мовчан М.А., Осьмак С.Г., 2017

розширенням кола завдань, які необхідно вирішувати з використанням певних видів техніки, впровадження інноваційних досягнень науково-технічного прогресу та окремими трансформативними змінами в суспільстві. Не є в цьому плані винятком і систематичні модернізаційні процеси в галузі озброєння практично всіх світових країн. Основним критерієм формування необхідності та в подальшому реалізація концепції вдосконалення системи озброєння, в першу чергу, є виклики та загрози безпеці як локального, так і міжнародного характеру. Для ефективного попередження та безпосередньої боротьби з такими негативними проявами необхідним є вдосконалення відповідних засобів як протиборства, так і стримування. Реалізація концептуальних безпекових положень удосконалення системи озброєння, зокрема щодо впровадження новітніх зразків у діяльність органів забезпечення правопорядку та національної безпеки, здійснюється за результатами вирішення питання щодо прийняття на озброєння того чи іншого виду зброї. Попередньо зразок озброєння піддається комплексу необхідних випробувань, що має на меті встановлення його відповідності основним технічним вимогам та особливостям застосування користувачем.

Відповідно актуальність цього напряму дослідження зумовлюється особливістю здійснення комплексу заходів, з вирішення питання щодо впровадження в діяльність підрозділів підтримання правопорядку та боротьби зі злочинністю нових зразків озброєння відповідно до вимог чинного законодавства.

Мета цієї статті полягає у визначенні основних критеріїв та сутності проведення випробувань зразків озброєння з урахуванням їх конструктивної особливості та специфіки застосування.

Питання проведення випробувань окремих категорій озброєння досліджувалося В.О. Лоторєвим, О.С. Марченком, В.П. Хоменком, А.В. Гурновичем, В.Г. Федоровим, В.Н. Ашурковим, М.Р. Попенкером, О.М. Піджаренком, О.І. Шевцовим та ін.

Безумовно, наукові доробки перелічених вчених мають суттєву значимість у дослідженні загальної системи озброєння та особливостей її розвитку. Однак питання специфіки проведення комплексу випробувань зразків зброї відповідно до особливостей її застосування на цей час досліджено лише фрагментарно. На нашу думку, досить мало уваги приділялось питанню саме дослідження механізму реалізації прийняття на озброєння нових зразків зброї. Також невизначеним до цього часу, на наш погляд, залишається як сутність проведення комплексу окремих випробувань щодо встановлення відповідності того чи іншого зразка зброї основним вимогам та критеріям до застосування, так і самі критерії.

У ході дослідження порушеного питання, в першу чергу, необхідно проаналізувати основні положення вимог вітчизняного законодавства у сфері реалізації механізму прийняття на озброєння (постачання) нових зразків зброї, зміст та обсяги проведення їх необхідних перевірок.

Так, на сьогодні питання щодо прийняття на озброєння зразків зброї вітчизняного виробництва реалізується відповідно до Порядку розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції, що затверджений Постановою Кабінету міністрів України від 20 лютого 2013 року № 120. Це порядок передбачає можливість прийняття зразка зброї на озброєння шляхом видання відповідного правового акта органом, який раніше прийняв рішення про його розроблення (модер-

нізацію) та подальшим забезпеченням [1]. Відповідно до вимог зазначеного Порядку для проведення випробувань утворюється відповідна Державна комісія, що перевіряє відповідність характеристик (показників) дослідного (модернізованого) зразка вимогам тактико-технічного (технічного) завдання, у тому числі в частині захисту інформації, яка становить державну чи комерційну таємницю або належить до службової інформації, і робить висновок стосовно доцільності затвердження конструкторської документації на серійне виробництво (модернізацію) такого зразка та прийняття його на озброєння (постачання) [1].

Також під час особливого періоду, введення надзвичайного стану та в період проведення Антитерористичної операції в Україні питання прийняття (постачання) нових зразків озброєння регулюється Порядком постачання озброєння, військової і спеціальної техніки під час особливого періоду, введення надзвичайного стану та у період проведення Антитерористичної операції, що затверджений Постановою Кабінету міністрів України від 19 лютого 2015 року № 345. Відповідно до зазначеного порядку встановлено спрощений порядок та процедурність впровадження нових зразків озброєння лише на особливий період за результатами проведення з боку державного замовника підконтрольної експлуатації та визначальних відомчих випробувань. Випробування проводяться комісією державного замовника для визначення значень характеристик зразка військової техніки зі встановленими значеннями показників точності та (або) достовірності, за результатами яких може бути прийнято рішення про прийняття зразка військової техніки на озброєння (постачання) шляхом видання певного правового акта [2].

Як бачимо, відповідно до наведених вимог нормативно-правових актів Кабінету Міністрів України питання щодо можливості прийняття на озброєння зразка зброї вирішується за результатами проведення комплексу відповідних випробувань, таких як “державні” чи “відомчі визначальні”. У ході проведення державних випробувань здійснюється перевірка представленого на випробування зразка відповідності вимогам технічного завдання на його розробку, а у випадку відомчих визначальних – на відповідність показників точності та (або) достовірності. Як у першому, так і другому випадку випробування проводяться за визначеною процедурністю, а зокрема, в порядку, що передбачається програмою та методиками проведення відповідних випробувань, що розробляються з урахуванням конструктивних особливостей зброї, специфіки її застосування та основних вимог до окремо визначеного виду (пістолети, гвинтівки, кулемети). Виходячи з аналізу сутності та обсягів, положення програми та методик державних випробувань мають суттєво різнитися від відомчих визначальних.

Проте, на нашу думку, відмінність має бути досить несуттєва, а в деяких випадках практично відсутня. Загальна нормативно-технічна документація щодо змісту проведення випробувань зразків озброєння для підрозділів правоохоронного та безпекового сектору країни на сьогодні відсутня. Основним нормативним документом з цього питання є система загальних технічних вимог та типових методів державних випробувань зразків озброєння в системі Міністерства оборони України, що датується 80-ми роками минулого століття [3].

За такого стану речей проведення відповідного комплексу випробувань в інтересах певного відомства (державного замовника) реалізовується, безпосередньо виходячи з індивідуальних ознак окремо взятого об'єкта, що випробується. На основі цих особливостей, як зазначалося вище, розроблюється

відповідна методика проведення перевірок. Об'єм здійснення тих чи інших випробувань аргументується особливостями забезпечення виконання завдань із застосуванням зброї та конструктивно-властивими ознаками самої зброї. При цьому, комплекс проведення випробувань умовно можливо розділити на такі категорії, що передбачають:

- перевірку конструктивного виконання;
- перевірку безпечності використання;
- перевірку надійності функціонування.

Сутність перевірок у системі конструктивного виконання полягає в комплексі дослідження основних лінійних характеристик зброї, визначення її маси, принципу дії, наявності комплектності. Вимірювання лінійних характеристик проводиться шляхом визначення максимальних значень довжини, ширини та висоти випробовуваного зразка зброї як з урахуванням встановлених додаткових знімних пристроїв так і без них. У випадку можливості регулювання окремих частин зброї (регульований приклад, прицільні пристрої), в результаті чого змінюється показник її габаритних розмірів, проводяться дослідження з визначення максимального та мінімального значення цієї опійної характеристики. Також у ході проведення перевірки конструктивного виконання зразка здійснюється фактичне визначення його маси. Як правило, цей показник контролюється за допомогою вагів. Перевірка маси випробовуваного зразка також здійснюється як з урахуванням встановлених додаткових пристроїв так і без них, а також з урахуванням спорядження патронами та без них. Визначення наведених показників щодо лінійних характеристик та маси, в першу чергу, дають можливість потенційному користувачу зброї розрахувати безпосереднє навантаження екіпірування, вирахувати основні тактичні особливості транспортування та використання зброї відповідних габаритів.

Наступним визначальним критерієм цієї категорії є визначення фактичного діаметру каналу ствола (по полях), що, як правило, проводиться з використання відповідних калібр-пробок з максимальною точністю до однієї соті міліметра. Вимірювання проводиться в зоні дульного зрізу каналу ствола на глибину калібру. Також одним із невід'ємних аспектів проведення дослідження є перевірка конструктивного виконання основних частин та механізмів зброї (особливості зовнішнього покриття, його стійкості до впливу окремих механічних факторів, практична зручність використання), принципу їх взаємодії та роботи (додатково досліджується зручність та можливість проведення необхідного обслуговування, особливостей розбирання, уніфікації та можливості взаємозаміни механізмів). Обов'язково встановлюється наявність відповідного маркування та контролюється індивідуальне пакування, (споживча тара). У тарі має безпосередньо розміщатися зразок зброї та відповідні комплектуючі приладдя та частини до нього.

Наступною групою категорією проведення випробувань зброї відповідно до визначеного поділу є перевірка щодо безпечності її використання. Відповідна категорія регламентує дослідження щодо підтвердження недопустимості травмування чи спричинення іншої шкоди користувачу в результаті використання ним зразка зброї відповідно до призначення. Безпосередня перевірка проводиться шляхом визначення безпечності перед стрільбою, що передбачає встановлення унеможливлення здійснення випадкового пострілу при заряджанні та розряджанні зброї. Окремим аспектом проведення перевірки є визначення унеможливлення

травмування користувача при використанні зброї безпосередньо в результаті взаємодії її основних частин та механізмів (вплив на органи зору, особливості (дефекти) конструктивного виконання, що містять небезпечні елементи).

Окремо слід акцентувати увагу на проведенні перевірки безпечності зброї в результаті можливого порушення правил її експлуатації. Цей вид випробування спрямований на реалізацію забезпечення безпеки користувача в результаті не умисно спрямованих дій (тобто як у випадку наявності факторів, що не залежать від волі користувача (дефект патрону), так і можливої недбалої поведінки самого користувача (випадково залишений шомпол у каналі ствола). При врахуванні факторів, що не залежать від волі користувача, перевірка проводиться з визначення безпечності використання при наявності кулі в каналі ствола. При здійсненні пострілу повинна бути забезпечена безпечність користувача, при цьому допускаються фактори руйнування окремих частин зброї.

Надійність функціонування зразків озброєння, на нашу думку, є одним з актуальних питань. Це твердження аргументується безпосередньо виходячи з того, що в ході випробувань та перевірок встановлюється ефективність працездатності зразка відповідно до умов експлуатації. Тобто, інакше кажучи, визначаються якісні характеристики використання за призначенням, можливість функціонування в умовах впливу окремих факторів навколишнього середовища та надійність виконання складових вузлів та механізмів у результаті тривалої експлуатації.

До категорії якісних характеристик використання належить в загальному розумінні функціональність зброї, що передбачає її працездатність та надійність в частині безвідмовності. Також об'єктивно встановлюються характеристики зброї щодо купчастості стрільби та початкової швидкості польоту кулі. Умови експлуатації зразків озброєння передбачають можливість його використання під дією різних кліматичних факторів. Мається на увазі безпосереднє використання зброї при зниженій температурі навколишнього середовища чи в спекотну погоду. Зразок озброєння має зберігати працездатність під час впливу атмосферних опадів, підвищеної вологості та концентрації пилу. Встановлення відповідності за вказаними вимогами, як правило, проводиться в лабораторних умовах з використанням відповідних кліматичних камер. Зразок зброї піддається впливу як зниженої температури, так і підвищеної. За умовами випробувань зброя має бути працездатною та надійно функціонувати. Перевірка проводиться безпосередньо стрільбою. Аналогічно вирішується питання щодо підтвердження працездатності зброї в умовах атмосферних опадів та підвищеної концентрації пилу. Відразу після дощування (занурення у воду) та після тривалого впливу вологості в умовах підвищеної температури проводиться випробування стрільбою. Також збільшена концентрація пилу відносно звичайних умов (зразок зброї піддається безпосередньо запиленню) не повинна впливати на працездатність зброї. Додатково слід відмітити, що лабораторні випробування проводяться в максимально жорстких умовах, тобто з урахуванням більш агресивніших впливів для встановлення не лише працездатності зразка, а і якості його виконання в частині надійності. Як правило, в лабораторних умовах проводиться випробування щодо міцності зброї, а саме недопущення можливих конструктивних дефектів при використанні випробувальних патронів, що спричиняють підвищений тиск у каналі ствола. Відповідно конструктивне виконання зразка зброї має передбачати подібні навантаження і при

цьому не повинна спостерігатися будь-яка деформація вузлових елементів та частин зброї. Одним із найтриваліших та об'єктивно визначальним етапом цієї категорії випробувань є перевірка заявленого ресурсу напрацювання. Безпосередньо в ході випробувань перевіряється заявлений граничний ресурс експлуатації зброї. Важливим у процесі проведення зазначених випробувань є дотримання рекомендованих виробником зброї періодів обслуговування (чищення, змащення). Зазначимо, що в ході випробувань можуть спостерігатися факти виходу з ладу окремих частин (складових вузлів), що в подальшому можуть не бути визначальними для граничного напрацювання зброї, а розглядатися як допустимі та в процесі обслуговування мають бути замінені. Окремі вчені прирівнюють ресурс напрацювання зразка зброї до ресурсу лише ствола і, відповідно, вживають цей термін як визначальний в якості зброї. На нашу думку, таке судження є хибним, оскільки ресурс напрацювання зразка визначається, виходячи з функціональної надійності безпосередньо всіх вузлів та елементів зброї.

Одним із важливих факторів проведення всього комплексу зазначених випробувань є характеристики патрону, який використовувався під час випробувань зразка зброї. Відповідно, весь комплекс випробувань має проводитися на одному типі патронів, які належать до категорії експлуатаційних випробуваного зразка зброї. Також за результатами випробувань, у випадку їх позитивності, зразок зброї рекомендується до прийняття на озброєння із зазначенням відповідного патрону, який повинен використовуватися в процесі експлуатації, з метою надійності її функціонування та забезпечення відповідних якісних характеристик у частині стрільби, які були перевірені в процесі випробувань.

Підсумовуючи викладений матеріал, слід зауважити, що на сьогодні проблематика систематизації комплексу випробувань зразків озброєння безпосередньо в інтересах МВС потребує нагального вирішення. Зумовлено це твердження необхідністю забезпечення якісного вирішення питання щодо прийняття на озброєння того чи іншого зразка зброї за результатами проведення певного комплексу випробувань. Що стосується вичерпності комплексу випробувань, ми не заявляємо категорично, а лише, порушивши це питання, закликаємо наукову спільноту та практичних користувачів до діалогу з метою формування можливих стандартів та загальних вимог до цього виду продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Порядку розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції: Постанова КМУ від 20 лютого 2013 р. № 120. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/120-2013-п> (дата звернення 26.06.2017).

2. Про затвердження Порядку постачання озброєння, військової і спеціальної техніки під час особливого періоду, введення надзвичайного стану та у період проведення антитерористичної операції: Постанова КМУ від 25 лютого 2015 р. № 345. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/345-2015-п> (дата звернення 17.07.2017).

3. Система общих технических требований к видам вооружения и военной техники. Ракетно-артиллерийское вооружение сухопутных войск. Общие требования к методам Государственных испытаний стрелкового оружия и патронов к нему. Типовые методики (методы) Государственных испытаний ОТТ 7.2.7.-85.

Отримано 18.10.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

УДК 519.711

Р.В. Грищук,

д.т.н., с.н.с. (Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова),

Ю.О. Гордієнко,

к.т.н. (Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова),

А.Р. Аміров (Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова),**І.А. Солопій** (Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова)

АНАЛІЗ АКУСТИЧНИХ ЗАСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ ПОСТРІЛУ ЗІ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

У роботі представлені результати аналізу існуючих акустичних засобів виявлення пострілу зі стрілецької зброї. Виходячи з конфігурації акустичного сегменту, визначені підходи щодо оброблення акустичних даних, переваги та недоліки для кожної з конфігурацій та методів оброблення акустичних даних. Запропонована класифікація систем виявлення пострілу залежно від їх характеристик, можливостей та призначення. За результатами аналізу існуючих засобів та методів обробки вимірjuвальних даних визначені напрями подальших досліджень щодо створення вітчизняного зразка акустичного засобу виявлення пострілу.

Ключові слова: акустичний засіб виявлення пострілу, стрілецька зброя, дулова хвиля, балістична хвиля.

В работе представлены результаты анализа существующих акустических средств обнаружения выстрела из стрелкового оружия. Исходя из конфигурации акустического сегмента, определены подходы к обработке акустических данных, преимущества и недостатки каждой из конфигураций и методов обработки акустических данных. Предложенная классификация систем обнаружения выстрела в зависимости от их характеристик, возможностей и назначения. По результатам анализа существующих средств и методов обработки измерительных данных определены направления дальнейших исследований по созданию отечественного образца акустического средства обнаружения выстрела.

Ключевые слова: акустическое средство обнаружения выстрела, стрелковое оружие, дульная волна, баллистическая волна.

Paper represents the results of an analysis of existent acoustic facilities of small arms fire detection. Proceeding from configuration of acoustic segment, approaches to acoustic data processing are defined. Advantages and disadvantages of each configuration and acoustic data processing methods are mentioned. Classification of small arms fire detecting systems depending on their specifications, abilities and purpose is proposed. According to the results of an analysis of existent facilities and methods of measured data processing, ways of further researches in order to design home specimen of an acoustic tool of small arms fire detection are determined.

Keywords: acoustic means of fire detection, small-arms, muzzle wave, ballistic wave.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями.

Досвід проведення Антитерористичної операції на Сході нашої держави вказує на необхідність оперативного визначення вогневих позицій (ВП) противника. Особливе місце в цьому процесі відводиться технічним засобам розвідки та виявлення. Висока вартість зарубіжних зразків таких засобів та відсутність вітчизняних аналогів зумовлює нагальну потребу у створенні власних акустичних засобів виявлення пострілу зі стрілецької зброї. Основною вимогою до розроблених зразків таких засобів має бути менша їх вартість та не гірші за аналоги тактико-технічні характеристики. Ефективне вирішення цієї задачі дозволить у найкоротші терміни забезпечити акустичними засобами виявлення пострілу (АЗВП) зі стрілецької зброї бойові підрозділи в зоні проведення Антитерористичної операції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз світової практики, присвяченої питанням виявлення вогневих позицій противника, у тому числі і снайперів, показує, що основним принципом, який покладений в основу технічних засобів виявлення, є принцип виявлення демаскуючих факторів [1]. При цьому одним із важливих демаскуючих факторів, який фіксується технічним засобом виявлення, є акустична характеристика пострілу.

З [2; 3] відомо, що в основу акустичних спостережень покладено реєстрацію акустичних сигналів, викликаних пострілом та прольотом кулі на надзвуковій швидкості. Пріоритетність розроблення саме акустичних засобів розвідки та виявлення вогневих позицій зумовлена їх відносно невисокою вартістю, простотою реалізації, застосування та обслуговування. На озброєнні Збройних Сил України нині перебувають звукометричні комплекси для виявлення місцеположення вогневих позицій артилерії, такі як АЗК-7, Положення-2 та ін [4; 5]. При цьому, на відміну від збройних сил розвинених держав світу, в ЗС України відсутні АЗВП зі стрілецької зброї. Тому для їх створення слід вирішити ряд важливих наукових та практичних задач. Зокрема, слід провести науково-технічний аналіз існуючих АЗВП та методів оброблення акустичних даних. Уточнення потребує класифікація систем виявлення пострілу тощо.

Метою статті є аналіз акустичних засобів виявлення пострілу зі стрілецької зброї та розроблення їх класифікації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Незалежно від конфігурації акустичного сегменту, типу акустичної системи, способу оброблення акустичних даних та методу визначення положення вогневих позицій реалізація спостережень АЗВП ґрунтується на результатах оброблення й аналізу балістичної та/або дулової хвилі [3].

Поява балістичної хвилі (БХ) викликана прольотом кулі з надзвуковою швидкістю [3; 6]. Фронт БХ – це конічна поверхня, що обмежує в надзвуковому потоці газу область, у якій зосереджені збурення, які породжені точковим джерелом, а саме тілом, що рухається в середовищі з надзвуковою швидкістю. Дулова хвиля (ДХ), у свою чергу, викликана виходом порохових газів із каналу ствола,

утворених унаслідок горіння порохового заряду, під великим тиском. Фронт ДХ – це сфера з центром попереду від дульного зрізу каналу ствола.

Здійснимо науково-технічний аналіз існуючих АЗВП залежно від складової акустичного сигналу генерованого пострілом зі стрілецької зброї та методів оброблення акустичних даних.

Відомо [3], що визначення положення вогневих позицій за **результатом оброблення БХ** здійснюється шляхом побудови поверхні БХ (поверхні конусу) та визначення її параметрів – положення вісі конусу (напрямок на вогневу позицію) та кута між твірною конусу та його віссю (відстані до вогневої позиції). При цьому враховуються втрати швидкості кулі залежно від відстані, сили тяжіння, метеорологічних умов тощо.

Кут між твірною конусу та його віссю визначає швидкість кулі як

$$V_K = \frac{V_{AX}}{\sin \mu} \quad (1)$$

де V_K – швидкість кулі, м/с;
 V_{AX} – швидкість звуку, м/с;
 μ – кут Маха, град.

Опираючись на реальні експериментальні дані, встановлено, що швидкість кулі залежить від відстані до вогневої позиції [3]. Обмеженням, яке накладається на АЗВП при аналізі БХ, є умова перевищення швидкості кулі швидкості звуку. Так, для снайперської гвинтівки Драгунова максимальна дальність визначення вогневої позиції снайпера не перевищує відстані 800–900 метрів залежно від температури повітря, відповідно +20°C та -20°C [3].

Перевагою цього підходу до побудови АЗВП є відсутність потреби виявлення та оцінювання параметрів ДХ. Як результат, з'являється можливість виявлення вогневої позиції при застосуванні противником засобів безшумної стрільби (ЗБС). Однак, з іншого боку, при використанні противником набоїв зі зменшеною швидкістю, виявлення вогневої позиції із застосуванням АЗВП цього типу неможливе. АЗВП зазначеного типу, як правило, застосовують на транспортних засобах та інтегруються з бойовими модулями. Приклади таких засобів наведено на рис. 1.

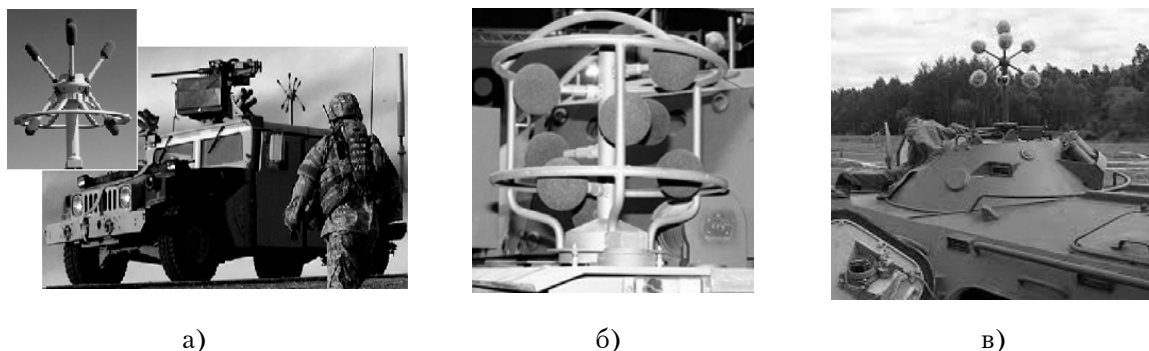


Рис. 1. Акустичні засоби виявлення пострілу за даними виявлення та оцінювання параметрів балістичної хвилі: а) *Boomerang III* (США); б) *ASLS* (ФРН); в) *SOVA-M* (РФ)

Визначення вогневої позиції лише за результатами оброблення БХ, призводить до обмеження можливостей застосування АЗВП цього типу в реальних бойових умовах, а саме: максимальна відстань між акустичною системою та траєкторією польоту кулі не повинна перевищувати 30 метрів; точність визначення ВП за азимутом обмежена сектором $15^\circ \div 30^\circ$ [7].

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fzx + Gx + Hy + Kz + L = 0 \quad (2)$$

Для визначення параметрів конусу в загальному вигляді (2) необхідно мати координати десяти точок, які знаходяться на його поверхні. Тобто АЗВП, робота якого ґрунтується на визначенні параметрів лише БХ, повинен мати не менше десяти звукоприймачів (ЗП).

З аналітичної геометрії відомо [8], що коефіцієнти в рівнянні (2), які пов'язані з першими ступенями координат, визначають перенесення початку системи координат. Виходячи з припущення, що необхідно визначити ВП, з якої ведеться вогонь безпосередньо по цілях, які знаходяться поблизу або на яких встановлено АЗВП (саме це і зумовлює обмеження застосування АЗВП цього типу), то коефіцієнтами перших ступенів координат можна знехтувати. У такому разі початок системи координат умовно співпадає з АЗВП, а рівняння (2) набудатиме вигляду

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fzx + L = 0 \quad (3)$$

Згідно з умовою (3) для визначення ВП снайпера необхідно мати не менше семи ЗП. Саме ця умова зумовлює кількість ЗП у складі акустичного сегменту існуючих АЗВП цього типу (див. рис. 1): *Boomerang III* та *COBA-M* – 7 ЗП; *ASLS* – 8 ЗП.

Далі шляхом перебору можливих напрямів на ВП та відстані до неї здійснюють пошук положення системи координат, для яких рівняння (3) набудатиме вигляду

$$\frac{x'^2}{a^2} + \frac{y'^2}{a^2} - \frac{z'^2}{c^2} = 0 \quad (4)$$

Рівняння (4) описує коловий конус у новій системі координат $x'y'z'$. При цьому вісь z' співпадає з траєкторією польоту кулі та визначає напрямок на вогневу позицію. Відстань до ВП визначається через кут між твірною конусу та віссю, яка співпадає з кутом Маха та визначається як

$$\mu = \operatorname{arctg} \frac{a}{c} \quad (5)$$

Одним з напрямів застосування АЗВП цього типу є встановлення їх на гелікоптерах, оскільки з досвіду ведення бойових дій відомо, що 85 % загроз для гелікоптерів становить вогонь з різних видів стрілецької зброї та зенітних установок [9]. Такі засоби в реальному часі дозволяють встановлювати факти обстрілу, визначити тип зброї (її калібр) та місцеположення вогневих позицій. Одержані пілотом гелікоптера дані дозволяють йому вчасно здійснити маневр та вивести гелікоптер із зони небезпеки. Прикладами таких засобів є *HALTT* (США) та *PILAR-HV* (Франція) [9; 10].

Система *Pilar-HV* (Helicopter Version) може включати від одного до чотирьох акустичних сегментів залежно від модифікації гелікоптера (рис. 2). У кабіні пілота встановлюється дисплей який сигналізує про факт обстрілу та вказує на положення вогневої точки.



Рис. 2. Французька акустична система виявлення пострілу для гелікоптерів *Pilar-HV*: а) акустичний сегмент; б) приклад встановлення акустичного сегменту на гелікоптері

Передбачається, що система *Pilar-HV* може бути інтегрована з бойовим модулем RWS та включена до єдиної системи управління *Battlefield Management System* (BMS), для обміну інформацією про виявлені наземні цілі між літальними апаратами або наземними військами [10].

Крім того, акустичні засоби можуть встановлюватись на безпілотні літальні апарати (БПЛА) [11]. При цьому, крім завдань розвідки, результати акустичних спостережень також використовуються для встановлення факту обстрілу БПЛА зі стрілецької зброї. Своєчасне встановлення факту обстрілу БПЛА дає можливість оператору здійснити маневр щодо виходу апарату з під обстрілу (набір висоти, вихід з району тощо). Одним із таких засобів є *AVS* (*Acoustic Vector Sensors* – векторний акустичний сенсор) Нідерландської фірми *Microflown Technologies* (рис. 3).



Рис. 3. Варіанти встановлення AVS на БПЛА: а) встановлення на коптер; б) встановлення на RQ-11B Raven

Робота АЗВП, заснованих на **одночасному аналізі БХ та ДХ**, полягає у виявленні і визначенні азимуту та часу вступу БХ, визначенні азимуту приходу та часу вступу ДХ, визначенні різниці часу між вступом цих хвиль. При цьому азимут на ВП, відносно АЗВП, співпадає з азимутом надходження ДХ [3], а

відстань до ВП визначається через різницю часу між надходженням балістичної та дульної хвиль як:

$$D = \frac{V_K \cdot V_{AX}}{V_K - V_{AX}} \Delta \tau, \quad (6)$$

де, V_K – швидкість кулі, м/с.

V_{AX} – швидкість звуку, м/с.

$\Delta \tau$ – різниця часу між вступом балістичної та дульної хвиль, с.

Для визначення ВП цим підходом необхідно не менше трьох ЗП. Існуючі АЗВП, які можуть бути застосовані для аналізу БХ та ДХ у своєму складі мають акустичний сегмент, що складається з чотирьох ЗП, розташованих у вершинах тетраедра. Така конфігурація акустичного сегменту дозволяє підвищити точність визначення кута місяця ВП, що особливо важливо при вирішенні завдань у гірській місцевості або в умовах міської забудови.

АЗВП цього типу можуть бути застосовані як стаціонарно (блокпост, місце зосередження особового складу або військової техніки), так і можуть встановлюватись на транспортні засоби. При встановленні АЗВП на транспортні засоби вони, як правило, інтегруються з бойовими модулями. Приклади АЗВП, які реалізовані за цим підходом, наведені на рис. 4–5.

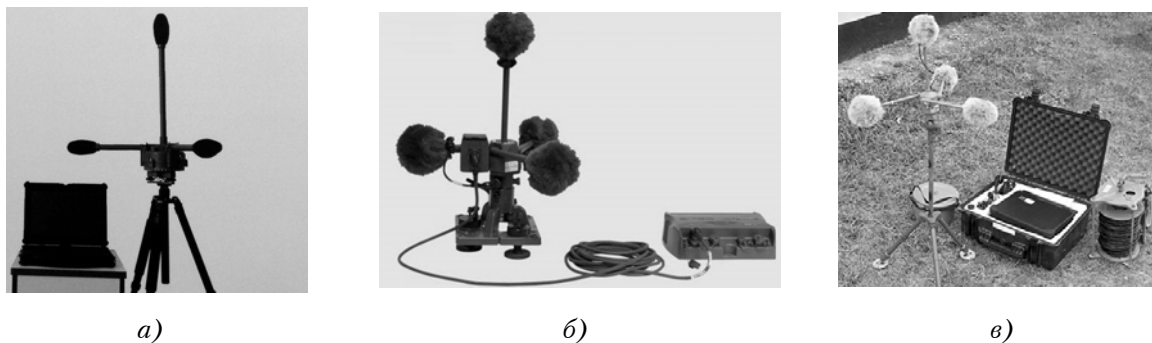


Рис. 4. Стаціонарні акустичні системи виявлення пострілу, які забезпечують одночасний аналіз БХ та ДХ: а) ASAD (КНР); б) Pilar (Франція); в) SOVA (РФ)



Рис. 5. Мобільні акустичні системи виявлення пострілу, які забезпечують одночасний аналіз БХ та ДХ: а) PDCue (ФРН); б) Rafael (Ізраїль); в) Pilar V (Франція)

Слід зазначити, що окремим напрямом застосування наведених вище АЗВП (див. рис. 4, 5) може бути їх комплексування до єдиної просторової

системи виявлення з подальшою сумісною обробкою акустичних даних від кожної з підсистем. Прикладами таких систем є система *COBA* (РФ) та система *Pilar-GV* (ФРН) (рис. 6) [10; 12; 13].

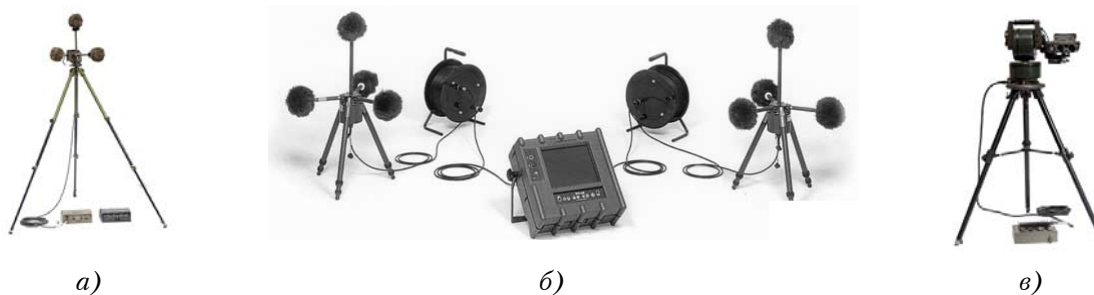


Рис. 6. Акустична система виявлення пострілу PILAR-GV: а) базовий акустичний сегмент; б) двохпозиційний варіант системи; в) автоматизований поворотний пристрій PIVOT

Система *Pilar-GV* призначена для спостереження за важливими об'єктами або місцями тимчасового зосередження військ (сил) та засобів. Вона включає від 2 до 20 базових акустичних сегментів, розташованих навколо заданого об'єкта. Кількість акустичних сегментів залежить від розміру підконтрольної зони. При максимальній кількості акустичних сегментів (20 одиниць) підконтрольна площа становить до 1,5 км². При цьому базовим акустичним сегментом є акустичний сегмент системи *Pilar V* (див. рис. 4 в).

За результатами оброблення акустичних сигналів визначається відстань, азимут та кут місця вогневої позиції. Результати реєстрації та виявлення виводяться на монітор оператора. До складу *PILAR-GV* може входити автоматизований поворотний пристрій *PIVOT*, на який встановлюється відеокамера (див. рис. 6 в). Після виявлення пострілу турель *PIVOT* автоматично повертається у напрямку ВП та забезпечує надходження відеопотоку в реальному режимі часу. Систему *PILAR-GV* вперше в бойових умовах застосовано в Афганістані [14].

Аналіз бойового досвіду застосування просторових систем виявлення пострілу дозволяє зробити висновок про те, що результати оброблення та аналізу БХ дають можливість виявляти ВП при застосуванні противником ЗБС. При реєстрації елементами системи ДХ – її параметри можуть бути використані лише для уточнення положення ВП.

Окремим напрямом у розробленні АЗВП є **індивідуальні засоби виявлення пострілу** – *IGD (Individual Gunshot Detector)* [14; 15]. Звукоприймачі індивідуальних засобів виявлення кріпляться на бронежилет або каску. Під час пострілу система виявляє акустичний сигнал, генерований прольотом кулі з надзвуковою швидкістю, подає звуковий сигнал та виводить відомості про місцеположення вогневої позиції на персональний дисплей. Система враховує пересування бійця та синхронно оновлює місцеположення вогневої позиції відносно його положення. Приклади зазначених систем наведені на рис. 7. Для підвищення точності виявлення портативні засоби виявлення об'єднують у **мережу акустичного моніторингу** поля бою з єдиним центром оброблення (див. рис. 7 г). Обмін інформації здійснюється за допомогою Bluetooth каналу.

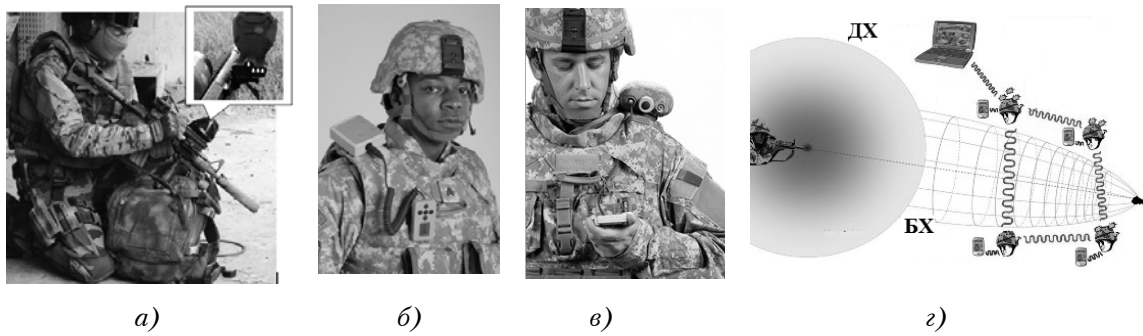


Рис. 7. Індивідуальні засоби виявлення пострілу: а) PEARL (Франція); б) SWATs (США); в) Boomerang Warrior-X (США); г) мережна акустична система на базі Helmet-Based Sniper Location System (США)

Інколи для визначення ВП використовуються лише результати аналізу ДХ. У такому разі використовується триангуляційний метод, необхідною умовою якого є наявність не менше трьох ЗП (рис. 8). АЗВП, побудові за таким принципом, як правило, використовуються правоохоронними органами для виявлення та локації пострілів в умовах міської забудови. Прикладом такої системи є система *ShotSpotter*, що встановлена у Вашингтоні [16]. Вона складається з близько трьохсот акустичних сенсорів, які шляхом триангуляції здійснюють локацію місця пострілу з точністю до 25 метрів (рис. 9).

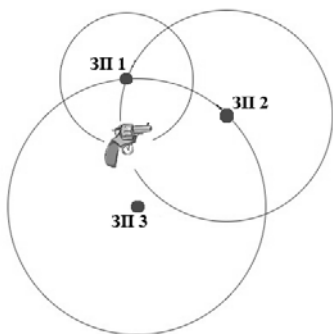


Рис. 8. Принцип роботи системи виявлення пострілу за даними аналізу ДХ



Рис. 9. Елемент акустичної системи ShotSpotter (США)

Перевагою зазначеної системи зокрема та такого підходу в цілому є те, що додатково відкриваються можливості з визначення інтенсивності пострілів, типу зброї (калібру) та кількості стрільців.

Отже, провівши ґрунтовний аналіз АЗВП зі стрілецької зброї та узагальнивши одержані результати, можна зробити висновки про їх переваги та недоліки. Перевагою всіх без винятку АЗВП є пасивний режим спостереження, всепогодність застосування, цілодобовість, круговий, сектор спостереження та незначна вартість, у порівнянні із засобами виявлення пострілу, заснованими на виявленні інших демаскуючих факторів. Головний недолік таких систем – завдання виявлення виконується лише після здійснення пострілу. Крім того, недоліком є те, що можливості АЗВП обмежені за дальністю виявлення.

Різноманітність АЗВП, відмінність їх функціонального призначення та вирішуваних задач, характеристик та конфігурації акустичного сегменту потребує

їх систематизації. З цією метою пропонується розробити їх ознакову класифікацію. У загальному вигляді класифікацію АЗВП можна подати системою вигляду (рис. 10).

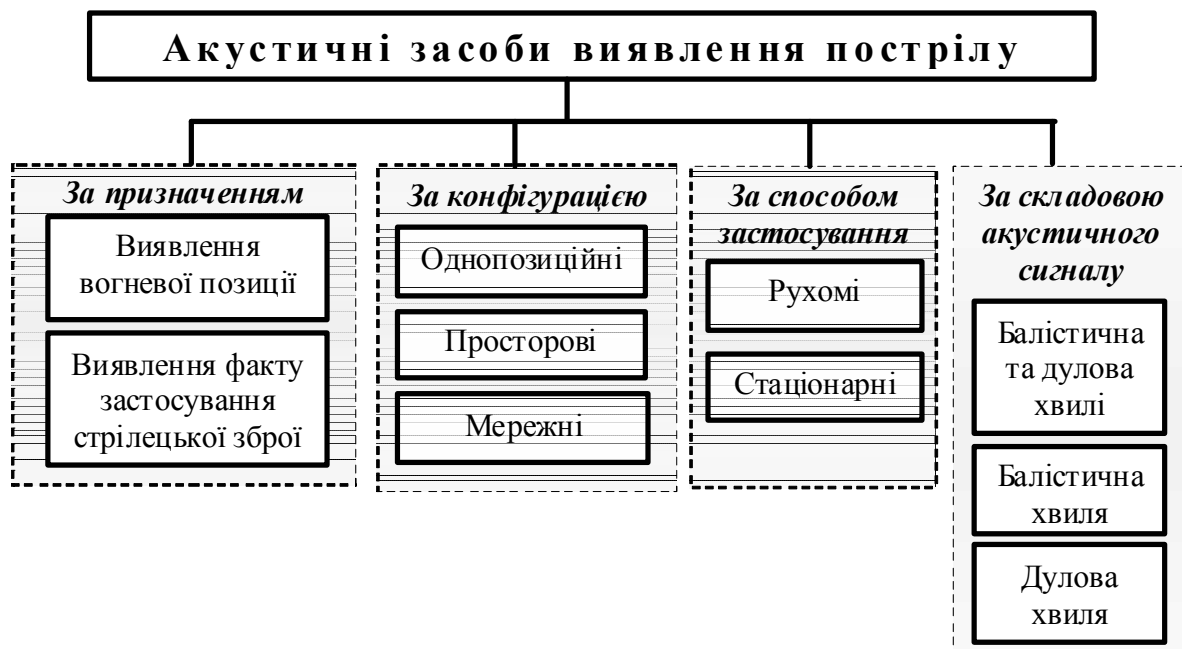


Рис. 10. Ознакова класифікація АЗВП пострілів зі стрілецької зброї

Перевагою запропонованої класифікації (див. рис. 10) є те, що вона може бути доповнена в разі появи нових ознак АЗВП, які характеризують зазначені засоби.

Висновки. Потреба створення АЗВП власного виробництва зумовила необхідність вивчення стану проблеми за зазначеною темою. У статті вперше узагальнено сучасний стан розвитку та бойового застосування АЗВП, описано їх специфіку, визначено переваги та недоліки. Одержані результати дозволили визначити основні підходи, які слід реалізувати у власних АЗВП зі стрілецької зброї. Вперше розроблено ознакову класифікацію таких систем, що в перспективі дозволить уточнити напрями подальших досліджень з питань розроблення вітчизняного зразка акустичного засобу виявлення пострілу зі стрілецької зброї. Для цього пропонуємо: розробити базовий АЗВП та методологічні засади визначення вогневої позиції за результатом однопозиційних спостережень; розробити автоматизовану систему збору та обробки результатів акустичної розвідки (виявлених вогневих позицій), передачі інформації до вищої ланки управління (до батальйону включно) та цілевказівок до пунктів спостереження артилерійських підрозділів.

Також вирішенню підлягають завдання акустичної розвідки – виявлення мінометних та артилерійських батарей, виявлення БпЛА, виявлення і класифікація транспортних засобів тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Криворучко А. В. Дослідження основних демаскуючих ознак вогнепальної стрілецької зброї при пострілі та шляхи їх усунення. Сучасна спеціальна техніка. 2009. № 4 (19). С. 53–57.

2. *Криворучко А. В.* Огляд та порівняльний аналіз технічних засобів систем виявлення позиції снайпера. Сучасна спеціальна техніка. 2012. № 3 (30). С. 75–81.
3. *Аміров А. Р., Павлюк В. В., Гордієнко Ю. О. та ін.* Особливості акустичних сигналів генерованих пострілом зі снайперської гвинтівки. Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. праць. Житомир: ЖВІ, 2016. Спецвип. 3. С. 121–128.
4. *Шуляченко Р.И., Кубышкин Ю.И., Кривоносенко В.И. та ін.* Артиллерийская звуковая разведка. Москва: Воен. изд-во, 1993. 392 с.
5. *Кондратюк І. О.* Бойова робота на комплексі АЗК-7: навчальний посібник. Львів: АСВ, 2010. 229 с.
6. *Гейстер С. Р., Быков Р.В.* Малогабаритные акустические системы обнаружения и измерения координат огневых точек. Наука и военная безопасность. 2007. № 1. С. 23–27.
7. State-of-the-Art Shooter Detection. URL: <http://www.raytheon.com/capabilities/products/boomerang/html> (дата звернення 15.08.2017).
8. *Выгодский М. Я.* Справочник по высшей математике. М. : “Наука”, 1976. 872 с.
9. Military helicopters may get Gunshot Location System/ URL: <https://www.wired.com/2010/03/military-helicopters-may-get-gunshot-location-system> (дата звернення 18.08.2017).
10. Metravib ACOEM Group. URL : <http://www.acoemgroup.com> (дата звернення 08.08.2017).
11. Microflown AVISA. URL : <http://microflown-avisa.com> (дата звернення 29.08.2017).
12. *Трутнев Ю. Р., Шаврин А.А.* Акустическая система “СОВА” для обнаружения огня из стрелкового оружия. URL : <http://army-news.ru/2010/09/sistema-sova> (дата звернення 02.08.2017).
13. *Джерелько Р. Р.* Система обнаружения огня “СОВА”. URL : <https://topwar.ru/8976-sistema-obnaruzheniya-ognya-sova.html> (дата звернення 03.08.2017).
14. Какая техника позволит выиграть войну с террористами. URL : <http://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=30908> (дата звернення 27.06.2017).
15. *Григоров А. М.* Портативные средства обнаружения огневых позиций снайперов в иностранных армиях. Зарубежное военное обозрение. 2012. Вып. 8. С. 48–50.
16. *Болотов К. К.* В США становятся слышны все выстрелы. URL : <http://www.membrana.ru/particle/2862> (дата звернення 30.06.2017).

Отримано 09.10.2017

Рецензент Рибальський О.В., д.т.н., проф.

УДК 629.3.01

Д.В. Смерницький, к.ю.н. (ДНДІ МВС України),
М.П. Будзинський, к.ю.н. (ДНДІ МВС України),
О.В. Диких (ДНДІ МВС України),
М.В. Кисіль (ДНДІ МВС України),
О.В. Гусак (ДНДІ МВС України),
В.І. Приходько (ДНДІ МВС України)

АСПЕКТИ ПРОВЕДЕННЯ ДЕРЖАВНИХ ТА ВИЗНАЧАЛЬНО-ВІДОМЧИХ ВИПРОБУВАНЬ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ БРОНЬОВАНИХ АВТОМОБІЛІВ¹

У статті розглянуто аспекти проведення випробувань спеціалізованих броньованих автомобілів для перевезення та оперативної доставки особового складу по дорогах із різноманітним покриттям.

Йдеться про методика проведення державних та визначальних відомчих випробувань спеціалізованих броньованих автомобілів закордонного та вітчизняного виробництва для Збройних Сил України та Міністерства внутрішніх справ України.

Ключові слова: спеціальний броньований автомобіль, протимінна стійкість, тактико-технічні характеристики, протикульний бронезахист, балістичні випробування.

В статье рассмотрены аспекты проведения испытаний специализированных бронированных автомобилей специального назначения для перевозки и оперативной доставки личного состава по дорогам с различным покрытием.

Речь идет о методике проведения государственных и ведомственных определяющих испытаний специализированных бронированных автомобилей зарубежного и отечественного производства для Вооруженных Сил Украины и Министерства внутренних дел Украины.

Ключевые слова: специальный бронированный автомобиль, противоминная стойкость, тактико-технические характеристики, противупуляна бронезащита, баллистические испытания.

Paper studies the aspects of carrying out tests of specialized armored vehicles of special purpose for transportation and operational delivery of personnel on roads with various coverages.

The methodology of state and departmental tests of specialized armored cars of foreign and domestic production for the Armed Forces of Ukraine and the Ministry of Internal Affairs of Ukraine is considered.

Keywords: special armored vehicle, anti-mine resistance, performance characteristics, armor protection, ballistic tests.

На сьогодні підприємствами України випущено ряд спеціалізованих броньованих автомобілів для перевезення особового складу підрозділів Збройних Сил, Національної гвардії та Національної поліції України. Науково-виробничим підприємством “Практика” виготовлено броньовані автомобілі “Козак-001”, “Козак-2”,

¹ Закінчення в наступному номері.

які вже пройшли державні випробування, Публічним акціонерним товариством “АвтоКрАЗ” випущені бронев автомобілі КрАЗ “Shrek”, КрАЗ “Геона”, Акціонерним товариством “Автомобільна компанія “Богдан Моторс” – “Барс-8” та “Барс-6”, ТОВ “Українська бронетехніка” – “Варта”, Державним підприємством “Львівський бронетанковий завод” – Дозор-Б”, Приватним акціонерним товариством “Завод “Кузня на рибальському” – “Тритон”. У статті розглянуто аспекти проведення випробувань нових зразків спеціалізованих броньованих автомобілів для підтвердження всіх тактико-технічних характеристик, за результатами яких може бути прийнято рішення про прийняття зразка військової техніки на озброєння чи постачання в центральні органи виконавчої влади, діяльність яких спрямовується та координується Кабінетом Міністрів України через Міністра внутрішніх справ України.

Організація та проведення визначальних відомчих випробувань бронев автомобілів вітчизняного виробництва

Постановою Кабінету Міністрів України від 25 лютого 2015 року № 345 “Про затвердження Порядку постачання озброєння, військової і спеціальної техніки під час особливого періоду, введення надзвичайного стану та у період проведення антитерористичної операції” регламентується порядок оснащення підрозділів Національної поліції та Національної гвардії броньованими автомобілями, які за останні роки були виготовлені на державних та приватних підприємствах України [1].

Порядок визначив особливості механізму постачання (в тому числі прийняття на озброєння в умовах особливого періоду, надзвичайного стану та в період проведення Антитерористичної операції) озброєння, військової та спеціальної техніки, що розроблена підприємствами України за державним оборонним замовленням, за власні кошти таких підприємств або кошти іноземної держави, а також військової техніки іноземного виробництва.

Після закінчення умов особливого періоду державним замовником приймається рішення про зняття з експлуатації військової техніки, що допущена до експлуатації на особливий період, або прийняття її на озброєння (постачання) в установленому порядку.

Організація та порядок проведення визначальних відомчих випробувань військової техніки, права та обов'язки членів комісії визначаються наказами державного замовника. Останній вивчає заявлені розробником тактико-технічні характеристики зразка військової техніки, перевіряє робочу конструкторську документацію та ознайомлюється з результатами попередніх випробувань (у разі їх наявності). Далі державний замовник у разі зацікавленості організовує проведення визначальних відомчих випробувань зразків військової техніки за програмою проведення перевірки заявлених розробником основних тактико-технічних характеристик.

Термін “визначальні відомчі випробування” означає випробування, що проводяться комісією державного замовника для визначення значень характеристик зразків військової техніки зі встановленими значеннями показників точності та (або) достовірності.

Проведення визначальних відомчих випробувань броневих автомобілів проводиться відповідно до “Програми проведення визначальних відомчих випробувань” [2].

У Програмі детально описується кількість об’єктів випробувань, їх повна назва та відповідність їх робочій конструкторській документації, виробники, перелік складових частин та комплектуючих виробів міжгалузевого призначення, заміна яких у процесі випробувань передбачається документацією на дослідний зразок.

Метою випробувань є перевірка та підтвердження відповідності бойових, технічних і експлуатаційних характеристик зразків вимогам технічного завдання в умовах, максимально наближених до реальної військової експлуатації, та надання рекомендацій щодо можливості прийняття зразків на озброєння та доцільності їх серійного виробництва на підприємствах України.

Загальні положення передбачають, що випробування зразків проводяться методом натурального експерименту на підставі наказів замовника, відповідно до розроблених Програм визначальних відомчих випробувань, якими визначаються військові частини, організації та підприємства, які беруть участь у проведенні випробувань, місце та терміни їх проведення та місце проведення підготовки екіпажів.

Зразки, надані на випробування, повинні бути прийнятими представниками замовника відповідно до програми матеріально-технічного приймання, а підприємства-виробники мають надати необхідні документи: повідомлення про готовність зразків до випробувань; акти матеріально-технічного приймання дослідних зразків; акти попередніх випробувань дослідних зразків та їх складових частин з відповідними додатками; комплекти робочої конструкторської документації БаК.3690.00.000 на зразки; технічні завдання на зразки; програму випробувань зразків; методики проведення випробувань зразків; переліки інших документів згідно з ГОСТ РВ 2.902–2005 [7].

Випробування проводять, як правило, у 5 етапів відповідно до методик випробувань зразків: перевірка представленої документації та проведення стендових випробувань; технічні стрільби; пробігові (польові) випробування; стрільби на ефективність; окремі перевірки, що пов’язані із загрозою пошкодження чи втратою функціонування елементів зразків [5].

Розподіл перевірок зразків приймається рішенням комісії з випробувань при складанні плану-графіку проведення випробувань та готовності матеріально-технічної бази для проведення окремих видів випробувань. При цьому допускається паралельне виконання різних видів робіт, що віднесені до різних етапів. Окремі перевірки, пов’язані з ризиком втрати працездатності зразків, виносяться на кінцеві терміни випробувань.

Перелік перевірок, а також кількісних та якісних характеристик, що підлягають оцінюванню, наводяться в таблиці, де вказується найменування перевірок і характеристик, номери методик, порядковий номер етапу та окремі визначення та довідки.

У обсязі ходових випробувань нормується пробіг кожного зразка у кілометрах. Указується відповідність комплектації зразка для випробувань комплектувальній відомості, порядок заправки паливом та мастильними матеріалами, порядок заповнення місць для членів екіпажу. Обов’язково регламентується

проведення огляду зразків після поломок: розбирання, фотографування та ін., строки проведення випробувань кожного зразка.

На першому етапі випробувань здійснюється перевірка наявності, комплектності та відповідності наданої документації вимогам діючих нормативно-технічних документів. Під час розгляду комісією з випробувань матеріалів попередніх випробувань, сертифікатів протоколів відповідності, довідок розробника та інших підтверджуючих документів, приймаються рішення про достатність обсягів і позитивність результатів перевірок окремих показників, що може бути прийнятим для підтвердження окремих вимог технічного завдання без повторного їх проведення на випробування.

Випробування проводять згідно з планом-графіком у місцях, що визначені наказом на проведення випробувань. Проведення окремих перевірок, що пов'язані із загрозою пошкодження чи втратою функціонування елементів зразків, здійснюється за рішенням комісії з випробувань на останньому етапі. До керування зразком, виконання стрільби і проведення спеціальних робіт і вимірювань допускаються фахівці з відповідною кваліфікацією і за наявності посвідчення на право експлуатації та проведення робіт на зразку.

Технічне обслуговування зразків у процесі випробувань проводять в обсягах і в терміни, що встановлені в експлуатаційній документації на зразок, з використанням одиночного і групового ЗІП комплекту. Відмови та ушкодження, що виникають у процесі випробувань, усуваються силами екіпажів із залученням представників розробника і виробника зразка. Комплекси, комплекти, складові одиниці та деталі, що вийшли з ладу в процесі випробувань, замінюються новими. Одиниці, що вийшли з ладу, і деталі досліджуються на підприємстві-розробнику зразка. Акти за результатами досліджень, погоджені з представником замовника, представляються до комісії не пізніше встановленого наказом терміну, але до моменту закінчення роботи комісії. Постачання нових складових одиниць і деталей замість тих, що вийшли з ладу, забезпечують виробники складових частин зразків. Облік напрацювання зразка його елементів, комплексів, комплектів та складових частин ведеться відповідно до експлуатаційної документації, яка розроблена згідно з вимогами ГОСТ В15.501-90. Випробування можуть бути призупинені або припинені відповідно до вимог ГОСТ В15.210-78.

Порядок матеріально-технічного і метрологічного забезпечення випробувань зразків визначається наказом про відомчі випробування замовника і здійснюється згідно з переліком засобів вимірювання, необхідних для контролю кількісних значень показників, відповідно до методик випробувань.

Охорона місць випробувань і збереження зразків повинна виключати можливість проникнення сторонніх осіб до місць і об'єктів випробувань. При проведенні випробувань зразків з грифом секретності обов'язково висувуються вимоги щодо захисту від іноземних технічних розвідок.

Програма проведення випробувань регламентує забезпечення комплексу заходів безпечної роботи під час проведення випробувань, відповідальність за охорону праці, наявність медичного забезпечення. Особовий склад і персонал комісії повинен пройти цільовий інструктаж згідно з п. 6.7, 6.9, 6.10 розділу 6 Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань із питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05), затвердженого Наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці 26.01.2005 № 15 [4].

Керівники робочих груп, що створені комісією, відповідають за дотримання персоналом та особовим складом заходів безпеки, перед початком проведення робіт проводять цільовий інструктаж особового складу і керуються заходами безпеки, викладеними в методиках випробувань.

Заходи безпеки при проведенні стрільб організуються і проводяться згідно з вимогами Курсу стрільб зі стрілецької зброї і бойових машин (КС СЗ і БМ СВ-09). Безпека при стрільбі забезпечується чіткою організацією стрільб, точним дотриманням правил і заходів безпеки, високою дисциплінованістю всіх військово-вослужбовців та учасників випробувань.



Рис. 1. Інструктаж перед проведенням стрільб з бронемашин

Мішеневе поле перед стрільбою повинно бути оглянуте, з його території мають бути виведені люди, тварини і транспорт. Для забезпечення безпеки перед кожною стрільбою виставляється оточення. Пересування на полігоні дозволяється лише по дорогах у районах, що визначені начальником полігону.

Перед стрільбами на зразках перевіряється протипожежне обладнання і штатні вогнегасники, переговорні пристрої, механізми стопоріння обертових і рухомих частин машин, гальма і механізми повороту та екіпування екіпажу.

Результати всіх перевірок у процесі випробувань оформляються протоколами випробувань керівниками робочих груп.

Відмови та ушкодження, виявлені під час випробувань, відзначаються в журналі випробувань із зазначенням напрацювання зразків (вузлів, систем), причин і обставин, за яких вони відбулися. За результатами аналізу відмов і ушкоджень складається перелік дефектів і заходів щодо усунення їх, а також причин їх появи.

Для повної і всебічної перевірки зразків на відповідність технічному завданню розроблюються методики, згідно з якими проводяться випробування технічних та ергономічних показників. У методиках, затверджених замовником, вказується об'єкт випробувань, мета перевірки, показники, що підлягають перевірці, докладний опис проведення перевірки, обробка, аналіз та оцінка

результатів випробувань, матеріально-технічне і метрологічне забезпечення випробувань [5].

Методиками регламентується весь комплекс робіт, для повного і достовірного проведення замірів параметрів зразка. Усі заміри проводяться не менше 3–4 разів для отримання найбільш достовірного результату. Показники вимірювань фіксуються в журналі випробувань, зазначаються у протоколі та порівнюються з вимогами технічного завдання. Характеристики показників, що не відповідають вимогам технічного завдання, оформлюються в вигляді відомості виявлених недоліків і зауважень. Кожна методика включає у себе правила охорони праці під час проведення робіт, права та обов'язки осіб, які відповідальні за проведення як випробувань у цілому, так і окремих етапів.

Перевірка складу зразка та його масо-габаритних характеристик проводиться методом зовнішнього огляду, при цьому перевіряється наявність обладнання зовні та усередині зразка, яке повинно відповідати технічній документації на зразок та вимогам технічного завдання. Далі проводиться замір усіх основних параметрів: повної та спорядженої маси, навантаження на передню та задню осі в повному та спорядженому стані, габаритні розміри зразка, колісна база та ширина колії.



Рис. 2. Перевірка складу зразка бронеавтомобіля “Барс-8”

При оцінці показників динамічності зразка проводиться замірювання максимальних швидкостей руху на вищій та першій передачах і передачі заднього ходу, мінімальних швидкостей руху на першій передачі та передачі заднього ходу, розгінних і гальмівних характеристик зразка.

Оцінка показників економічності зводиться до перевірки середньої швидкості, обчислення запасу ходу за паливом і маслом дорогами з асфальтовим покриттям та русі по бездоріжжю.



Рис. 3. Замірювання витрат палива бронев автомобіля “Барс-8” під час визначальних відомчих випробувань

При оцінці показників прохідності перевіряються: дорожній просвіт – відстань по вертикалі від недеформованої горизонтальної поверхні, на якій розташовані опорні колеса, до нижчої точки днища, крім кронштейнів, підвісок і люків днища; передній кут звису – кут між дотичною, що проведена до переднього колеса зразка через крайню нижню виступаючу точку передньої частини зразка, і дотичною до того ж колеса горизонталлю; задній кут звису – кут між дотичною, що проведена до заднього колеса зразка через крайню нижню виступаючу точку задньої частини зразка, і дотичною до того ж колеса горизонталлю.

На спеціальному полігоні перевіряються максимальний кут підйому, максимальний кут крену, можливість зразка триматися на підйомі, можливість зразка триматися на спуску, висота стінки, що долається, глибина броду, що долається, та мінімальний радіус повороту.



Рис. 4. Подолання перешкоди “Косогір” з поперечним ухилом 20° і довжиною 15 м бронев автомобілем “КрАЗ–Shrek”



Рис. 5. Подолання перешкоди “Пагорб висотою 10 м” з ухилом 60 % бронев автомобілем “Козак-2”



Рис. 6. Подолання перешкоди “Пагорб висотою 10 м” з ухилом 20 % бронев автомобілем “КрАЗ–Shrek”



Рис. 7. Подолання перешкоди “Басейн” глибиною 0,75 м без підготовки бронев автомобілем “Тритон-0104”



Рис. 8. Подолання перешкоди “Вертикальна стінка” бронев автомобілем “ВАРТА”

Оцінка показника плавності є перевіркою рівня вібрацій на штатних місцях водія та десантників. Плавність ходу – здатність системи “людина-машина” до руху на нерівностях доріг і місцевості з максимально можливою швидкістю, обмеженою динамічним впливом на членів екіпажу і на роботу складових частин зразка відповідно до нормативно-технічної документації. Кількісним показником плавності ходу, що підлягає оцінці, є середнє квадратичне значення (далі – СКЗ) віброприскорень, що діють у діапазоні частот 0,7-22,4 Гц. Цей показник має визначатися на основі аналізу вертикальних і горизонтальних віброприскорень, що діють на водія та десантника [6].

Параметри вібрацій вимірюються приладами, наданими заводом-виробником. Обробка результатів випробувань проводиться за допомогою математичної бібліотеки програмного комплексу автоматизації експериментальних і технологічних установок “ACTest” та полягає у визначенні максимальних і середньоквадратичних вертикальних прискорень на сидінні водія та десантника, порівнянні їх з гранично допустимими значеннями, наведеними в ГОСТ В21951-76.

Під час оцінки оглядовості з місця водія та через дзеркала заднього виду перевіряється оглядовість униз через бічні вікна кабіни – зону, що знаходиться в межах не менше: уліво 90°, униз 4°; вправо 90°, униз 4°, та забезпечення

оглядовості через ліве зовнішнє дзеркало заднього виду та праве зовнішнє дзеркало заднього виду. Перевірка оглядовості через дзеркала заднього виду здійснюється на відповідність вимогам ОСТ 37.001.451-87 за РД М 37.052.130-87.

Оцінка показників систем вентиляції, кондиціонування та обігріву повітря зводиться до визначення мікроклімату у відділенні екіпажу та десанту (температура, вологість, швидкість та напрямок руху повітря, барометричний тиск) та впливу роботи штатних електричних споживачів зразка на працездатність системи. При цьому береться до уваги зручність роботи з системами обігріву, кондиціонування та фільтровентиляції, зовнішнє оформлення приладів керування та ясність індикаторів. Показники стану повітря в робочій зоні повинні відповідати ГОСТ 12.1.005-88.

Визначення характеристик колісного диска і пневматичної шини проводиться шляхом перевірки придатності до експлуатації на всіх видах доріг і місцевості, живучості та стійкості до зовнішнього впливу колеса і шини, інтенсивності зносу малюнку протектора шини на 1000 км пробігу, характеру відмов і руйнувань, що виникають у шині під час проведення випробувань. Критеріями оцінки колісного диска і шини є їх здатність у складі зразка виконувати заданий обсяг пересування із заданим у технічному завданні (далі – ТЗ) показником пробігу без заміни як із підкачуванням шин, так і без нього. Відмови та руйнування, що виникають під час проведення випробувань, виявляються зовнішнім оглядом і, за необхідності, їх окремі параметри заміряються. Під відмовами та руйнуваннями шини під час випробувань розуміються: наскрізні проколи каркаса розміром 5 мм та більше; місцеві пошкодження покриття (порізи, розриви) з оголенням корду або глибиною більше одного шару корду каркаса; злом каркаса із пошкодженням більше одного шару корду; розшарування протектора або боковини шини; розшарування каркаса [8].



Рис. 9. Подолання перешкоди “Піщана ділянка” бронеавтомобілем “Тритон -0104”

Під час проведення випробувань системи пожежогасіння перевіряються: справність електричних ланцюгів піропатронів; працездатність термодатчиків системи пожежогасіння; надійність роботи системи пожежогасіння.

Перевірка працездатності засобів зв'язку включає перевірку надійності захисту від механічних пошкоджень вузлів кріплення ультракоротких хвильових (далі – УКХ) антен, можливість встановлення та надійність кріплення радіостанції на штатному місці зразка, можливість підключення радіостанції до системи електроживлення зразка, можливість роботи радіостанції на штатному антенно-фідерному пристрої радіостанції, який встановлений на зразку, працездатність основних функціональних вузлів радіостанції, можливість спільної роботи радіостанції з навігаційною апаратурою, дальність зв'язку.

Перевірка загальних можливостей системи навігаційного забезпечення за призначенням включає перевірку комплектності та достатності технічної документації та отримання достовірних координат розміщення системи в просторі.

Оцінка показників бортової електричної мережі та визначення потужності, що споживається бронеавтомобілем та його складовими частинами. При проведенні стаціонарних випробувань оцінюються показники бортової мережі в стаціонарних умовах: напругою бортової мережі; напругою генератора; силою току завантаження генератора споживачами; силою току заряду-розряду акумуляторної батареї (далі – АБ); частотою обертання якоря генератора (клемма W генератора, корпус); частотою обертання колінчатого вала (КВ) двигуна. При проведенні пробігових випробувань оцінюються показники бортової мережі, визначається енергетичний баланс між джерелами та споживачами електричної енергії.

Результати з отриманими даними порівнюються із заданими в технічному завданні та ГОСТ В 21999-86, ОСТ В 3-1646-72. Система електрообладнання визначається такою, що витримала випробування, якщо є енергетичний баланс між джерелами електричної енергії та її споживачами.

Оцінка стійкості до впливу кліматичних факторів і спеціальних рідин включає визначення характеристики стійкості зовнішніх і внутрішніх елементів зразка до впливу природних кліматичних факторів.

Таким чином, у першій частині статті розглянуті загальні питання організації проведення випробувань броньованих автомобілів та перевірка показників згідно з розробленими методиками: складу зразка, масо-габаритних характеристик, показників прохідності, плавності, оглядовості, систем вентиляції, електрозабезпечення та стійкості до кліматичних факторів.

Оцінки показників евакопридатності, транспортабельності, безпеки, водопилонепроникливості, показників ергономічності, засобів маскування, оцінка ефективності стрільби з установленого кулемету, протикільна та протимінна стійкість, оцінка безвідмовності, ремонтпридатності, військово-технічного рівня та аналіз показників випробувань буде розглянуто в наступній частині статті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Порядку постачання озброєння, військової і спеціальної техніки під час особливого періоду, введення надзвичайного стану та у період проведення антитерористичної операції : Постанова Кабінету Міністрів України від 25 лютого 2015 року № 345. К, 2015. 5 с.
2. Програма визначальних відомчих випробувань спеціалізованого броньованого автомобіля для перевезення особового складу. Київ: ДНДІ МВС України, 2016. 14 с.
3. Единая система конструкторской документации. Порядок проверки, согласования и утверждения документации: Государственный стандарт ГОСТ РВ 2.902–2005.
4. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою : Наказ Державного

комітету України з нагляду за охороною праці від 26 лютого 2005 № 15. Київ: Держохоронпраця. 31 с.

5. Методики визначально відомчих випробувань спеціалізованого броньованого автомобіля для перевезення особового складу. Київ: ДНДІ МВС України, 2016. 151 с.

6. ДСТУ 3899:2013. Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України, 2013. 8 с.

7. ДСТУ 3975-2000. Захист панцеровий спеціалізованих автомобілів. Загальні технічні вимоги. Київ: Держстандарт України, 2000. 13 с.

8. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Київ: Державний стандарт України, 2000. 18 с.

Отримано 01.09.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРОБКИ

УДК 651.35+544.6

В.А. Білогуров (ДНДІ МВС України)

ПОРІВНЯННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ РІЗНИХ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМ¹

У цій частині статті порівнюємо літієві елементи різних електрохімічних систем, характеристики літій-іонних акумуляторних батарей, їхню конструкцію, особливості використання і заходи безпеки при експлуатації літій-іонних акумуляторів, обмеження для акумуляторів при низьких температурах.

Ключові слова: хімічні джерела струму, первинні, вторинні джерела, ємність джерела струму, цикли заряд-розряд.

В этой части статьи сравним литиевые элементы различных электрохимических систем, характеристики литий-ионных аккумуляторных батарей, их конструкцию, особенности использования и меры безопасности при эксплуатации литий-ионных аккумуляторов, ограничения для аккумуляторов при низких температурах.

Ключевые слова: химические источники тока, первичные, вторичные источники, емкость источника тока, циклы заряд-разряд.

In this part of the paper, we compare the lithium elements of various electrochemical systems, the characteristics of lithium-ion batteries, their design, usage and safety measures in the operation of lithium-ion batteries, and limitations on batteries at low temperatures.

Keywords: chemical power supplies, primary, secondary sources, capacity of power supply, charge-discharge cycles.

Літієві елементи. Особливості літієвих елементів.

Джерела струму з високими енергетичними характеристиками і розширеним діапазоном експлуатаційних можливостей були створені при відмові від водних електролітів.

Найбільші успіхи були досягнуті під час розробки літієвих елементів з органічним і твердим електролітом.

Також досліджувалися джерела струму із твердофазними (MnO_2 , CuO , I_2 , CF_x , FeS_2 і багато інших) і рідкофазними катодними матеріалами (SO_2 і $SOCl_2$). Основні характеристики літієвих елементів найпоширеніших систем представлені в таблиці 1, нижче описані їхні особливості і показані робочі характеристики.

Літієві елементи в цей час у певних галузях техніки успішно конкурують із дешевшими елементами з водним електролітом. Їх використовують в годинниках, фотокамерах, калькуляторах, для захисту пам'яті інтегральних схем, у вимірювальних приладах і медичному обладнанні, там, де потрібна висока стабільність робочої напруги протягом багатьох років експлуатації.

¹ Закінчення. Початок у № 1, 2017. Продовження в № 2, 2017.

Літєві елементи різних електрохімічних систем [1, с. 44]

Характеристики	Джерело струму					
	Li/MnO ₂	Li/SO ₂	Li/SOCl ₂	Li/CF _x	Li/CuO	Li/I ₂
НРЛ, В	3,5	3,0	3,67	3,3	1,6	2,8
Робоча напруга, В	3,0	2,6–2,9	3,3–3,5	–	1,2–1,5	–
Кінцева напруга, В	2,0	2,2	2,2	2,0	0,9-1,0	2,2
Питома енергія						
вагова, Вт/год./кг	До 250	300–340	До 600	250	300	–
об'ємна, Вт/год./дм ³	500	500–560	До 1100	600	600	До 1000
Діапазон робочих температур, °С	-20 – +55	-60 – +70	-50 – +70 (до+130)	-20–+60	-10–+70	-10–+60
Саморозряд, % в год.	2–2,5	1–2	1,5–2	1–2	1–2	1

Розроблено і потужні джерела струму, здатні до віддачі імпульсів великої енергії навіть після 10–12 років зберігання.

До герметизації літєвих елементів пред'являються підвищені вимоги, тому що повинна бути виключена можливість не тільки витікання електроліту, але й потрапляння всередину повітря і пари води, через що виникає небезпека пожежі або вибуху елемента.

Висока реактивність літію, вплив вологості повітря на стан електродів і електроліту визначають підвищену складність при виготовленні елементів, необхідність проведення технологічних операцій у герметичних блоках з атмосферою аргону і “сухих” приміщеннях.

Літєві елементи, циліндричні і дискові, випускаються в габаритах елементів традиційних електрохімічних систем. Тому потрібно бути уважним, щоб не допускати помилок випадкових заміन елементів з робочою напругою 1,5 В на літєві, напруга яких значно більша. Літій – елемент, який також має цілий ряд батарей із літєвих елементів великої ємності (десятки й сотні ампер-годин) для спеціального призначення.

Сучасна техніка безупинно розвивається, виникають нові потреби і на їхню вимогу розробляються нові технології джерел живлення. Тому на зміну традиційним джерелам живлення, таким як нікель-кадмієві і нікель-металгідридні, прийшли літій-іонні. Літій давно привертав до себе увагу розроблювачів, у першу чергу, тим, що такі елементи мають підвищену напругу від 1,5 до 3,6 В, залежно від матеріалу другого електрода.

При порівняльній масі одного елемента вони мають більшу ємність ніж у конкурента (перевершуючи NiCd-акумулятори в 4–5 разів, а NiMH в 3–4 рази) і дають вищу напругу на одному елементі. Наприклад, напруга елемента найпоширеніших споживчих форматів у літій-іонних акумуляторах становить 3,6 В, що в три рази вище, ніж у NiCd- і NiMH-елементів. Отже, там, де колись були потрібні батареї із двох або трьох елементів, сьогодні можна використовувати

тільки один елемент. Серед літєвих джерел розрізняють два основних типи – літій-іонні (Li-Ion) і літій-полімерні (LiPo, Li-Po або Li-Pol). Вони відрізняються за типом електроліту, що використовується при їхньому виготовленні. У випадку Li-Ion – це гелевий електроліт, у випадку LiPo – спеціальний полімер, насичений розчином літію.

Однак технологія виготовлення Lithium-Ion-пристроїв вдосконалюється швидко, а разом із нею змінюється термін дії батарей.

Літій-іонні (Li-ion) акумуляторні батареї

Літій є активним легким металом і має негативний електрохімічний потенціал. Завдяки цьому літій характеризується найбільшою теоретичною питомою електричною енергією. Вторинні джерела струму на основі літію мають високу напругу розряду і значну ємність. Практично всі джерела живлення, що мають високу питому густину, використовують літій завдяки його хімічним властивостям. Кілограм літію здатний зберігати 3860 ампер-годин. Для порівняння, показник цинку – 820, а свинцю – 260. Залежно від типу анода, літєві елементи можуть створювати напругу від півтора до 3,6 Вольт, що вище, ніж у будь-яких інших елементів. Проблема полягала в тім, що літій занадто активний.

Він настільки бурхливо реагує з водою, що може загорітися. Спроби розробити літєві джерела струму, які мають можливість перезаряджатися, здійснювалися в 80-і роки, але були невдалими через неможливість забезпечення потрібного рівня безпеки при їхній експлуатації.

Також було встановлено, що в ході циклів заряд-розряд джерела струму з металевим літєвим електродом можливе виникнення короткого замикання всередині джерела струму. При цьому температура всередині акумулятора може досягати температури плавлення літію. У результаті бурхливої хімічної взаємодії літію з електролітом відбувається вибух. Основною проблемою при використанні літію є його висока активність.

Для того щоб вирішити цю проблему, технологію акумуляторів змінили і стали використовувати літій в іонному стані, а не з металевими літєвими пластинами.

Таким чином, був використаний потенціал літію при прийнятному рівні безпеки. У таких елементах іони літію перебувають в активних речовинах електродів, а не в металевих пластинах. Зазвичай, у таких елементах анод зроблений з вугілля, а катод – з літійкобальтдіоксиду. Як електроліт переважно використовують соляний розчин літію. Назву літій-іонні акумулятори (ЛІА) одержали через те, що електричний струм у зовнішньому ланцюзі з'являється через перенос літєвих іонів від анода до катода на основі різних сполук (найчастіше LiCoO_2 , LiNiO_2 і змішаних оксидів).

Основні характеристики. Принцип роботи цих батарей заснований на переміщенні позитивно заряджених іонів літію Li^+ між позитивними й негативними електродами в процесі розрядки й зарядки. Металевий літій у цих процесах участі не приймає, тому не виникає жодних проблем із відновленням електродів, що забезпечує стабільність і безпеку при використанні батареї.

Наявність негативного електрода, який приймає і віддає іони, є загальною для всіх систем, але існує широкий вибір матеріалів, придатних для реалізації позитивного електрода й здатних забезпечувати різницю потенціалів між електродами до 3 В.

Для нормальної роботи будь-якої електрохімічної батареї необхідно як мінімум три компоненти: два електроди й електроліт, що забезпечує перенос іонів. У малогабаритних батареях електроліт може бути твердим, рідким і желеподібним.

Рідкі електроліти застосовуються, як правило, у клеєних циліндричних батареях, але через високу небезпеку займання вони не застосовуються в інших системах. Тверді електроліти для літєвих батарей, що мають можливість перезаряджання, розроблялися протягом десятиліть.

На їхній основі стало можливим створення тонких і плоских батарей, але з невеликим діапазоном робочих температур та малою потужністю, що обмежує галузь застосування таких пристроїв. Компромісним рішенням виглядає введення рідких електролітів у тверду плівку для утворення гелю, що повинно поліпшити параметри батарей.

Хімічні процеси Li-іон акумуляторів.

Для того щоб напруга акумулятора була достатньо високою, дослідники використали як активний матеріал позитивного електрода оксид кобальту. Літійований оксид кобальту має потенціал близько 4 В відносно літєвого електрода, тому робоча напруга Li-іон акумулятора має характерне значення 3 В і вище.

При розряді Li-іон акумулятора відбувається деінтеркаляція (вилучення) літію з вуглецевого матеріалу (на негативному електроді) і інтеркаляція (впровадження) літію в оксид (на позитивному електроді). При заряді акумулятора процеси проходять у зворотному напрямку. Отже, у всій системі відсутній металевий (нуль-валентний) літій, а процеси розряду й заряду зводяться до переносу іонів літію з одного електрода на інший. Тому такі акумулятори називаються "літій-іонні".

Процеси на негативному електроді Li-іон акумулятора.

Для всіх типів Li-іон акумуляторів, які доведені до комерціалізації, негативний електрод виготовляється з вуглецевих матеріалів. Інтеркаляція літію в вуглецевих матеріалах – це складний процес, механізм і кінетика якого істотно залежать від природи вуглецевого матеріалу і природи електроліту.

Вуглецева матриця, яка застосовується в аноді, може мати впорядковану шарувату структуру, як у природного або синтетичного графіту, неупорядковану аморфну або частково впорядковану (кокс, піролізний або мезофазний вуглець, сажа та ін.).

Іони літію при впровадженні розштовхують шари вуглецевої матриці і розташовуються між ними, утворюючи інтеркалати різноманітних структур. Питомий обсяг вуглецевих матеріалів у процесі інтеркаляції-деінтеркаляції іонів літію значно не змінюється.

Крім вуглецевих матеріалів, як матриця негативного електрода використовуються структури на основі олова, срібла і їхніх сплавів, сульфідів олова, фосфорити кобальту, композити вуглецю з наночастками кремнію.

Процеси на позитивному електроді Li-іон акумулятора

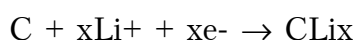
Якщо в первинних літєвих елементах застосовуються різноманітні активні матеріали для позитивного електрода, то в літєвих акумуляторах вибір матеріалу позитивного електрода обмежений.

Позитивні електроди літій-іонних акумуляторів створюються винятково з літійованих оксидів кобальту або нікелю і з літій-марганцевих шпінелей.

Зараз як катодні матеріали все частіше застосовуються матеріали на основі змішаних оксидів або фосфатів. Практикою доведено, що при використанні катодів зі змішаних оксидів досягаються найкращі характеристики акумулятора. Освоюються і технології покриттів поверхні катодів тонкодисперсними оксидами. При заряді Li-іон акумулятора відбуваються реакції на позитивних пластинах:



на негативних пластинах:



Постійний пошук матеріалів електродів і складу електроліту.

Сьогодні під назвою “літієві батареї” об’єднані джерела з різною хімічною структурою:

- літій/тіонілхлоридні (Li/SOCl₂);
- літій/ оксид сірки (Li/SO₂);
- літій/ оксид нікелю (Li/NiO₂);
- літій/ оксид марганцю (Li/MnO₂).

Найбільш вивчений і технологічно відпрацьований тип літієвих батарей – елементи на основі літій/ оксидів марганцю (Li/MnO₂ і Li/Mn₂O₄), тому із усієї групи саме вони найдоступніші.

Їхня ємність нижча ніж у матеріалів на основі кобальту, але вони дешевші й не вимагають такого складного контролера для керування процесами заряд-розряд. Li/NiO₂ (літій/ оксид нікелю) має більш високу ємність, ніж попередній оксид, але він складний у виготовленні й може мати проблеми щодо техніки безпеки. Тому для підвищення безпеки в акумуляторах великої ємності почали використовувати змішані оксиди кобальту й нікелю (20–30 % нікелю).

Батареї Li/SOCl₂ (тіонілхлоридні) характеризуються найвищою вихідною напругою (3,6 В), найбільш широким діапазоном температур (від –55 до +85 °С), низьким струмом саморозряду й невеликим типовим струмом розряду. Однак батареї з таким типом електроліту не “люблять” високих температур. А оскільки при значному струмі розряду на внутрішньому опорі батареї може виділятися тепло до небезпечно припустимого рівня, то в конструкцію елемента вводять запобіжник-обмежник струму (терморезистор), який не допускає струмових перевантажень. Втім, існують спеціальні серії таких елементів, здатні видавати підвищений струм розряду й нормально працювати при високих температурах. Досягти цього вдалося завдяки спеціальній конструкції циліндричного корпусу, він перешкоджає проникненню вологих парів зовні, але не заважає виходу газів.

Приблизно таке ж обмеження має й серія батарей на основі Li/SO₂ (оксид сірки), які теж чутливі до високих температур і не допускають потужнострумове розряду, але мають меншу робочу напругу (3,0 В). Це ранній за часом виникнення тип літій-іонних акумуляторів.

Конструкція Li-іон акумуляторів. Конструктивно Li-іон акумулятори, як і лужні (Ni-Cd, Ni-MH), виготовляються в циліндричному й призматичному варіантах.

У циліндричних акумуляторах згорнутий у вигляді рулону пакет електродів і сепаратора вбудований у сталевий або алюмінієвий корпус, з яким з'єднаний негативний електрод. Позитивний полюс акумулятора виведений через ізолятор на кришку (рис. 1).

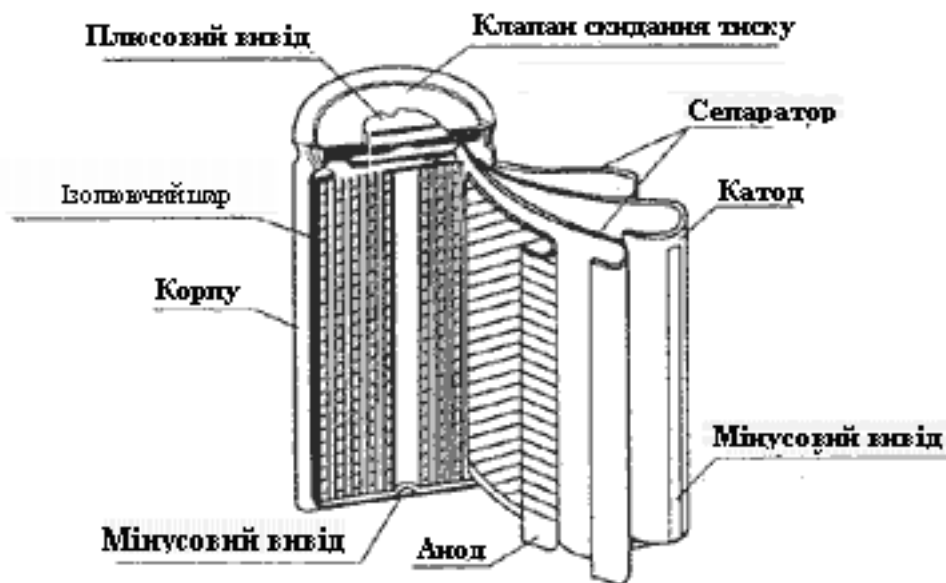


Рис. 1. Будова літій-іонного (Li-ion) акумулятора

Призматичні акумулятори виготовляються складанням прямокутних пластин одна на одну. Вони забезпечують щільніше упакування в акумуляторній батареї, але на відміну від циліндричних акумуляторів, складніше витримують стискуючі зусилля на електроди. У деяких призматичних акумуляторах застосовується рулонне складання пакета електродів, що скручується в еліптичну спіраль (рис. 2).

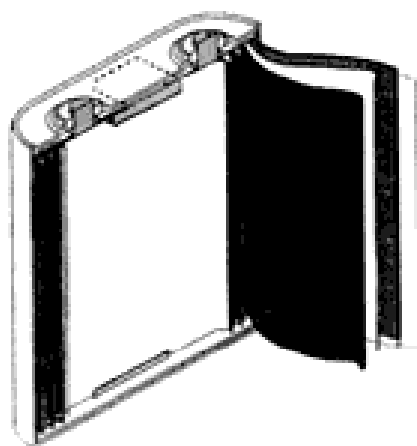


Рис. 2. Будова призматичного літій-іонного (Li-ion) акумулятора з рулонною скруткою електродів

Деякі конструктивні заходи, зазвичай, застосовують і для попередження швидкого розігріву і забезпечення безпеки роботи Li-ion акумуляторів. Під кришкою акумулятора є пристрій, що реагує на позитивний температурний коефіцієнт збільшення опору і який розриває електричний зв'язок між катодом і позитивною клемою при підвищенні тиску газів всередині акумулятора вище допустимої норми.

Для підвищення безпеки експлуатації Li-ion акумуляторів у складі батареї обов'язково застосовується також і зовнішній електронний захист, ціль якого – не допустити можливість перезаряду й перерозряду кожного акумулятора, короткого замикання й надмірного розігріву.

Конструкція Li-ion та інших літєвих акумуляторів, як і конструкція всіх первинних джерел струму (“батарежок”) з літєвим анодом, відрізняється абсолютною герметичністю.

Вимога абсолютної герметичності визначається неприпустимістю витікання рідкого електроліту (негативно діючого на прилади) і недопустимістю потрапляння в акумулятор кисню і вологи з навколишнього середовища. Кисень і вологи реагують із матеріалами електродів й електроліту і повністю виводять акумулятор із ладу. Технологічні операції виробництва електродів й інших деталей, а також збирання акумуляторів проводять в особливих сухих кімнатах або герметичних боксах в атмосфері чистого аргону.

При збиранні акумуляторів застосовують складні сучасні технології зварювання, складні конструкції герметичних виводів.

Закладка активних мас електродів є компромісом між бажанням досягти максимуму розрядної ємності акумулятора й вимогою гарантувати безпеку його роботи для попередження утворення металевого літію (і таким чином можливості займання). Збільшення активних мас потенційно знижує рівень безпеки при експлуатації акумулятора.

Акумулятори збирають у розрядженому стані. Для приведення в дію їх необхідно зарядити.

При першому циклі заряду-розряду літій-іонні акумулятори втрачають частину ємності, тому що в процесі першого заряду, крім впровадження літію в структуру вуглецевого матеріалу, відбувається розкладання електроліту з утворенням плівки, що має тільки іонну провідність. Утворення пасивної плівки призводить до незворотної втрати до 20–30 % закладеної ємності. Для зниження цих втрат рекомендують як добавки в електроліт, так і різні обробки поверхні вуглецевого матеріалу.

Починаючи із другого циклу, процес розряду і заряду літій-іонного акумулятора зводиться до переносу іонів літію від анода до катода й назад. Коефіцієнт використання по струму при цьому близький до одиниці.

Досягнуті характеристики

Сучасні літій-іонні акумулятори мають високі питомі показники: 100–180 Вт/год./кг і 250–400 Вт/год./дм³. Робоча напруга – 3,5–3,7 В.

Якщо ще кілька років тому розроблювачі вважали досяжною ємність літій-іонних акумуляторів (ЛІА) не більше декількох ампер-годин, то в цей час більшість причин, що обмежують збільшення ємності, подолано, і багато виробників почали випускати акумулятори ємністю сотні ампер-годин.

Сучасні малогабаритні акумулятори працездатні при струмах розряду до 2 С, потужні – до 10–20 С.

Діапазон робочих температур: від -20 до +60 °С. Але багато виробників вже розробили акумулятори, працездатні при -40 °С. Можливе розширення температурного діапазону і в бік вищих температур.

Саморозряд ЛІА становить 4–6 % за перший місяць, потім - значно менше: за 12 місяців акумулятори втрачають 10–20% запасеної ємності. Втрати ємності в кілька разів менші, ніж у нікель-кадмієвих акумуляторів, як при 20 °С, так і при 40 °С. Ресурс – 500–1000 циклів.

Позначення акумуляторів

Відповідно до принципів позначень МЕК (Міжнародної електротехнічної комісії) у найменуванні ЛІА перша буква І відбиває електрохімічну систему, друга – матеріал катода (С, N або М для кобальту, нікелю або марганцю), третя буква R або P – конструктивне виконання (циліндричне або призматичне). Цифри, після букв, позначають у циліндричних акумуляторів діаметр (у мм – 2 цифри) і висоту (у десятих мм – 3 цифри), у призматичних – довжину, ширину й висоту (у мм) послідовно. Багато компаній уводять свої літерні позначення типів, але цифри в їхніх найменуваннях відповідають вимогам МЕК.

Температурні умови

В основному Li-іон акумулятори краще всього функціонують при кімнатній температурі. Робота при підвищеній температурі скорочує термін їхнього використання.

Хоча, наприклад, свинцево-кислотний акумулятор може мати найвищу ємність при температурах більш ніж 30 °С, але тривала експлуатація при таких умовах скорочує функціональність акумулятора. Так само й Li-іон краще працюють при високих температурах.

Підвищена температура тимчасово протидіє внутрішньому опору акумулятора, збільшення якого призводить до старіння.

Виняток становить на цей момент тільки літій-полімерні акумулятори із сухим твердим полімерним електролітом.

Для них життєво необхідна температура від 60 °С до 100 °С. Такі акумулятори зайняли свою нішу на ринку резервних джерел у місцях з теплим кліматом. У резервному стані вони перебувають у теплоізолюючому корпусі з вбудованими елементами нагрівання, що живляться від зовнішньої мережі. Застосування Li-іон полімерних акумуляторів як резервних, як вважають фахівці-практики, перевершує VRLA акумулятори за розмірами і довговічністю, особливо в польових умовах, коли керування температурою неможливе. Але їхня висока ціна залишається стримуючим фактором.

При низьких температурах ефективність акумуляторів усіх електрохімічних систем різко знижується. Водночас NiCd акумулятори можуть продовжувати працювати до мінус 40 °С, тоді як температура мінус 20 °С є межею, за якої NiMH, SLA й Li-іон акумулятори припиняють функціонувати [4, с. 132].

Важливо не забувати, що, хоча акумулятор і може працювати при холодних температурах, але це зовсім не означає, що він автоматично може також бути заряджений за таких умов.

Сприйнятливості до заряду більшості акумуляторів при дуже низьких температурах надзвичайно обмежена і струм заряду за таких умов повинен бути зменшений до 0,1 С.

Зберігання Li-іон акумуляторів

Усі літієві акумулятори характеризуються досить гарними параметрами щодо зберігання. Втрата ємності за рахунок саморозряду – 5–10 % за рік.

Наведені показники варто розглядати як деякі номінальні орієнтири. Для кожного конкретного акумулятора, наприклад, розрядна напруга залежить від струму розряду, рівня розрядженості, температури; ресурс залежить від режимів (струмів) розряду й заряду, температури, глибини розряду; діапазон робочих температур залежить від рівня відпрацювання ресурсу, припустимих робочих напруг.

До недоліків Li-іон акумуляторів варто віднести чутливість до перезарядки і перерозрядки, через це вони повинні мати обмежувачі заряду й розряду.

Літій-іонні акумулятори мають у своєму складі спеціальний резистор, за величиною якого зарядний пристрій визначає виробника акумулятора, щоб коректно заряджати встановлений у пристрій акумулятор:

- 8,2 кОм – Panasonic
- 15 кОм – NEC
- 27 кОм – Sanyo [4, с. 208].

Безпека Li-іон акумуляторів

При розробці літієвих і літій-іонних акумуляторів, первинних літієвих елементів питанням безпеки зберігання й використання приділялася особлива увага. Всі акумулятори мають захист від внутрішніх коротких замикань (а в окремих випадках – і від зовнішніх коротких замикань). Ефективним способом такого захисту є застосування двошарового сепаратора, один із шарів якого виготовляється не з поліпропілену, а з матеріалу, аналогічного поліетилену.

У випадках короткого замикання (наприклад, через проростання дендритів літію до позитивного електрода) за рахунок локального розігріву цей шар сепаратора починає плавитися й стає непроникним, запобігаючи, таким чином, подальшому проростанню дендритів. З огляду на всі конструктивні й хімічні способи захисту Li-іон акумуляторів від перегріву й належних умов зберігання та зовнішнього електронного захисту акумуляторів від перезарядки й перерозрядки, можна вважати проблему безпеки експлуатації Li-іон акумуляторів вирішеною.

Заходи безпеки при експлуатації літій-іонних акумуляторів

Для запобігання витоку електроліту, нагріванню й вибуху дотримуйтеся таких правил обережності:

- не занурюйте акумулятор у воду, зберігайте його в сухому прохолодному місці, якщо не використовуєте його за призначенням;
- не використовуйте й не залишайте акумулятор поблизу джерел відкритого вогню або тепла;
- при заряді використовуйте тільки призначені для цього акумулятора зарядні пристрої;
- не підключайте акумулятор до пристроїв, не призначених для живлення від нього;
- не кидайте акумулятор у вогонь і не нагрівайте його;
- не замикайте позитивний і негативний виводи акумулятора металевими предметами або проводами;
- не зберігайте акумулятор разом з металевими предметами, такими як скріпки, шпильки;

- не здавлюйте, не кидайте й не піддавайте акумулятор механічним впливам;
- не паяйте акумулятор, не проколюйте його гострими предметами.

Пристрої захисту Li-ion акумуляторних батарей

Li-ion акумуляторні батареї комерційного призначення мають найбільш досконалий захист порівняно зі всіма типами батарей. Як правило, у схемі захисту Li-ion батарей використовується ключ на польовому транзисторі, який при досягненні на елементі батареї напруги 4,30 В закривається і таким чином перериває процес заряду.

Крім того, наявний термозапобіжник, який при нагріванні батареї до 90 °С від'єднує ланцюг її навантаження, забезпечуючи таким чином її термозахист.

Деякі акумулятори мають вимикач, що спрацьовує при досягненні граничного рівня тиску всередині корпусу, рівного 1034 кПа (10,5 кг/м²), і розриває ланцюг навантаження. Є й схема захисту від глибокого розряду, що стежить за напругою акумуляторної батареї й розриває ланцюг навантаження, якщо напруга знизиться до рівня 2,5 В на елемент.

Внутрішній опір схеми захисту акумуляторної батареї мобільного телефону у ввімкненому стані становить 0,05-0,1 Ом. Конструктивно вона складається із двох ключів, з'єднаних послідовно.

Один із них спрацьовує при досягненні верхнього, а інший – нижнього порога напруги на батареї. Загальний опір цих ключів фактично створює подвоєння її внутрішнього опору, особливо якщо батарея складається всього лише з одного акумулятора.

У деяких типах Li-ion батарей, що мають у своєму хімічному складі марганець і складаються з 1–2 елементів, схема захисту не застосовується. Замість цього в них установлений усього лише один запобіжник. І такі батареї є безпечними через їхні малі габарити й невелику ємність.

Крім того, марганець досить терпимий до порушень правил експлуатації Li-ion батареї. Відсутність схеми захисту зменшує вартість Li-ion батареї, але породжує нові проблеми.

При використанні недорогих зарядних пристроїв, призначених для підзарядки від мережі або від бортової мережі автомобіля, можна бути впевненим, що при наявності в батареї схеми захисту вона відключить її при досягненні напруги кінця заряду. Якщо ж схема захисту відсутня, станеться перезаряд батареї і, як наслідок, її необоротний вихід з ладу. Цей процес звичайно супроводжується підвищеним нагріванням і роздуттям корпусу батареї.

Механізми, що приводять до зменшення ємності Li-ion акумуляторів

При циклах заряд-розряд Li-ion акумуляторів серед можливих механізмів зниження ємності найчастіше розглядаються такі:

- руйнування кристалічної структури катодного матеріалу (особливо LiMn₂O₄);
- розшарування графіту;
- нарощування плівки, яка пасивує, на обох електродах, що призводить до зниження активної поверхні електродів і блокуванню дрібних пор;
- осадження металевого літію;
- механічні зміни структури електрода в результаті об'ємних коливань активного матеріалу при циклах заряд-розряд.

Висновки

- Тільки точне виконання рекомендованих умов експлуатації виробника хімічного джерела струму забезпечить безперервний прогнозований час автономної роботи вашого пристрою.
- У малогабаритних пристроях з відносно малим споживанням енергії доцільно використовувати літєві первинні хімічні джерела струму, які мають найвищий питомий показник запасання енергії в одиниці об'єму (Вт/год./дм³).
- Потрібно передбачати можливість виникнення умов, за яких відбувається миттєве вивільнення енергії хімічного джерела струму (вибух, займання), і запобігати їхній появі в умовах експлуатації.
- Тривала експлуатація сольових елементів хімічного джерела струму без належного контролю за їхнім станом, особливо в кінці терміну експлуатації, може спричинити пошкодження пристрою (апаратури) внаслідок витоку електроліту.
- Пристрої із середнім або з великим споживанням струму економічно вигідно жити від вторинних хімічних джерел струму (акумуляторів), у сучасних умовах переважно літій-іонних.
- Неможливо зарядити акумулятор будь-якої хімічної системи при мінусових температурах, навіть якщо у вашому розпорядженні зарядний пристрій останньої моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Таганова А.А., Бубнов Ю.І., Орлов С.Б. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: справочник. Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. 264 с.
2. Коровин Н.В., Скундин А.М. Химические источники тока: справочник. Москва: Издательство МЭИ, 2003. 740 с.
3. Комpton T. Вторичные источники тока; перевод с английского А.Г. Колесника, Р.П. Соболева; под ред. Ю.А. Мазитова. Москва: Мир, 1985. 301 с.
4. Хрусталеv Д.А. Аккумуляторы. Москва: Изумруд, 2003. 224 с.

Отримано 21.09.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.

СУЧАСНА СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА

Modern Special Technics

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

Випусковий редактор

Лелет С.М.

Редакційна група:

Алексєєва О.В.

(переклад на
англійську мову)

Логінова О.П.

Якубчик Т.В.

Комп'ютерна верстка:

Мухіна Т.М.

Issuing Editor

Lelet S.M.

Editorial Group

Alieksiieiva O.V.

(English interpreter)

Loginova O.P.

Yakubchik T.V.

Makeup

Mukhina T.M.

Адреса редакції:

01011, м. Київ, пров. Євгена Гуцала, 4-а

Телефон: (044) 254-95-21

Факс: (044) 280-01-84

E-mail: dndi@mvs.gov.ua

Сайт: <http://suchasnaspetstehnika.com/>

Підписано до друку 31.10.2017.

Формат 60x80 1/8. Гарнітура Petersburg. Друк офсетний.

Папір офсетний. Ум.-друк. арк. 9,2.

Наклад 100.

ФОП Тарнавська Л.І.
Харківська обл, Красноградський район,
с. Піщанка, вул. 8 березня, 3/2.
Свідоцтво про державну реєстрацію
№ 637251 від 13.08.2007.