

ISSN 2409-7470

Видання засновано у 2003 р.

Засновник і видавець –
Національна академія
Національної гвардії України

Головний редактор – Олександр
Олександрович Морозов, доктор
технічних наук, професор

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого ЗМІ КВ № 21024-10824 ПР
від 22.09.2014 р.

Збірник внесено до Переліку
наукових фахових видань України
у галузі “Технічні науки”
(наказ Міністерства освіти і науки
України від 16.05.2016 № 515).

Виходить двічі на рік

Адреса редакції:
Національна академія Національної
гвардії України,
майдан Захисників України, 3,
м. Харків, 61001

Тел./факс: (057) 732-75-12;
тел.: (057) 739-26-68.
E-mail: nov_nangu@ukr.net

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ
ПРАЦЬ НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ
НАЦІОНАЛЬНОЇ
ГВАРДІЇ УКРАЇНИ**

Випуск 1 (29)

2017

*Розроблення і модернізація
спеціальної техніки та озброєння*

*Інженерні, технічні, програмно-
апаратні, програмні засоби,
комплекси та системи*

*Загальні питання експлуатації
спеціальної техніки, озброєння,
технічних засобів, комплексів
та систем*

*Актуальні проблеми фізики,
математики, механіки,
машинознавства*

**Харків
2017**

Рекомендовано до друку та розміщення у мережі Інтернет вченою радою
Національної академії Національної гвардії України
(протокол № 7 від 30.06.2017 р.)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Олександр Олександрович Морозов, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України (головний редактор);

Олександр Павлович Кондратенко, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України (заступник головного редактора);

Олександр Михайлович Крюков, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України;

Валерій Петрович Пісарєв, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України;

Геннадій Володимирович Певцов, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

Валентин Андрійович Сало, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України;

Владислав Євгенович Карпусь, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет "ХПІ";

Ігор Костянтинівич Шапа, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України;

Олександр Іванович Біленко, кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Національної гвардії України;

Валентин Євгенович Козлов, кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Національної гвардії України;

Валерія Павлівна Раківненко, кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Національної гвардії України;

Станіслав Анатолійович Горєлишев, кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Національної гвардії України;

Людмила Дмитрівна Алфімова, кандидат хімічних наук, доцент, Національна академія Національної гвардії України;

Геннадій Миколайович Маренко, кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Національної гвардії України;

Руслан Олегович Кайдалов, кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Національної гвардії України;

Сергій Олексійович Воробйов, Національна академія Національної гвардії України (відповідальний секретар).

Збірник містить матеріали з актуальних питань розроблення, модернізації та експлуатації спеціальної техніки, озброєння, технічних засобів, комплексів та систем сил охорони правопорядку, інших військових формувань та правоохоронних органів, а також науково-дослідні матеріали за рубриками.

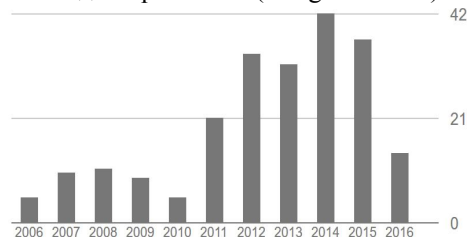
Для фахівців Національної гвардії України, правоохоронних органів, інших військових формувань, науковців, викладачів, ад'юнктів, курсантів та студентів вищих навчальних закладів України.

Інформаційний сайт збірника: <http://nangu.edu.ua/>.

Видання індексується наукометричною базою даних Index Copernicus (Польща) та бібліометричною платформою Google Scholar.

Наукометричні показники: «quotation» = 228 / індекс Хірша h = 7 / індекс i10 = 6.

Розподіл «quotation» (Google Scholar)



З М І С Т

*Розроблення і модернізація спеціальної техніки та озброєння***Пісарєв В. П.**

Напружено-деформований стан балансира підвіски МТЛБ при підриві на міні..... 5

Кондратенко О. П., Мельников С. М.

Адаптивна просторова фільтрація завади в каналі зв'язку..... 9

Подригало М. А., Кайдалов Р. О.

Забезпечення раціонального розподілу нормального навантаження між осями автомобілів та бойових машин з електричним приводом ведучих коліс..... 15

Руденко В. В., Заєць О. В., Берека В. В., Пастушенко О. М.

Синтез структури радіолокаційної системи виявлення та розпізнавання прихованої вогнепальної зброї і боеприпасів..... 22

Стрельбіцький М. А.

Формування множини допустимих значень показника якості системи захисту інформації інформаційно-телекомунікаційних систем на стадії модернізації..... 27

*Інженерні, технічні, програмно-апаратні, програмні засоби, комплекси та системи***Крюков О. М., Мудрик В. Г.**

Експериментальні дослідження засобу вимірювання швидкості руху металевих елементів в каналі ствола: обладнання, методика, результати..... 33

Бірюков І. Ю.

Класифікація технічних засобів розвідки наземних цілей..... 41

Літвінов О. В.

Метод визначення параметрів опору руху спеціальної колісної техніки в дорожніх умовах..... 48

Іванець Г. В., Поспелов Б. Б., Горелишев С. А.

Метод оцінювання потенційної технічної спроможності формувань та підрозділів силових відомств до виконання завдань за призначенням..... 52

Склярів М. В.

Аналіз інформаційно-управляючих систем для машин спеціального призначення..... 59

C O N T E N T S

*Development and modernization of special equipment and armaments***Pisarev V. P.**

Taut-deformed shape balancer of caterpillar track suspension of MTLB in the mine explosion 5

Kondratenko O. P., Melnikov S. M.

Adaptive space filtration of the hindrance in the communication channel..... 9

Podrigalo M. A., Kaidalov R. O.

Providing the rational distribution of the normal load between the axis of automobiles and battle machines with the electric drive of the leading wheels..... 15

Rudenko V. V., Zaets O. V., Bereka V. V., Pastushenko O. M.

Synthesis of the structure radar detection and identification of concealed firearms and ammunition..... 22

Strelbtskiy M. A.

Formation of the set of acceptable values of the information security system quality indicator at the stage of information and telecommunication system modernization..... 27

*Engineering, hardware, firmware, software, complexes and systems***Kryukov O. M., Mudrik V. G.**

Experimental research of the velocity measuring instrument of the throwing element in the barrel: equipment, methods, results..... 33

Biriukov I. Yu.

Classification of ground reconnaissance technical means..... 41

Litvinov O. V.

The method of determining of the of resistance force to the movement of wheeled special purpose vehicles in certain terrain conditions..... 48

Ivanets H. V., Pospelov B. B., Horelyshev S. A.

Method of estimation of the potential technical capability of formations and units of security agencies to implementation of tasks for appointment 52

Sklyarov M. V.

Analysis of the information and control systems for special purpose vehicles..... 59

З М І С Т

Мокреєв В. І., Греков В. П., Радченко І. О., Калита О. М.	
Шляхи підвищення ефективності стрільби зі стрілецької зброї при веденні одиночного вогню...	64
<i>Загальні питання експлуатації спеціальної техніки, озброєння, технічних засобів, комплексів та систем</i>	
Морозов О. О.	
Задачі автоматизації управління системами технічного обслуговування і ремонту технічних систем.....	70
Шаша І. К., Кудімов С. А.	
Шляхи підвищення ефективності використання автобронетанкової техніки підрозділами Національної гвардії України.....	77
Глушенко М. О., Майборода І. М.	
Застосування автоматизованих систем контролю та діагностування в рухомих майстернях зв'язку.....	81
Кривошапов С. І.	
Метод наближеного визначення норми витрати пального для машин підвищеної прохідності.....	85
Волков В. П., Грицук І. В., Волков Ю. В.	
Діагностування технічного стану транспортного засобу в інформаційних умовах ITS.....	89
<i>Актуальні проблеми фізики, математики, механіки, машинознавства</i>	
Нечипоренко В. М., Сало В. А., Літовченко П. І., Іванова Л. П.	
Метод аналітичного опису кінцевої множини придатних посадок з натягом в області існування її n -параметричної моделі.....	97
Тігаренко О. В.	
Можливості експериментально- розрахункового підходу до пошуку раціональних умов обробки чутливих елементів дозиметрів.....	103
Раківненко В. П., Кириченко О. М., Гребеник Л. А.	
Дослідження динамічної міцності дисків з фізично нелінійною характеристикою матеріалів, які застосовуються у зразках озброєння та військової техніки.....	110
Наші автори.....	114

C O N T E N T S

Mokreev V. I., Grekov V. P., Radchenko I. O., Kalita O. M.	
Ways of increasing the firing efficiency of at the conduct of individual fire.....	64
<i>General problems of operation of special equipment, armaments, technology, complexes and systems</i>	
Morozov O. O.	
The problem of automation control systems, maintenance and repair of technical systems.....	70
Shasha I. K., Kudimov S. A.	
Ways of increase of effectiveness of armored vehicles usage by units of the National Guard of Ukraine.....	77
Glushchenko M. O., Mayboroda I. M.	
Using automatic control and diagnostics systems in mobile communication workshops....	81
Krivoshapov S. I.	
The method of approximate determination of the fuel consumption rate for off-road vehicles...	85
Volkov V. P., Gritsuk I. V., Volkov Yu. V.	
Finding technical state vehicle information under ITS.....	89
<i>Topical problems of physics, mathematics, mechanics, theoretical engineering</i>	
Nechyporenko V. M., Salo V. A., Litovchenko P. I., Ivanova L. P.	
Method of the analytical description of the final lot of suitable of interference fit in the area of existence of its n -parametric model.....	97
Titarenko O. V.	
The possibility of experimentally estimated approach to search for rational machining conditions for sensitive elements of dosimeters...	103
Rakivnenko V. P., Kirichenko O. M., Grebениk L. A.	
Study of dynamic strength of discs from the physical characteristics of nonlinear materials, take-nyaemyh in ame samples.....	110
Our authors.....	114

УДК 629.1.032.1



В. П. Пісарев

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН БАЛАНСИРА ПІДВІСКИ МТЛБ ПРИ ПІДРИВІ НА МІНІ

Наведені результати розрахунків напружень елементів конструкції ходової частини машини на прикладі МТЛБ.

Ключові слова: “пробій” підвіски, міцність, навантаженість, напруження.

Постановка проблеми. На сьогодні недостатньо уваги приділено теорії і практиці розв’язування задач з ураженості елементів конструкції і екіпажу у випадку підриву на мінах.

Метою статті є доведення до наукової спільноти результатів роботи з визначення напружено-деформованого стану елементів конструкції ходової частини у випадку підриву на вибуховому пристрої.

Виклад основного матеріалу. Для розрахунку на міцність балансира традиційно виходять із зусилля, зведеного до опорного катка [4, 5, 6]. Найсучасніший підхід визначення цього зусилля теоретичним шляхом – розв’язання задачі одним з чисельних методів із застосуванням математичної моделі робочого процесу реакції машини на підрив вибухового пристрою під будь-яким опорним катком [1] або колесом [2, 3].

Математична модель щодо визначення зусиль на опорному катку (ОК), застосована у розрахунках, складається з вісімнадцяти диференціальних рівнянь другого порядку із складними правими частинами, що враховують нелінійний характер зв’язків ОК з корпусом машини і з опорною поверхнею. Дванадцять узагальнюючих координат ураховують лінійні вертикальні переміщення ОК, шість узагальнюючих координат ураховують лінійні (три координати) та кутові (три координати) переміщення корпусу машини [1].

За цією моделлю отримані осцилограми зміни сумарного зусилля, прикладеного до ОК, у часі методом Рунге – Кута. Величина зусилля безпосередньо на ОК, під яким відбувається вибух, обумовлена опором пружного елемента (торсіона), гідравлічного телескопічного амортизатора, пружним опором обмежувача ходу катка і непружним опором при “пробі” підвіски, інерційними якостями рухомих елементів підвіски.

Осцилограма зусилля на ОК наведена на рис. 1.

Як видно з осцилограми, за розрахунками робочого процесу щодо ходової частини МТЛБ, при підриві вибухового пристрою з тротиловим еквівалентом 4 кг (на другій секунді з початку робочого процесу під першим по ходу ОК), максимальне зусилля $SpS1m$ на ОК складає $6.974 \cdot 10^5$ Н.

Для МТЛБ зусилля $SpS1m$ практично у 70 разів перевищує статичне зусилля $SpS1st$ під ОК, яке дорівнює $1 \cdot 10^4$ Н.

Разом з тим, як зазначено у праці [6], небезпечним для міцності балансира вважається “пробій” підвіски: жорсткий удар малої головки балансира в упор корпусу, коли реакція $SpS1R$ під ОК досягає 8 ... 10 статичних зусиль ($SpS1R = \ll 8 \dots 10 \gg SpS1st$). Під “пробієм” підвіски у даному випадку розуміють режим руху по пересіченій місцевості, як правило, у поєднанні з резонансними позовжньо-кутовими коливаннями корпусу машини.

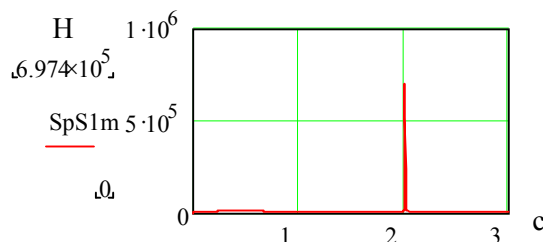


Рис. 1. Сумарне зусилля на ОК (за торсіоном, пружним і непружним упорами)

А “пробій” підвіски при підриві на міні (із зусиллям на ОК $SpS1m = 6.974 \cdot 10^5$ Н) мав місце при русі по рівній горизонтальній поверхні.

Ця обставина потребує порівняльного кількісного оцінювання напружено-деформованого стану балансира за обома цими режимами та комплексних рекомендацій щодо запобігання виходу балансира з ладу.

Схема розрахунку балансира на міцність наведена на рис. 2.

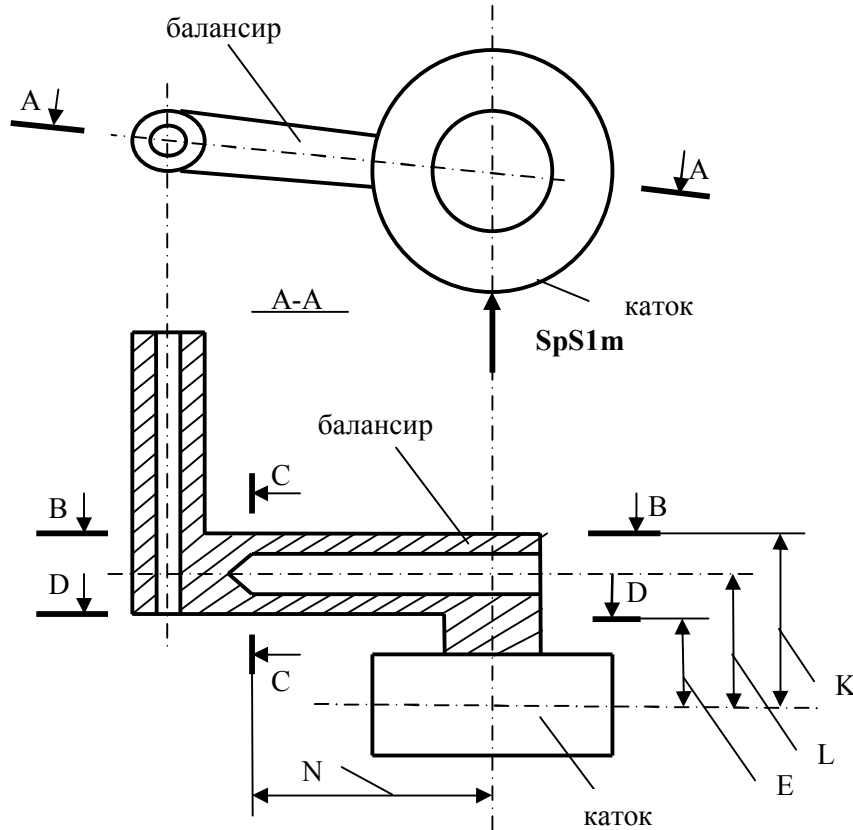


Рис. 2. Розрахункова схема балансира на міцність

Небезпечними перетинами за міцністю вважають:

– перетин D-D вісі ОК біля торця малої головки балансира; перехід діаметрів осі в цьому місці призводить до значної концентрації напружень; вісь працює в цьому перетині, головним чином, на згин моментом $M_{DD} = SpS1m \cdot E$;

– перетин C-C балансира в місці його переходу у велику головку, баланsir у цьому перетині працює на кручення моментом $M_{крCC} = SpS1m \cdot L$ і на згин від максимального моменту пружності торсіона $M_T = \tau_m \cdot \omega_{кр}$ ($\omega_{кр}$ – момент опору кручення торсіона, τ_m – максимальне напруження кручення торсіонного вала);

– перетин B-B осі балансира біля торця великої головки, перехід діаметрів осі в цьому місці призводить до значної концентрації напружень, вісь працює в цьому перетині на згин моментом $M_{BB} = SpS1m \cdot K$.

За рис 2: $E = 90$ мм, $N = 294$ мм, $K = 195$ мм, $L = 145$ мм.

Діаметри перетинів, також за рис. 2: $D_{dd} = 65$ мм – діаметр осі в перетині D-D; $D_{cc3} = 74$ мм – зовнішній діаметр балансира в перетині C-C; $D_{ccb} = 40$ мм – діаметр отвору балансира в перетині C-C; $D_{bb3} = 75$ мм – зовнішній діаметр балансира в перетині B-B; $D_{bbb} = 45$ мм – діаметр отвору балансира в перетині B-B.

$$\text{Максимальне дотичне напруження торсіона } \tau_m = \frac{G \cdot f_{km} \cdot d_T}{2 \cdot L_T \cdot R_B},$$

де G – модуль пружності другого роду; f_{km} – максимальний хід підвіски; d_T – діаметр торсіона; L_T – робоча довжина торсіона; R_B – радіус балансира ($f_{km} = 336$ мм, $d_T = 36$ мм, $L_T = 1960$ мм, $R_B = 360$ мм).

За розрахунками $\tau_m = 7,347 \cdot 10^8$ Н/м² при $\omega_{кр} = \frac{\pi \cdot d_T^3}{16}$.

Результати розрахунків напружень у небезпечних перетинах балансира наведені в таблиці.

Моменти навантаження і напруження в небезпечних перетинах D-D, C-C, B-B при зусиллі на ОК SpS1m = 6.974 · 10⁵ Н

Перетин небезпечний	Моменти навантаження, Нм	Напруження, МПа	
D-D	MDD = SpS1m · E	$\sigma_{DD} = \frac{32 \cdot MDD}{\pi \cdot Ddd^3}$	$\sigma_{DD} = 2329$
C-C	MкрCC = SpS1m · L MT = $\tau_m \cdot \omega_{кр}$	$\tau_{CC} = \frac{16 \cdot MкрCC \cdot Dcc3}{\pi \cdot (Dcc3^4 - Dccb^4)}$ $\sigma_{CC} = \frac{32 \cdot MT \cdot Dcc3}{\pi \cdot (Dcc3^4 - Dccb^4)}$ $\sigma_{сCC} = \sqrt{\sigma_{CC}^2 + 3 \cdot \tau_{CC}^2}$	$\sigma_{сCC} = 2415$
B-B	MBB = SpS1m · K	$\sigma_{BB} = \frac{32 \cdot MBB \cdot Dbb3}{\pi \cdot (Dbb3^4 - Dbbb^4)}$	$\sigma_{BB} = 3774$

Найбільші навантаження мають місце у перетині B-B (перевищують зусилля у перетинах D-D та C-C у середньому в 1,6 разу).

Через те, що при проектуванні підвісок у розрахунках на міцність вважають навантаження на ОК SpS1R = (8 ... 10) SpS1st [6], то, прийнявши SpS1R = 10 SpS1st = 1 · 10⁵ Н, отримаємо напруження у відповідних перетинах $\sigma_{DD} = 333.95$ МПа, $\sigma_{сCC} = 391.6$ МПа, $\sigma_{BB} = 541.4$ МПа.

Балансир виготовлений із сталі 38 ХСА за ГОСТ 4545-71. Вважається, що для орієнтовних розрахунків можна прийняти границю текучості $\sigma_r = 650 \dots 950$ МПа, а границю міцності $\sigma_b = 730 \dots 1050$ МПа [7, 8]. Таким чином, умова міцності щодо балансира у найбільш “неприємному” режимі експлуатації (рух з “пробоєм” підвіски) витримана. У розглянутому режимі підриву на міні, також з “пробоєм” підвіски, перевантаження в усіх перетинах за напруженнями орієнтовно складає 7 разів (за умови не руйнування елементів конструкції підвіски, тобто при достатньому запасі міцності).

Висновки

1. Не руйнування балансира при підриві на міні можна забезпечити збільшенням моментів опору згину і крученню балансира, орієнтуючись у коректуванні його розмірів на необхідні за міцністю розміри перетинів D-D, C-C, B-B.

2. Задачу можна також вирішити комплексно: одночасно шляхом зміцнення балансира і зміни його конструкції у напрямку зміни робочого процесу взаємодії елементів підвіски і корпусу машини.

Список використаних джерел

1. Пісарев, В. П. Навантаження ходової частини військової гусеничної машини у процесі підриву на міні [Текст] / В. П. Пісарев // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НА НГУ, 2016. – Вип. 2 (28). – С. 5–9.

2. Пісарев, В. П. Моделирование процесу підриву бойової колісної машини у випадку наїзду на міну [Текст] / В. П. Пісарев // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2013. – Вип. 1(21). – С. 5–8.

3. Пісарев, В. П. Оцінювання ступеня можливості ураженості екіпажу бойової колісної машини за місцем його розташування у разі підриву на міні [Текст] / В. П. Пісарев // Честь і закон. – 2013. – № 1(44). – С. 91–93.

4. Писарев, В. П. Проектирование ходовых систем быстроходных гусеничных машин [Текст] : учеб. пособие / В. П. Писарев. – Х. : НТУ “ХПИ”, 2002. – 218 с.

5. Гусеничные транспортеры тягачи [Текст] / В. Ф. Платонов, А. Ф. Белоусов, Н. Г. Олейников, Г. И. Карцев. – М. : Машиностроение, 1978. – 350 с.

6. Буров, С. С. Конструкция и расчет танков [Текст] / С. С. Буров. – М. : Военная академия бронетанковых войск, 1973. – 601 с.

7. Писаренко, Г. С. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – К. : Наук. думка, 1988. – 736 с.

8. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя [Текст] : в 3-х т. / В. И. Анурьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1978. – Т. 1. – 728 с.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2017 р.

УДК 629.1.032.1

В. П. Пісарев

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БАЛАНСИРА ПОДВЕСКИ МТЛБ ПРИ ПОДРЫВЕ НА МИНЕ

Приведены результаты расчетов напряжений элементов конструкции ходовой части машины на примере МТЛБ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: “пробой” подвески, прочность, нагруженность, напряжения.

UDC 629.1.032.1

V. P. Pisarev

TAUT-DEFORMED SHAPE BALANCER OF CATERPILLAR TRACK SUSPENSION OF MTLB IN THE MINE EXPLOSION

The results of calculations taut chassis military tracked vehicle on example of MTLB are exhibited.

К e y w o r d s: “breakdown” of suspension, hardness, loading, tension.

Пісарев Валерій Петрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.

УДК 621.396.96



О. П. Кондратенко



С. М. Мельников

АДАПТИВНА ПРОСТОРОВА ФІЛЬТРАЦІЯ ЗАВАДИ В КАНАЛІ ЗВ'ЯЗКУ

Обговорюються варіанти побудови сумісного оброблення корисних сигналів і завад із застосуванням кореляційних автокомпенсаторів. Представлені результати аналізу характеристик і особливостей роботи параметричного діода в розширеному діапазоні зміни напруги накачування. Визначено коефіцієнт модуляції ємності для двох варіантів: у загальноприйнятому режимі і з заходженням у позитивну напругу, не перевищуючу контактну різницю потенціалів, тобто без відкриття переходу.

К л ю ч о в і с л о в а: адаптивний компенсатор, варикап, коефіцієнт модуляції ємності, напруга накачування, параметричний діод.

Постановка задачі. Радіозв'язок є найважливішим, а в багатьох випадках і єдиним видом зв'язку, здатним забезпечити управління військами в найскладнішій обстановці, а також під час знаходження командирів і штабів у русі [1]. Це зумовило підвищені вимоги до військового зв'язку, створення більш досконалих електричних засобів. Серед багатьох завдань управління військами виділимо радіоелектронний захист радіоканалів зв'язку [2].

Захист ліній зв'язку від радіопридушення противником є одним з основних елементів забезпечення стійкості системи зв'язку, він досягається виконанням комплексу заходів, серед яких ті, на реалізацію яких спрямовані пропозиції цієї статті:

- проведення організаційних і технічних заходів щодо захисту від навмисних завад;
- застосування адаптивних радіоліній (просторово й частотно рознесені приймання і передавання, швидкодія й ін.);
- ефективна робота в умовах функціонування передавачів завад разової дії (ППРД), що закидує противник;
- застосування антен напрямленої дії;
- орієнтування антен, за якого напрям мінімального приймання діаграми направленості збігається з напрямом сигналу завади, у тому числі адаптивне.

За рубежем (у Росії) розроблена багатофункціональна система моніторингу й впливу на радіоелектронні засоби на основі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) (рис. 1). Є відомості [3] про розроблення подібної апаратури (рис. 2) в інших країнах.



Рис. 1. БПЛА “Леер-3” у польоті



Рис. 2. БПЛА “Predator B” у польоті

Подібні системи вже проходять випробування в регіонах перманентних конфліктів: на сході України, у Сирії, Молдові [4]. Ще в жовтні 2014 р. перші системи цього типу (“Леер-3”) надійшли у війська Південного військового округу Росії – у Ростовську область, що межує з окупованими територіями Донецької й Луганської областей України. “Леер-3” – аеродинамічний передавач завад абонентським терміналам мобільного зв'язку, змонтований на легкому безпілотному об'єкті типу “Орлан-10”. Його призначення – придушення GSM зв'язку. Так само можуть бути подавлені й інші канали, виявлення яких не є складним. Комплекс “Леер-3” здатний виконувати завдання в заданому районі протягом 10 год при роботі з одним БПЛА. Система підтримує керування не більше ніж трьома БПЛА на відстані 50 ... 120 км.

Взаємодія між командуванням і підрозділами НГУ (командирами й підлеглими) здійснюється за допомогою радіозв'язку, який в ході спецоперації противник намагається заглушити, використовуючи сучасні прилади радіопротидії. Тому в липні 2015 у навчальному центрі НГУ в Нових Петрівцях керівництву були представлені сучасні засоби зв'язку, які допомагають забезпечити успішне ведення бойових дій [5]. Основна їх перевага – наявність захисту від придушення зв'язку, що робить його більш ефективним.

Мета статті – запропонувати один з можливих шляхів реалізації сумісного адаптивного просторового оброблення сигналів і завад на основі використання автокомпенсаційної техніки з поліпшеними характеристиками.

Виклад основного матеріалу. Сутність пропонованого раніше шляху полягає у формуванні провалів (в ідеалі – нулів приймання) у діаграмі направленості антенних систем засобів радіозв'язку в напрямках на джерела сигналів, що створюють завади [6, 7]. Варіант спрощеної структурної схеми адаптивного пристрою заглушення завади наведений на рис. 3.

У пристрої є два (як мінімум) канали – основний і додатковий, у якому необхідно для виключення втрат забезпечити нульовий рівень приймання корисного сигналу [8]. Як приклад показане використання антени з кардіоїдною діаграмою направленості. Детальний розгляд питань адаптивної компенсації завад виходить за рамки цієї статті й до того ж добре вивчений [9, 10]. У підсумку на виході в напрямку на джерело завади утворюється “нуль” приймання, як показано на рис. 4. На верхньому рисунку (а) показана вихідна діаграма направленості основної антени (її половина), на нижньому (б) – результат адаптації за двома джерелами завад [11].

Блок сумісної адаптивної обробки, показаний на рис. 3, може бути реалізований різними способами (їх достатньо). Ми розглянемо варіант гетеродинного автокомпенсатора [9], у якому вузол перемножування виконаний на параметричному діоді. У цьому випадку характеристики адаптації прямо залежать від коефіцієнта модуляції (або перекриття – в інших джерелах) ємності варикапа. Відповідно до мети статті ставиться завдання збільшення цього показника.

Розглянемо можливі варіанти режимів роботи варикапа, характеристики якого визначаються досяжним значенням коефіцієнта модуляції ємності.

У статті використовується загальноживана термінологія, згідно з якою параметричні діоди умовно поділяють на варикапи й варактори, розмежовуючи тим самим області їх застосування [12]. Так, в обох типах використовується властивість залежності ємності p - n переходу від напруги, що подається на діод.

Докажемо можливість збільшити основну характеристику параметричного діода (коефіцієнта модуляції ємності) шляхом вибору розширеного діапазону зміни напруги накачування, але без заходження в область відмикання переходу.

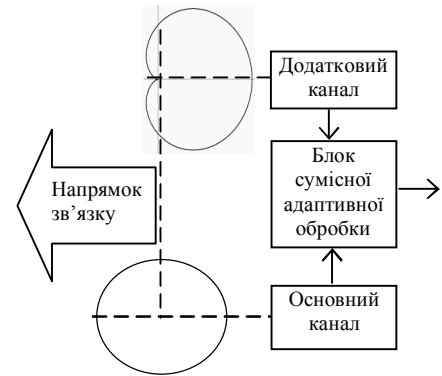


Рис. 3. Спрощена структурна схема адаптивного оброблення

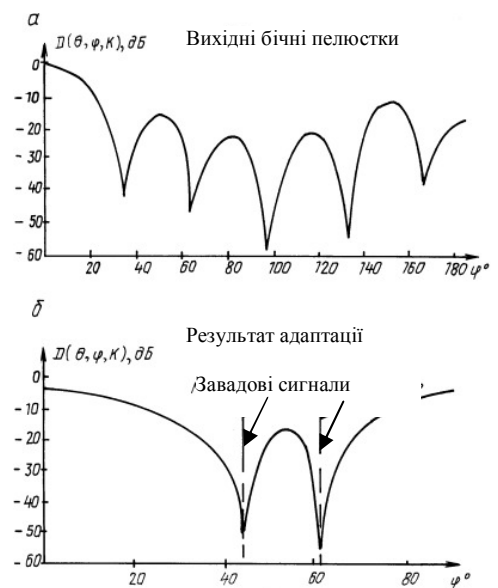


Рис. 4. Компенсація завадових сигналів із двох напрямів

Вид і характер залежності бар'єрної ємності від прикладеної запираючої напруги залежить від матеріалу виготовлення й ступеня концентрації носіїв. З урахуванням цього розрізняють діоди із плавним, різким і надрізким переходом, що виражається формулою:

$$C_o(u) = \frac{C_o(0)}{\left(1 + \frac{u}{\phi_0}\right)^n}, \quad (1)$$

де $C_o(0)$ – ємність діода при нульовому зсуві; ϕ_0 – контактна різниця потенціалів; $n = 1/2$ для зварених діодів (зі східчастим різким переходом); $n = 1/3$ для дифузійних діодів (із плавним переходом); $n \approx 1$ для арсенід-галієвих діодів (з надрізким переходом).

Для германію $\phi_0 \approx 0,3 \dots 0,4$ В, для кремнію $\phi_0 \approx 0,6 \dots 0,8$ В, для арсеніду галію $\phi_0 \approx 1 \dots 1,2$ В [13].

Використовуючи ці дані, порівняємо вольт-фарадні характеристики (ВФХ) для вибору режиму накачування. У різкому несиметричному $p-n$ переході

$$C_o = C_o \cdot (\phi_0 - u)^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

Для плавного $p-n$ переходу з лінійним розподілом концентрації домішок

$$C_o = C_o \cdot (\phi_0 - u)^{\frac{1}{3}}. \quad (3)$$

Максимальна величина зворотної напруги для значної частини варикапів становить 25 ... 30 В [14], цією величиною й обмежимо подальші розрахунки, використовуючи офісний пакет ЕКСЕЛ. У підсумку одержимо графіки, показані на рис. 5. Початкова ділянка графіків у дрібному масштабі зображена на рис. 6, горизонтальна вісь – зворотна напруга, вертикальна – ємність у пікофарадах для початкової ємності 25 пФ.

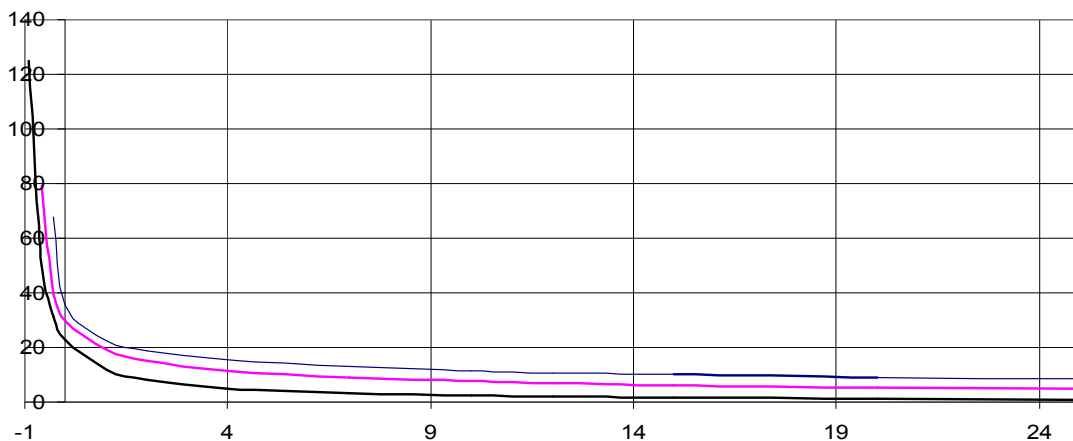


Рис. 5. ВФХ бар'єрної ємності варикапа

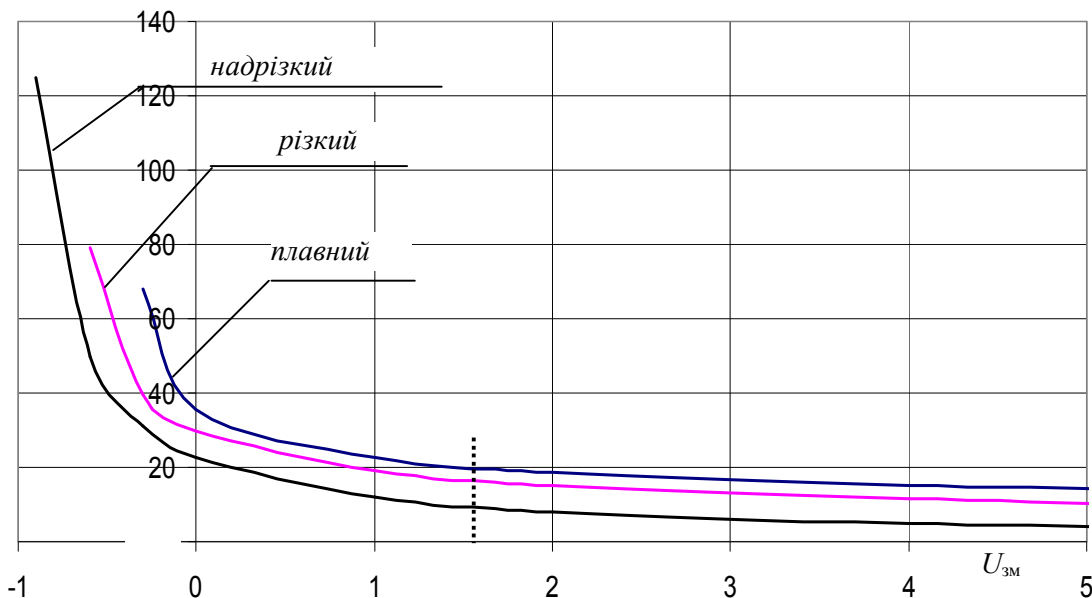


Рис. 6. Початкова ділянка ВФХ

Використовуючи ці графіки, визначимо коефіцієнт модуляції ємності для двох варіантів: 1) у загальноприйнятому режимі, обмежуючи верхню границю нулем вольт, а нижню – максимальним (за модулем) значенням напруги на варикапі (25 В); 2) із заходженням в область позитивної напруги, але не перевищуючу контактну різницю потенціалів, тобто без відкриття переходу. Дані зведені в таблиці.

Коефіцієнт модуляції ємності

Перехід	Стандартний	Із заходженням у позитивну область		
		максимальний	з обмеженням 7 В	з обмеженням 4 В
плавний	4,17	7,97	5,28	4,43
різкий	6,06	16,03	8,77	6,85
надрізкий	23,67	130,21	40,45	25,51

Значення першого стовпця (“стандартний”) не розходяться з відомими, що свідчить про вірність інших результатів.

Дані таблиці показують, що навіть із розмахом накачування 2,5 В (замість 12 В) при початковому зсуві приблизно мінус 1,5 В коефіцієнт перекриття перевищує загальноприйнятну величину.

Звідси випливає важливий висновок – суттєво знижуються вимоги до лінійності як вихідного каскаду, так і всього тракту накачування, що позитивно позначається на кореляції вхідних і вихідних коливань.

Разом з тим можуть виникнути проблеми, пов'язані з перевищенням зсуву амплітудою коливання, що призведе до появи прямих струмів через перехід. З'явиться значна дифузійна ємність, і добротність зменшиться практично до нуля. Для когерентного оброблення такий режим навряд чи прийнятний, і результат рішення питання вимагає подальшого розгляду, що виходить за рамки цієї статті.

Для розрахунків резонансних систем радіотехнічних пристроїв необхідно знати середнє значення змінної ємності параметричного діода. У нашому випадку прийняте її середнє арифметичне використовувати недоцільно, тому що воно справедливе тільки для лінійних характеристик або характеристик зі слабкою нелінійністю.

Для визначення середнього значення необхідно користуватися поняттям “середнє гармонійне” [15]

$$h = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}} \quad (4)$$

Для нашого діапазону напруг +0,9 ... –4 В і надрізкого переходу одержимо: $C_{\max} = 4,9$ пФ, $C_{\min} = 0,9$ пФ. Арифметичнє середнє дорівнює 2,9 пФ, середнє гармонійне за формулою (4) 1,66 пФ. Як бачимо, різниця (майже в 2 рази) істотна, що призведе до помилки визначення резонансної частоти на 41 %. Але ще більша відмінність проявляється на всій довжині ВФХ: 63 пФ і 2 пФ – майже у 30 разів.

З технічної літератури відомо, що при прямому включенні діода опір переходу різко зменшується, і вже при напрузі десятих вольт замикаючий шар практично зникає [16]. У германієвих діодів збільшення струму починається вже при напрузі близько 0,15 В, а в кремнієвих – близько 0,5 В (рис. 7).

Враховуючи, що напруга запирання подається через великий опір (порядку МОм), навіть малі (мкА) струми спричинять позитивні вольтові добавки до негативної напруги зсуву, а це в остаточному підсумку призведе до частотного розбалансу резонансних контурів, не кажучи вже про зникнення бар'єрної ємності варикапа.

Для кількісного оцінювання напруги відмикання конкретних діодів були проведені віртуальні дослідження за допомогою пакета моделюючих програм Electronics Workbench Multisim.

Невимогливість цього пакета програм до апаратних ресурсів комп'ютера дозволила провести віртуальний

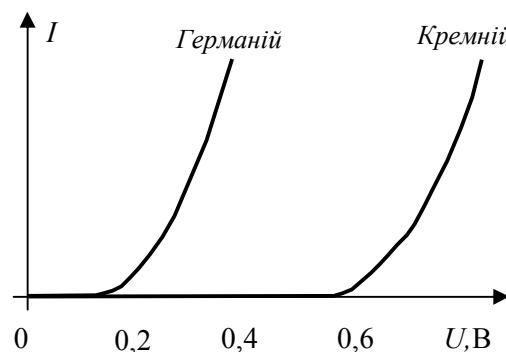


Рис. 7. Вольт-амперна характеристика діодів при прямому включенні

експеримент за схемою, наведеною на рис. 8. Конкретизація полягає в аналізі початкової ділянки вольт-амперної характеристики (ВАХ) високочастотних кремнієвих епітаксально-планарних діодів, до яких віднесено варикапи.

Результати вимірів для трьох типів діодів (2Д503А, 2Д522А та КД512А) представлені на рис. 9. Експеримент підтвердив, що для варикапів правильним є встановлювати границю відкриття на рівні 0,35 ... 0,45 В.

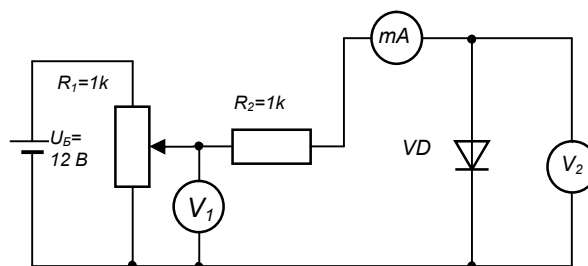


Рис. 8. Схема вимірів

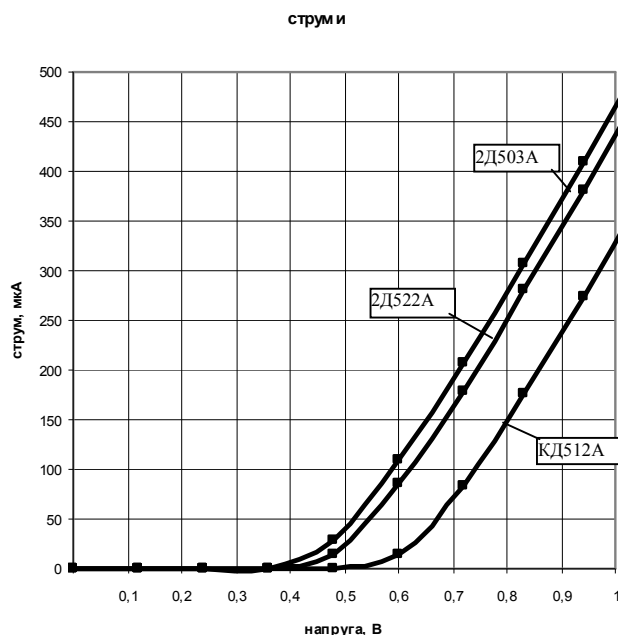


Рис. 9. Початкові ділянки ВАХ кремнієвих високочастотних діодів

Висновки

1. Запропоновано і обґрунтовано варіант збільшення коефіцієнта модуляції ємності варикапа шляхом вибору режиму його роботи із заходженням у позитивну область, але без відкриття $p-n$ переходу.
2. Збільшення, що досягається, становить величину в 1,9; 2,6 і 5,5 рази більше для плавного, різкого й надрізкого переходів відповідно.
3. Запропонований режим дозволяє суттєво знизити вимоги до лінійності підсилювальних трактів і споживаної потужності вихідного каскаду каналу накачування, який для збереження кореляції повинен працювати в лінійному режимі.
4. Для виключення помилок у проектуванні коливальних систем необхідно при розрахунках користуватися гармонійним, а не арифметичним середнім значенням ємності варикапа.

Список використаних джерел

1. Радзиевский, А. И. Тактика в боевых примерах. Полк [Текст] / А. И. Радзиевский. – М. : Воениздат, 1974. – 286 с.
2. Организация военной связи [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://xreferat.com/17/422-3-organizaciya-voennoiy-svyazi.html> (дата звернення : 22.01.17). – Назва з екрана.
3. Жеребин А., Попов В., Демидов С. Беспилотные летательные аппараты. ФГУП ГосНИИАС [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://bp-la.ru/bak-voennogo-naznacheniya/> (дата звернення : 22.01.17). – Назва з екрана.
4. Карпенко А. В. Комплекс “Леер” с беспилотным летательным аппаратом “Орлан-10” // Оружие и военная техника. “Оружие Отечества” [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://bastion-ork.ru/orlan-10/> (дата звернення : 25.01.17). – Назва з екрана.
5. Нацгвардия представила новую концепцию организации радиосвязи [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://ngu.gov.ua/ru/news/nacgvarduuya-predstavyla-novuyu-konceptsuuyu-organyzatsuyu-radyosvyazy> (дата звернення : 25.01.17). – Назва з екрана.

6. Потапов Р. А., Сучилин В. И. Антенная решетка средств радиосвязи с управляемой диаграммой направленности. Патент Российской Федерации № 2007794 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : http://www.ntpo.com/patents_electronics/electronics_4/electronics_6.shtml (дата звернення : 25.01.17). – Назва з екрана.
7. Адаптивные антенные системы [Текст] / Уидроу (В. Widrow), Мантей (Р. Е. Mantey), Гриффите (L. J. Griffiths) и др. // Труды Института инженеров по электронике и радиотехнике. М. : ИИЭР, 1967. – № 12.
8. Лосев, Ю. И. Адаптивная компенсация помех в каналах связи [Текст] / Ю. И. Лосев. – М. : Радио и связь, 1988. – 111 с.
9. Ширман, Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех [Текст] / Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос. – М. : Радио и связь, 1981. – 416 с.
10. Радиозлектронные системы [Текст] : справочник / Я. Д. Ширман, Ю. И. Лосев, Н. Н. Минервин и др. ; под ред. Я. Д. Ширмана. : – М. : МАКВИС, 1998. – 828 с: ил.
11. Марчук Л. А., Гиниятуллин Н. Ф., Кабаев Л. В. Адаптивная антенная решетка. Патент Российской Федерации № 2090960 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : <http://www.freepatent.ru/patents/2090960> (дата звернення : 25.01.17). – Назва з екрана.
12. Справочник по учебному проектированию приемно-усилительных устройств [Текст] / М. К. Белкин, В. Т. Белинский, Ю. Л. Мазор, Р. М. Терещук; – 2-е изд. – К. : Вища шк., 1988. – 472 с.
13. Лекция 3. Барьерная емкость р-п перехода [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : <http://pandia.ru/text/78/393/1096.php> (дата звернення : 27.01.17). – Назва з екрана.
14. Аксенов, А. И. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Диоды. Транзисторы [Текст] / А. И. Аксенов, А. В. Нефедов, А. М. Юшин. – М. : Радио и связь, 1992. – 224 с.
15. Худорожков Р. Правильное среднее [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : <http://www.banki.ru/blog/hudorojkov/903.php/> (дата звернення : 27.01.17). – Назва з екрана.
16. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] / С. И. Баскаков. – М. : Высш. шк., 2000. – 463 с.

Стаття надійшла до редакції 14.03.2017 р.

УДК 621.396.96

А. П. Кондратенко, С. М. Мельников

АДАПТИВНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ПОМЕХИ В КАНАЛЕ СВЯЗИ

Обсуждаются варианты построения совместной обработки полезных сигналов и помех с применением корреляционных автокомпенсаторов. Представлены результаты анализа характеристик и особенностей работы параметрического диода в расширенном диапазоне изменения напряжения накачки. Определен коэффициент модуляции емкости для двух вариантов: в общепринятом режиме и с заходом в положительное напряжение, не превышающее контактную разность потенциалов, то есть без открытия перехода.

К л ю ч е в ы е с л о в а: адаптивный компенсатор, варикап, коэффициент модуляции емкости, напряжение накачки, параметрический диод.

UDC 621.396.96

O. P. Kondratenko, S. M. Melnikov

ADAPTIVE SPACE FILTRATION OF THE HINDRANCE IN THE COMMUNICATION CHANNEL

Options of creation of collateral processing of the useful signals and hindrances are discussed with use of correlative self-balancing potentiometers. Results of the analysis of characteristics and features of operation of the parametrical diode in the expanded range of change of tension of a rating are presented. The capacity modulation index for two options – in the standard mode, and with calling the positive tension but which is not exceeding a contact potential difference that is without transition opening is defined.

K e y w o r d s: adaptive compensator, varicap, capacity modulation index, rating tension, parametrical diode.

Кондратенко Александр Павлович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.

Мельников Сергій Михайлович – викладач кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України.

УДК 629.3.016



М. А. Подригало



Р. О. Кайдалов

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ НОРМАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ОСЯМИ АВТОМОБІЛІВ ТА БОЙОВИХ МАШИН З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ ВЕДУЧИХ КОЛІС

Запропоновано показник використання вантажопідйомності шин – коефіцієнт використання вантажопідйомності шин автомобілів та бойових машин і критерій раціонального розподілу нормального навантаження між осями машини при трансформеному виконанні її ходової частини.

К л ю ч о в і с л о в а: нормальне навантаження між осями, електричний привід ведучих коліс, автомобілі та бойові машини.

Постановка проблеми. Максимально граничне навантаження на шини є фактором, який обмежує повну масу колісних транспортних засобів. Ця проблема особливо актуальна для зразків автомобільної техніки, які мають броньований захист, а саме: автомобілів та бойових машин (АБМ). За умови збереження заданої вантажопідйомності шин резервом для збільшення максимальної повної маси АБМ є вирівнювання нормального навантаження між колесами різних осей.

Створення трансформеної ходової частини можливе за наявності електричного (електромеханічного) приводу ведучих коліс АБМ. За наявності електроприводу або мостів, або окремих коліс з'являється можливість їх зміщення вздовж поздовжньої осі автомобіля залежно від положення центра мас останнього.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нерівномірність розподілу нормального навантаження між осями істотно впливає на тягово-швидкісні властивості, стійкість й керованість АБМ [1]. Вплив нерівномірності розподілу нормальних реакцій між колесами на використання зчпної ваги двовісного автомобіля у тяговому режимі розглянуто у працях В. А. Карпенко [2, 3, 4]. Ним запропонована методика ймовірного оцінювання розподілу нормальних реакцій між колесами однієї осі [5]. Авторами праці [6] досліджено вплив нерівномірності розподілу вертикальних реакцій за осями на стійкість автомобіля при гальмуванні. Ймовірнісний метод оцінювання стійкості руху багатовісних автомобілів, що враховує статистичну невизначеність нормальних реакцій за осями, розглянуто у статті [7].

Дослідження, проведені авторами праць [1–7], показали, що поява нерівномірності розподілу нормального навантаження як між колесами однієї осі, так й між осями призводить до погіршення динамічних властивостей АБМ та ресурсу їх шин.

Одним із можливих способів зниження нерівномірності навантаження шин нормальним навантаженням може бути регулювання поздовжньої колісної бази (бази) автомобіля залежно від координат розташування його центра мас. Реалізація вказаного способу можлива у випадку використання електричного (електромеханічного) приводу ведучих коліс автомобіля з трансформеною конструкцією його ходової частини. Для двовісних зразків АБМ (КрАЗ-5233, Козак-001, Козак-2, КрАЗ-Шрек, Варта) задача регулювання бази залежно від положення його центра мас проблеми не створює. Для тривісних машин (КрАЗ-6322, КрАЗ-Феона) у разі використання електричного (електромеханічного) приводу ведучих коліс середнього і заднього мосту не має сенсу застосовувати балансиру підвіску.

Для більш рівномірного розподілу нормальних реакцій дороги між мостами останні доцільно рознести вздовж поздовжньої осі автомобіля, але у цьому випадку слід застосувати ймовірнісний метод оцінювання сумарних нормальних реакцій на осях автомобіля [1, 5, 7]. Аналогічним чином

необхідно виконувати завдання для чотиривісних машин (КрАЗ-Ураган, БТР-3Е, БТР-4Е) та АБМ, які мають більшу кількість осей.

Мета і постановка завдань дослідження. Метою дослідження є покращення динамічних властивостей АБМ і завантаженості їх шин шляхом раціонального розподілу нормального навантаження між мостами.

Для досягнення вказаної мети необхідно виконати такі завдання:

- визначити показник і розробити критерій для оцінювання раціональності розподілу нормального навантаження між мостами АБМ;
- визначити взаємозв'язок між положенням центра мас АБМ і координатами розташування мостів машини з електроприводом ведучих коліс другого, третього й четвертого мостів.

Виклад основного матеріалу.

Показники нерівномірності розподілу нормального навантаження між мостами машини. При проектуванні автомобілів, тракторів та іншої колісної техніки намагаються виконати компоновку машини таким чином, щоб максимально задовольнити заявлені вимоги до динамічних властивостей, безпеки експлуатації, вантажоздатності, агрегативності (для спеціальних та спеціалізованих машин). Якщо для колісних тракторів, дорожніх машин й іншої спеціальної техніки з малими швидкостями руху отримання екстремальних компоновок (зі зміщенням до передньої або задньої осей центром мас) можливе, то для військових автомобілів та бойових машин, що можуть рухатись у широкому швидкісному діапазоні із забезпеченням стійкості і керованості на дорогах різного покриття, воно не можливе. Це пов'язане з тим, що на АБМ, на відміну від тракторів, не встановлюють на передні та задні колеса шини різного діаметра, а отже, з різним допустимим нормальним навантаженням P_0 . Зміщення центра мас АБМ у поздовжній площині (за будь-якого навантаження) призводить до недовикористання допустимої вантажопідйомності шин осі, яка більш відділена від центра мас машини. Однією із помилок на етапі проектування багатовісних АБМ (наприклад, чотиривісних бронетранспортерів), є можливе перевантаження шин окремих коліс.

В ідеальному випадку співвідношення між максимально допустимим нормальним навантаженням на шину й повною масою машини повинно мати такий вигляд:

$$2n \cdot P_0 = m_{\text{пов}} \cdot g, \quad (1)$$

де n – число мостів машини; P_0 – максимально допустиме навантаження на шину (для здвоєних шин це навантаження подвоюється); $m_{\text{пов}}$ – повна маса машини; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Рівність (1) визначає ідеальне співвідношення, при якому (за умови рівномірності навантаження коліс однієї осі) сумарні нормальні реакції дороги на будь-якій осі автомобіля рівні:

$$R_{z_i} = 2n \cdot P_0 = \frac{m_{\text{пов}} \cdot g}{n}. \quad (2)$$

Очевидно, що для двовісного автомобіля умова (2) виконується у випадку, якщо центр його мас розташований посередині бази. Зміщення центра мас машини відносно вказаного положення вперед або назад призведе до необхідності зниження повної маси (або вантажопідйомності машини) за умовою

$$R_{z_{\text{max}}} = 2P_0, \quad (3)$$

де $R_{z_{\text{max}}}$ – сумарна нормальна реакція дороги на найбільш навантаженій осі.

Введемо коефіцієнт використання вантажопідйомності шин

$$\gamma_{\text{ш}} = \frac{R_{z_{\text{max}}} - R_{z_{\text{min}}}}{2n \cdot P_0}, \quad (4)$$

де $R_{z_{\text{min}}}$ – сумарна нормальна реакція дороги на найменше навантаженій осі; l_{min} , l_{max} – відповідно відстані від проекції центра мас автомобіля на горизонтальну площину до ближчої (більше навантаженої) й найбільш віддаленої (менше навантаженої) осей машини.

$$R_{z_{\text{min}}} = R_{z_{\text{max}}} \frac{l_{\text{min}}}{l_{\text{max}}}; \quad (5)$$

Після підстановки виразу (5) у рівняння (4) й, враховуючи, що

$$l_{\min} + l_{\max} = L, \quad (6)$$

після перетворень отримаємо

$$\gamma_{\text{ш}} = \frac{L}{2l_{\max}}, \quad (7)$$

де L – база автомобіля.

Для нашого випадку двовісного автомобіля при

$$l_{\max} = \frac{L}{2} \quad (8)$$

отримаємо $\gamma_{\text{ш}} = 1$.

Для АБМ з числом осей більше двох вираз (4) набиратиме такого вигляду:

$$\gamma_{\text{ш}} = \frac{R_{z_{\max}} + \sum_{i=1}^{n-1} R_{z_i}}{2n \cdot P_0}. \quad (9)$$

Якщо відомий $\gamma_{\text{ш}}$, максимально допустима повна маса машини дорівнюватиме

$$[m_{\text{пов}}]_{\max} = \frac{2n \cdot P_0 \cdot \gamma_{\text{ш}}}{g} \quad (10)$$

або з урахуванням формули (9):

$$[m_{\text{пов}}]_{\max} = \frac{R_{z_{\max}} + \sum_{i=1}^{n-1} R_{z_i}}{g}. \quad (11)$$

Якщо у формулі (9) виразити $\sum_{i=1}^{n-1} R_{z_i}$ через дійсну повну масу автомобіля

$$\sum_{i=1}^{n-1} R_{z_i} = g \cdot m_{\text{пов}} - R_{z_{\max}}, \quad (12)$$

тоді вона матиме такий вигляд:

$$\gamma_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{пов}} \cdot g}{2n \cdot P_0}. \quad (13)$$

Критерієм раціонального вибору розподілу нормального навантаження між осями АБМ буде отримане значення $\gamma_{\text{ш}} = 1$, що можливе при виконанні умови (2).

Визначення взаємозв'язку між положенням центра мас автомобіля й координатами розташування його мостів.

Розглянемо схему зміни бази двовісного автомобіля за умови максимального використання вантажопідйомності шин (рис. 1).

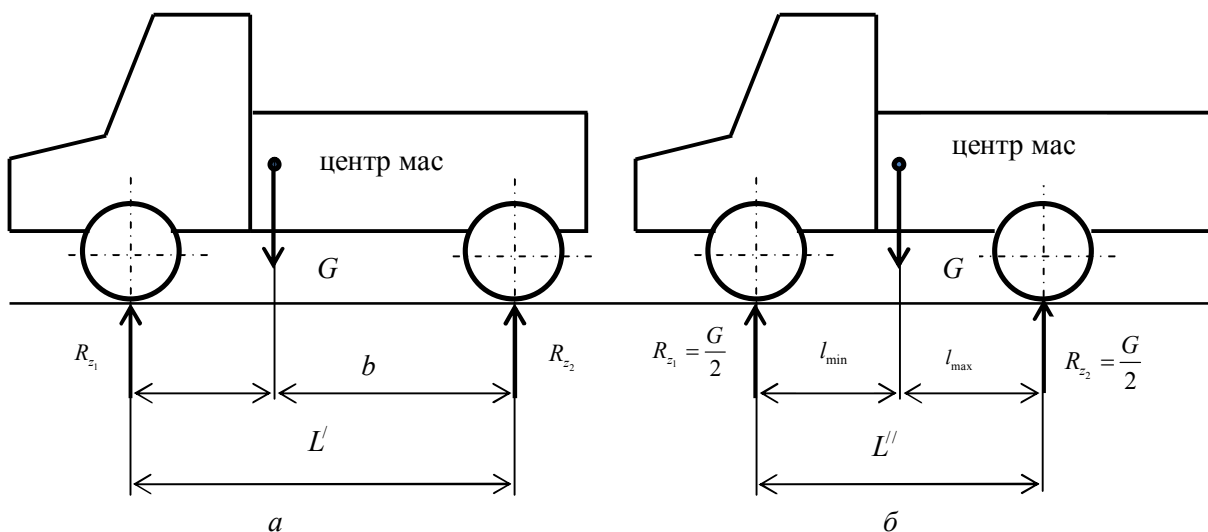


Рис. 1. Схема зміни бази двовісного автомобіля за умови максимального використання вантажопідйомності шин: a – до зміни бази; b – після зміни бази

Сумарні нормальні реакції дороги на передній та задній осях машини до зміни її бази:

$$R_{z_1} = \left(1 - \frac{a}{L}\right)G; \quad (14)$$

$$R_{z_2} = \frac{a}{L}G, \quad (15)$$

де L – розмір бази машини до її зміни; $G = m_{\text{нов}} \cdot g$ – повна вага машини.

Розмір бази АБМ після зміни визначаємо з урахуванням того, що $a = l_{\text{min}}$. При $R_{z_1} = R_{z_2} = \frac{G}{2}$, прирівнюючи праві частини рівнянь (14) і (15), визначимо

$$L'' = 2l_{\text{min}}, \quad (16)$$

де L'' – розмір бази машини після зміни.

Зауважимо, що задачу можна було б розв'язати й перенесенням передньої осі машини вперед на відстань $b - a$ (b – відстань від проекції центра мас на горизонтальну площину до задньої осі). Але це не завжди можливо за конструктивними рішеннями й призводить до збільшення бази АБМ. При цьому погіршується керованість машини й збільшується навантаження на раму.

Для тривісної машини визначити сумарні нормальні реакції дороги можливо ймовірнісним методом [1]. Для нашого випадку він полягає у використанні правила трьох сигм при визначенні математичного сподівання сумарних нормальних навантажень на осях тривісного автомобіля [1] (рис. 2).

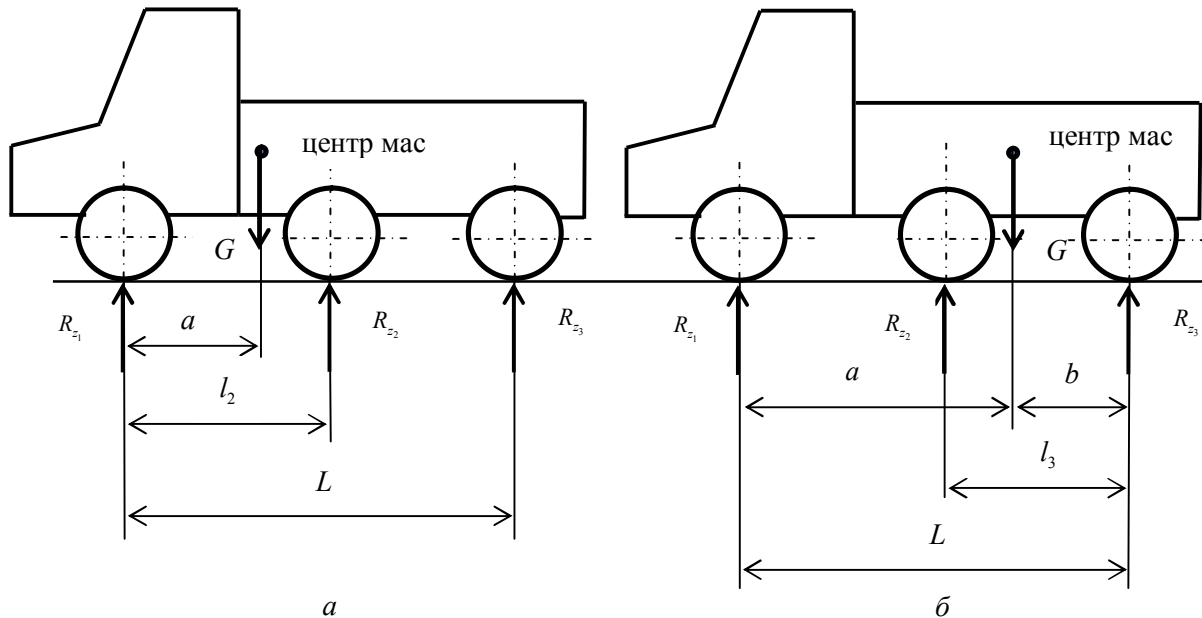


Рис. 2. Схема до ймовірнісного визначення сумарних нормальних реакцій на осях тривісного автомобіля:

a – при $a < l_2$; $б$ – при $a > l_3$

Для розв'язання задачі будемо використовувати окремі випадки, коли навантаженими будуть не всі осі машини, а тільки дві. На третій осі сумарне нормальне навантаження дорівнюватиме нулю. Для обох випадків, що наведені на рис. 2, можливі два екстремальних варіанти навантаження. Розглянемо випадок, представлений на рис. 2, a . Припустимо, що навантажені передня та задня осі. При цьому $R_{z_2} = 0$. У цьому випадку

$$\begin{cases} R_{z_1} = G \left(1 - \frac{a}{L}\right), \\ R_{z_2} = 0, \\ R_{z_3} = G \cdot \frac{a}{L}. \end{cases} \quad (17)$$

Для навантажених передньої та середньої осей

$$\begin{cases} R_{z_1} = G \left(1 - \frac{a}{L}\right), \\ R_{z_2} = G \cdot \frac{a}{l_2}, \\ R_{z_3} = 0. \end{cases} \quad (18)$$

При розташуванні центра мас машини (рис. 2, а) неможливі варіанти, за якими $R_{z_1} = 0$. Порівнюючи обидва варіанти, визначимо:

$$(R_{z_1})_{\max} = G \left(1 - \frac{a}{L}\right); \quad (19)$$

$$(R_{z_1})_{\min} = G \left(1 - \frac{a}{l_2}\right); \quad (20)$$

$$(R_{z_2})_{\max} = G \frac{a}{l_2}; \quad (21)$$

$$(R_{z_2})_{\min} = 0; \quad (22)$$

$$(R_{z_3})_{\max} = G \frac{a}{L}; \quad (23)$$

$$(R_{z_3})_{\min} = 0. \quad (24)$$

При цьому

$$\bar{R}_{z_1} = \frac{1}{2} \left[(R_{z_1})_{\max} + (R_{z_1})_{\min} \right] = \frac{G}{2} \left[2 - a \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{l_2} \right) \right]; \quad (25)$$

$$\bar{R}_{z_2} = \frac{1}{2} \left[(R_{z_2})_{\max} + (R_{z_2})_{\min} \right] = \frac{G a}{2 l_2}; \quad (26)$$

$$\bar{R}_{z_3} = \frac{1}{2} \left[(R_{z_3})_{\max} + (R_{z_3})_{\min} \right] = \frac{G a}{2 L}. \quad (27)$$

Розглянемо випадок, що представлений на рис. 2, б. Для вказаного випадку:

$$(R_{z_1})_{\max} = \frac{b}{L} G; \quad (28)$$

$$(R_{z_1})_{\min} = 0; \quad (29)$$

$$(R_{z_2})_{\max} = \frac{b}{l_3} G; \quad (30)$$

$$(R_{z_2})_{\min} = 0; \quad (31)$$

$$(R_{z_3})_{\max} = \left(1 - \frac{b}{L}\right) G; \quad (32)$$

$$(R_{z_3})_{\min} = \left(1 - \frac{b}{l_3}\right) G, \quad (33)$$

де b – відстань від задньої осі до проекції центра мас машини на горизонтальну площину.

Середні значення нормальних навантажень на осі АБМ:

$$\bar{R}_{z_1} = \frac{1}{2} \left[(R_{z_1})_{\max} + (R_{z_1})_{\min} \right] = \frac{b}{2L} G; \quad (34)$$

$$\bar{R}_{z_2} = \frac{1}{2} \left[(R_{z_2})_{\max} + (R_{z_2})_{\min} \right] = \frac{b}{2l_3} G; \quad (35)$$

$$\bar{R}_{z_3} = \frac{1}{2} \left[(R_{z_3})_{\max} + (R_{z_3})_{\min} \right] = \left[1 - \frac{b}{2} \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{l_3} \right) \right] G. \quad (36)$$

Умовою раціонального розподілу нормального навантаження між осями машини є рівність

$$\bar{R}_{z_1} = \bar{R}_{z_2} = \bar{R}_{z_3} = \frac{G}{3}. \quad (37)$$

Для випадку, що наведений на рис. 2, а, виконання умови (37) можливе, якщо

$$L'' = l_2 \quad (38)$$

та

$$L'' = \frac{3}{2} a. \quad (39)$$

Для випадку, наведеного на рис. 2, б, виконання умови (37) можливе, якщо

$$L'' = l_3 \quad (40)$$

та

$$L'' = \frac{3}{2} b. \quad (41)$$

Отримані результати (38) та (40) показують, що при $a < l_2$ (рис. 2, а) необхідно суміщати середню й задню осі машини. Це можливе при встановленні здвоєних шин або при використанні балансірної підвіски середнього і заднього мостів. Для АБМ, які експлуатують на дорогах з твердим покриттям, можливий перший варіант, а для машин, що використовуються в різних дорожніх умовах, в тому числі бездоріжжя (військові АБМ), можливий варіант з балансірною підвіскою середнього і заднього мостів.

Для випадку, наведеного на рис. 2, б, необхідно суміщати передню й середню осі. Встановлення здвоєних шин на передню вісь є нераціональним з усіх точок зору, а використання балансірної підвіски переднього та заднього мостів, хоча й передбачає конструктивне ускладнення машини, але можливе. Однак цей варіант для бази, що регулюється, також можна замінити балансірною підвіскою заднього і середнього мостів, оскільки забезпечується рівність $\bar{R}_{z_1} = \bar{R}_{z_2} = \bar{R}_{z_3}$.

Висновки

1. Запропонований показник – коефіцієнт використання вантажопідйомності шин, який дозволяє оцінити раціональність вибраної компоновки машини з позицій рівності ресурсу усіх її шин. Критерієм раціонального вибору розподілу нормального навантаження між осями й колесами АБМ є рівність одиниці зазначеного показника.

2. Напрямок покращення розподілу нормального навантаження між осями АБМ є застосування трансформеної ходової частини, яка дозволяє змінювати базу машини залежно від горизонтальної координати центра мас автомобіля.

3. Поява колісної техніки з електричним (електромеханічним) приводом ведучих коліс полегшує створення трансформеної ходової частини АБМ.

4. Отримані аналітичні залежності дозволяють здійснювати вибір поздовжньої бази залежно від положення центра мас машини у горизонтальній площині.

5. Доведено, що для тривісних автомобілів, що експлуатують в умовах бездоріжжя (військові АБМ), доцільно залишити балансірну підвіску для середнього і заднього мостів.

Список використаних джерел

1. Стабильность эксплуатационных свойств колёсных машин [Текст] / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. А. Карпенко и др.; под ред. М. А. Подригало. – Х. : ХНАДУ, 2003. – 614 с.
2. Карпенко, В. А. Влияние неравномерности распределения вертикальных реакций между колёсами на использование сцепного веса автомобиля в тяговом режиме [Текст] / В. А. Карпенко // Тракторная энергетика в растениеводстве : сб. науч. тр. ХГТУСХ. – Х. : ХГТУСХ, 1999. – С. 226–229.
3. Карпенко, В. А. Оценка потенциальных динамических характеристик автомобиля [Текст] / В. А. Карпенко // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – Х. : ХНАДУ, 1998. – Вып. 1. – С. 64–68.

4. Карпенко, В. А. Влияние межколёсного дифференциала на динамические характеристики автомобиля при неравномерном распределении вертикальной загрузки между колёсами [Текст] / В. А. Карпенко // Механіка та машинобудування : наук.-практ. журн. – Х. : НТУ “ХПІ”, 2000. – № 1. – С. 67–71.

5. Карпенко, В. А. Вероятностная оценка распределения вертикальных реакций между колёсами одной оси автомобиля [Текст] / В. А. Карпенко, М. А. Подригало // Тракторная энергетика в растениеводстве : сб. науч. тр. – Х. : ХГТУСХ, 1999. – С. 229–234.

6. Подригало, М. А. Неравномерность вертикальных реакций на колёсах автомобиля и его устойчивость при торможении [Текст] / М. А. Подригало, В. А. Карпенко // Автомобильная промышленность. – 2001. – № 2. – С. 19–21.

7. Яценко, К. Т. Вероятностный метод оценки устойчивости движения многоосных автомобилей [Текст] / К. Т. Яценко, М. А., Подригало, Д. М. Клец // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 3 (43). – С. 155–158.

Стаття надійшла до редакції 31.05.2017 р.

УДК 629.3.016

М. А. Подригало, Р. О. Кайдалов

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ
МЕЖДУ ОСЯМИ АВТОМОБИЛЕЙ И БОЕВЫХ МАШИН С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ
ПРИВОДОМ ВЕДУЩИХ КОЛЕС**

Предложен показатель использования грузоподъемности шин – коэффициент использования грузоподъемности шин автомобилей и боевых машин и критерий рационального распределения нормальной нагрузки между осями машины при трансформенном выполнении её ходовой части.

К л ю ч е в ы е с л о в а: нормальная нагрузка между осями, электрический привод ведущих колес, автомобили и боевые машины.

UDC 629.3.016

M. A. Podrigalo, R. O. Kaidalov

**PROVIDING THE RATIONAL DISTRIBUTION OF THE NORMAL LOAD BETWEEN THE AXIS
OF AUTOMOBILES AND BATTLE MACHINES WITH THE ELECTRIC DRIVE OF THE
LEADING WHEELS**

The index of utilization of load-carrying capacity of tires is offered - coefficient of use of load-carrying capacity of tires of cars and fighting vehicles and criterion of rational distribution of normal loading between axles of the car at transformer performance of its running gear.

K e y w o r d s: normal load between axles, electric drive of driving wheels, cars and fighting vehicles.

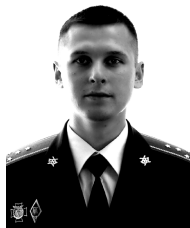
Подригало Михайло Абович – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності НГУ Національної академії Національної гвардії України.

Кайдалов Руслан Олегович – кандидат технічних наук, доцент, докторант Національної академії Національної гвардії України.

УДК 343.74



В. В. Руденко



О. В. Заєць



В. В. Берека



О. М. Пастушенко

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ПРИХОВАНОЇ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ І БОЄПРИПАСІВ

Синтезована структура радіолокаційної системи виявлення та розпізнавання потенційних носіїв прихованої вогнепальної зброї і боєприпасів, що дозволяє здійснювати ефективний контроль за несанкціонованим розповсюдженням зброї.

К л ю ч о в і с л о в а: нелінійна радіолокація, корозія вогнепальної зброї, виявлення та розпізнавання вогнепальної зброї, синтез структур систем.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день фіксуються численні спроби незаконного переміщення зброї і боєприпасів із зони проведення АТО, що становить безпосередню загрозу безпеці громадян. Тому виявлення та розпізнавання прихованої вогнепальної зброї і боєприпасів в умовах ведення проти України гібридної війни є одним з ключових пріоритетів та відповідає проекту G 4992 в межах програми співпраці з НАТО “Наука заради миру та безпеки” [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виявлення прихованої вогнепальної зброї і боєприпасів може проводитись методом безпосереднього контакту з потенційним носієм зброї з використанням ручних та стаціонарних аручних металодетекторів [2]. Основним недоліком цього методу є те, що його не можна застосовувати приховано, саме це робить його неефективним. Крім того, пропускна здатність пункту контролю, на якому використовується цей метод, значно знижується. Наведені недоліки спонукають до пошуку перспективних технологій безконтактного дистанційного виявлення та розпізнавання вогнепальної зброї і боєприпасів та синтезу на їх основі високотехнологічних систем, де однією з головних вимог, крім ефективності, є прихованість застосування.

Відомо, що для виявлення електронних засобів несанкціонованого добування інформації широко застосовуються методи нелінійної радіолокації [3, 4]. Наразі вважається, що оскільки вогнепальна зброя не має у своєму складі радіоелектронних компонентів, то її не можна виявляти методами нелінійної радіолокації. Практичне застосування нелінійних радіолокаторів показало, що існують структури метал – окисел, які подібно до напівпровідникових елементів створюють гармоніки зондуючого сигналу радіолокатора та зменшують імовірність правильного виявлення засобів несанкціонованого добування інформації. Такі структури утворюються за рахунок корозії техногенних металевих конструкцій, якими є зброя і боєприпаси. В процесі бойового застосування та зберігання вогнепальна зброя і боєприпаси взаємодіють із зовнішнім середовищем та піддаються впливу хімічної (газової) і електрохімічної корозії [5–8]. У цьому контексті перспективною є технологія виявлення прихованої вогнепальної зброї і боєприпасів методами нелінійної радіолокації.

Метою статті є синтез структури радіолокаційної системи виявлення та розпізнавання потенційних носіїв прихованої вогнепальної зброї і боєприпасів на фоні мобільних телефонів, радіоприймальних пристроїв, засобів прослуховування музики та прикрас з дорогоцінних металів.

Виклад основного матеріалу. При взаємодії з електролітами під час бойового застосування та зберігання вогнепальна зброя і боєприпаси окислюються і на їх поверхнях утворюються осередки корозії, які, на відміну від неокисленого металу, мають нелінійну вольт-амперну характеристику (рис. 1, а). Нелінійні вольт-амперні характеристики (ВАХ) також мають *p-n* переходи діодів, транзисторів та інтегральних мікросхем аксесуарів типу мобільних телефонів, радіоприймальних

© В. В. Руденко, О. В. Заєць, В. В. Берека, О. М. Пастушенко, 2017

пристроїв та засобів прослуховування музики (рис. 1, б), що збільшує ймовірність безпідставних тривоги.

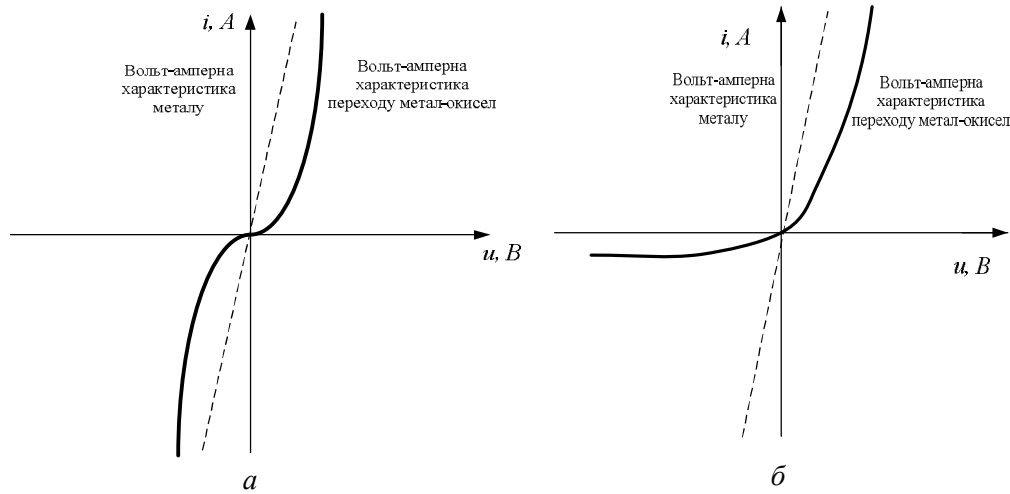


Рис. 1. Вольт-амперні характеристики: а – металу та переходу метал–окисел; б – металу та p - n переходу напівпровідникових приладів

Розпізнавання вогнепальної зброї на фоні аксесуарів з електронними компонентами може базуватись на особливостях ВАХ, які в точці (U_0, I_0) можуть бути апроксимовані рядом Тейлора n -ї степені:

$$i(u) = i(U_0) + \frac{i'(U_0)}{1!}(u - U_0) + \frac{i''(U_0)}{2!}(u - U_0)^2 + \dots + \frac{i^{(n)}(U_0)}{n!}(u - U_0)^n = a_0 + a_1(u - U_0) + a_2(u - U_0)^2 + a_3(u - U_0)^3 + \dots + a_n(u - U_0)^n, \quad (1)$$

де $a_n = \frac{i^{(n)}(U_0)}{n!}$.

Вольт-амперна характеристика переходу метал–окисел вогнепальної зброї і боєприпасів апроксимується членом 3-ї степені $a_3(u - U_0)^3$, в той час як ВАХ p - n переходів діодів, транзисторів та інтегральних мікросхем – членом 2-ї степені $a_2(u - U_0)^2$.

При наведенні нелінійним радіолокатором напруги $u_p(t) = U_m \cos \omega_1 t$ на контактах метал–окисел зброї і боєприпасів та на p - n переходах діодів, транзисторів та інтегральних мікросхем через них буде проходити струм

$$i(t) = I_0 + I_{m1} \cos \omega_1 t + I_{m2} \cos 2\omega_1 t + I_{m3} \cos 3\omega_1 t + \dots + I_{mn} \cos n\omega_1 t. \quad (2)$$

Співвідношення амплітуд гармонік $I_{mn} \cos n\omega_1 t$ можуть слугувати ознакою для виявлення та розпізнавання прихованої зброї і боєприпасів на фоні аксесуарів та прикрас з дорогоцінних металів.

Якщо амплітуда гармоніки $I_{m3} \cos 3\omega_1 t$, яка відповідає члену 3-ї степені апроксимуючого ряду $a_3(u - U_0)^3$, більша за амплітуду гармоніки $I_{m2} \cos 2\omega_1 t$, яка утворена членом 2-ї степені $a_2(u - U_0)^2$, то ймовірно, що нелінійним локатором виявлено зброю. У випадку $I_{m2} \cos 2\omega_1 t \geq I_{m3} \cos 3\omega_1 t$ приймається рішення, що виявлено об'єкт, який є аксесуаром.

За своїми електромагнітними характеристиками прикраси та аксесуари близькі до металу вогнепальної зброї і боєприпасів, що значно ускладнює задачу їх розпізнавання.

Синтезуємо оптимальну структуру радіолокаційної системи виявлення та розпізнавання прихованої вогнепальної зброї і боєприпасів у разі опромінення передавачем потенційного носія монохроматичним сигналом $u_p(t) = U_m \cos \omega_1 t$ (див. рис. 2).

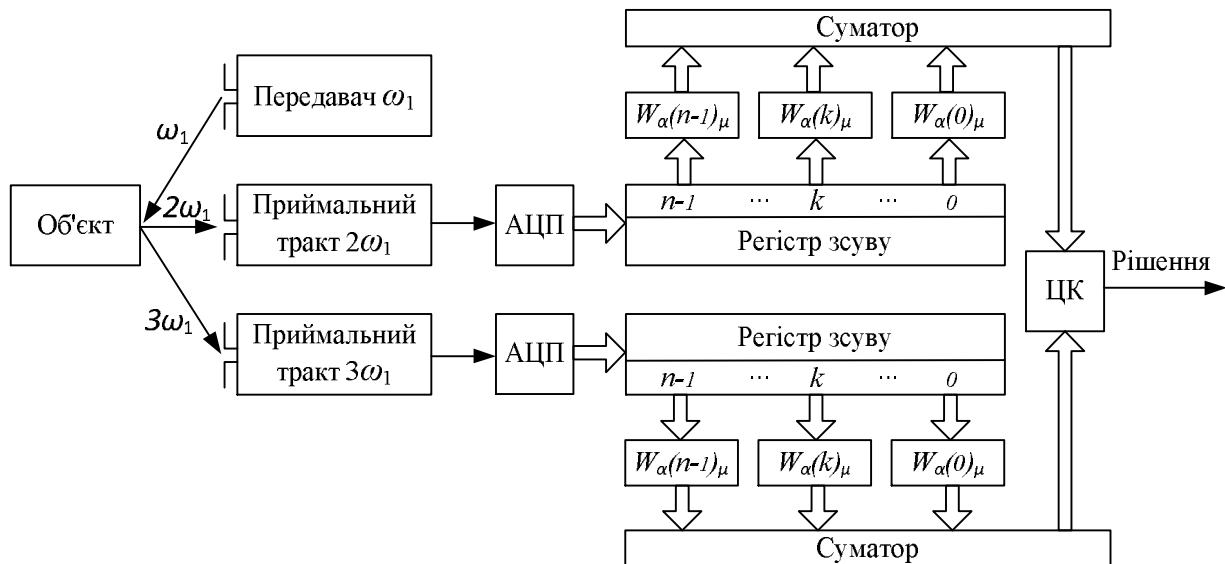


Рис. 2. Структурна схема системи виявлення та розпізнавання зброї і боєприпасів

Перевипромінені об'єктом та прийняті приймальними трактами сигнали перетворюються на цифрову форму у вигляді послідовності дискретних змінних u_k , $k=0, 1, \dots, n-1$, кожна з яких набуває значення x_α , $\alpha=1, 2, \dots, r$. Для статистично незалежних відліків таку послідовність можна апроксимувати регулярними неоднорідними нульзв'язними ($\nu=0$) ланцюгами Маркова з r станами. Незалежність відліків відповідає ситуації, коли інтервал дискретизації Δt перевищує час кореляції процесу $u(t)$ на вході аналого-цифрового перетворювача (АЦП). У цьому випадку багатомірне розподілення ймовірностей послідовності дискретних змінних u_k для сигналу з шумом для μ -класу ($\mu=1, 2$) об'єктів виявлення $P_{cn}(u)$ та шуму $P_n(u)$ можна записати як

$$P_{c\mu}(u) = P_{c\mu}(u_0, u_1, \dots, u_k, \dots, u_{n-1}) = P_{c\mu}(u_0)P_{c\mu}(u_1), \dots, P_{c\mu}(u_k), \dots, P_{c\mu}(u_{n-1});$$

$$P_n(u) = P_n(u_0, u_1, \dots, u_k, \dots, u_{n-1}) = P_n(u_0)P_n(u_1), \dots, P_n(u_k), \dots, P_n(u_{n-1}).$$
(3)

Враховавши квантування АЦП за амплітудою та його кодування, багатомірне розподілення ймовірностей послідовності дискретних змінних u_k можна записати таким чином:

$$P_{c\mu}(u) = \prod_{k=0}^{n-1} \prod_{\alpha=1}^r P^{\theta_\alpha(k)}_{\alpha c\mu}(k); P_n(u) = \prod_{k=0}^{n-1} \prod_{\alpha=1}^r P^{\theta_\alpha(k)}_{\alpha n}(k),$$
(4)

де $P_{\alpha c\mu}(k)$, $P_{\alpha n}(k)$ – ймовірність того, що змінна u_k набула значення x_α ; $\theta_\alpha(k)$ – індикатор стану x_α , $\theta_\alpha(k)=1$ при $u_k=x_\alpha$ та $\theta_\alpha(k)=0$ при $u_k \neq x_\alpha$.

Для прийняття рішення про належність реалізації перевипроміненого сигналу до μ -класу достатньою статистикою є відношення правдоподібності

$$l_\mu(u) = \frac{P_{c\mu}(u)}{P_n(u)}.$$
(5)

Критерій прийняття рішення про віднесення реалізації прийнятого сигналу до μ -класу полягає у визначенні μ з максимальним $l_\mu(u)$.

Структуру системи розпізнавання можна спростити, якщо замінити операцію множення логарифмуванням. Логарифм відношення правдоподібності матиме такий вигляд:

$$\ln l_\mu(u) = \ln \frac{P_{c\mu}(u)}{P_n(u)} = \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{\alpha=1}^r \theta_\alpha(k) \ln \frac{P_{\alpha c\mu}(k)_\mu}{P_{\alpha n}(k)} = \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{\alpha=1}^r \theta_\alpha(k) W_\alpha(k)_\mu,$$
(6)

де $W_\alpha(k)$ – вагові коефіцієнти.

Процедура розпізнавання полягає в обчисленні логарифмів відношень правдоподібності $\ln l_\mu(u)$ та визначенні μ , що відповідає максимальному з розрахованих відношень.

Відліки u_k з виходів АЦП записуються в реєстри зсуву (див. рис. 2); їх розрядні виходи є адресними входами постійних запам'ятовуючих пристроїв, у яких записані вагові коефіцієнти $W_\alpha(k)_\mu$, що вибираються із запам'ятовуючих пристроїв; на суматорах формуються відношення правдоподібності $\ln I_\mu(u)$; в цифровому компараторі (ЦК) порівнюються сформовані відношення правдоподібності та виносяться рішення.

Вагові коефіцієнти $W_\alpha(k)_\mu$ формуються шляхом “навчання” на наборі еталонних сигналів, що перевипромінюються реальними зразками озброєння.

Висновки

При взаємодії з електролітами під час бойового застосування та зберігання вогнепальна зброя і боєприпаси окислюються і на їх поверхнях утворюються осередки корозії, які, на відміну від неокисленого металу, мають нелінійну вольт-амперну характеристику, що своєю чергою призводить до створення гармонік $I_{mn} \cos n\omega_1 t$ при опроміненні їх гармонічним сигналом. Співвідношення амплітуд визначених гармонік $I_{mn} \cos n\omega_1 t$ можуть слугувати ознакою для виявлення та розпізнавання прихованої зброї і боєприпасів на фоні аксесуарів та прикрас з дорогоцінних металів. На основі цієї ознаки з використанням апарату дискретних багатомірних ланцюгів Маркова синтезована придатна до удосконалення структура радіолокаційної системи виявлення та розпізнавання потенційних носіїв прихованої вогнепальної зброї і боєприпасів, яка дозволяє здійснювати ефективний контроль за несанкціонованим розповсюдженням зброї.

Список використаних джерел

1. Special Edition NATO SPS Science Day in Kyiv, Ukraine, 27 May 2016 ISSN 1027-3239. Visn. Nac. Acad. Nauk Ukr. 2016.
2. Хореев, А. А. Способы и средства защиты информации [Текст] / А. А. Хореев. – М. : МО РФ, 1998. – 316 с.
3. Вернигоров, Н. С. Неизвестная нелинейная локация как технология двойного применения [Текст] / Н. С. Вернигоров // Конфидент защита информации. – 2003. – Вып. 6. – С. 80–83.
4. Щербаков, Г. Н. Применение нелинейной радиолокации для дистанционного обнаружения малоразмерных объектов [Текст] / Г. Н. Щербаков // Специальная техника. – 1999. – Вып. 1. – С. 34–39.
5. Поддубный, В. Н. Коррозия оружия и боеприпасов [Текст] / В. Н. Поддубный. – М. : Воениздат, 1952. – 352 с.
6. Поддубный, В. Н. Как сберечь вооружение от коррозии [Текст] / В. Н. Поддубный. – М. : Воениздат, 1961. – 72 с.
7. Corrosion-Resistant Lined Pump and Compressor Pipe / N. A. Bogatov, A. A. Bogatov and D. R. Salikhyanov // Steel in Translation. – 11, 2014. – Vol. 44. – pp. 867–869.
8. Жуков, А. П. Основы металловедения и теории коррозии [Текст] / А. П. Жуков, А. И. Малахов. – М. : Высш. шк., 1991. – 168 с.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2017 р.

УДК 343. 74

В. В. Руденко, А. В. Заяц, В. В. Берека, А. Н. Пастушенко

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ СКРЫТОГО ОГНЕСТРЕЛЬНОГО ОРУЖИЯ И БОЕПРИПАСОВ

Синтезирована структура радиолокационной системы обнаружения и распознавания потенциальных носителей скрытого огнестрельного оружия и боеприпасов, позволяет создать эффективный контроль за несанкционированным распространением оружия.

К л ю ч е в ы е с л о в а: нелинейная радиолокация, коррозия огнестрельного оружия, обнаружение и распознавание огнестрельного оружия, синтез структур систем.

UDC 343. 74

V. V. Rudenko, O. V. Zaets, V. V. Bereka, O. M. Pastushenko

**SYNTHESIS OF THE STRUCTURE RADAR DETECTION AND IDENTIFICATION
OF CONCEALED FIREARMS AND AMMUNITION**

Structure synthesized radar detection and identification of potential carriers of concealed firearms and ammunition to create effective control of illicit weapons proliferation.

Keywords: nonlinear radiolocation, corrosion of firearms, detection and identification of firearms, synthesis of systems structures

Руденко Віктор Валерійович – тимчасово виконуючий обов'язки командира військової частини А1906.

Засць Олександр Володимирович – науковий співробітник відділу першого науково-дослідного управління військової частини А1906.

Берека Валерій Веніамінович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу першого науково-дослідного управління військової частини А1906.

Пастушенко Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник відділу першого науково-дослідного управління військової частини А1906.

УДК 004.051:004.056.5



М. А. Стрельбіцький

ФОРМУВАННЯ МНОЖИНИ ДОПУСТИМИХ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА СТАДІЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

У статті проведено аналіз існуючих підходів до оцінювання ефективності системи захисту інформації. Отримано функціональні залежності закону розподілу випадкового вектора вершини множини допустимих значень показника якості системи захисту інформації з урахуванням умовних ймовірностей порушення властивостей інформації.

Ключові слова: захист інформації, множина загроз, інформаційно-телекомунікаційна система.

Постановка проблеми. Значні масштаби інформатизації та широке впровадження у сферу обробки інформації автоматизованих систем на базі програмно-апаратних комплексів дозволили розгорнути та більше 10 років експлуатувати інтегровану інформаційно-телекомунікаційну систему прикордонного відомства “Гарт”, призначену для створення єдиного інформаційного простору суб’єктів інтегрованого управління кордонами та електронної системи управління Державної прикордонної служби України, виконання завдань з підвищення ефективності управління органами зазначеної служби під час охорони державного кордону.

Державна прикордонна служба України як суб’єкт забезпечення національної безпеки у своїй діяльності використовує прикордонний інформаційний ресурс, який є складовою інформаційного ресурсу держави [1] та потребує захисту. Відповідно до закону [2] захист інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі (ІТС) – це діяльність, спрямована на запобігання несанкціонованим діям щодо інформації в системі.

Таке визначення дозволяє сформулювати поняття захисту інформації як цілеспрямованого процесу з єдиною (що є принциповим) метою – недопущення несанкціонованих дій стосовно інформації під час всього життєвого циклу системи “Гарт”. Питання оптимізації цього складного організаційно-технологічного процесу є важливим завданням, що потребує визначення кількісних та якісних оцінок його ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню завдання створення, організації, дослідження ефективності функціонування систем захисту інформації (СЗІ) присвячені праці вчених В. Б. Дудикевича, В. А. Герасименка, О. Г. Корченка, Г. Ф. Конаховича, В. А. Хорошка та багатьох інших, у яких застосовано широкий спектр підходів до оцінювання ефективності СЗІ, основними з них є:

- вартісний підхід – підхід з погляду на цінність інформації (втрати цінності інформації у разі порушення її властивостей, загальні збитки при втраті інформації, вартість організаційно-технічних заходів, які застосовуються в СЗІ, тощо);
- оцінювання якості СЗІ за заданими показниками та обмеженнями системи;
- інтегральне оцінювання (згортання часткових показників якості, методи теорії нечітких множин, нейронних мереж, графів тощо);
- ймовірнісний підхід – розгляд СЗІ з погляду на ступінь придатності системи до виконання завдань в конкретних умовах функціонування.

Проте при застосуванні ймовірнісного підходу в теорії ефективності складних систем сьогодні недостатньо повно розглянуто спосіб формування множини допустимих значень показника якості СЗІ.

Мета статті. На підставі аналізу загроз інформації визначити функції розподілу компонент вектора допустимих значень показника якості СЗІ.

Виклад основного матеріалу. Для оцінювання ефективності функціонування СЗІ необхідно розробити показник ефективності процесу захисту інформації, який повинен відповідати таким основним вимогам [3]: показовість (адекватність), критичність (чутливість), комплексність (повнота), стохастичність, простота.

Поняття “захист інформації” можна розглядати як сукупність (послідовність) узгоджених дій протягом певного часу, спрямованих на досягнення мети цього процесу. Оцінюючи ефективність, необхідно звернути увагу на те, що це властивість процесу, а не самої системи. Тому в подальшому під поняттям ефективності захисту інформації будемо розуміти комплексну властивість цілеспрямованого процесу, який характеризується ступенем досягнення мети, а саме – захист інформації.

Оцінюючи якість СЗІ, яка описується n -вимірним векторним показником $Y_{(n)}$, необхідно визначити сукупність критеріїв, що належать класу критеріїв придатності $\{G\}$. Математичне формулювання останнього має такий вигляд [3]:

$$G: \left(Y_{(n)} \in \left\{ Y_{(n)}^A \right\} \right), \quad (1)$$

де $Y_{(n)}$ – показник якості СЗІ; $\left\{ Y_{(n)}^A \right\}$ – множина допустимих значень (Allow values) показника якості СЗІ.

Таким чином, СЗІ, для якої справедлива умова (1), придатна до використання за призначенням та виконує свої функції.

У нормативному документі [4] визначені функціональні критерії, які описують вимоги до послуг, що забезпечують захист від загроз одного із чотирьох основних типів: конфіденційності, цілісності, доступності, спостереженості, що визначає множину типів показників якості СЗІ (властивостей інформації):

$$\mathcal{R} = \{i, c, a, u\}, \quad (2)$$

де i – цілісність (integrity); c – конфіденційність (confidentiality); a – доступність (availability); u – спостереженість (accountability).

Враховуючи вираз (2), кожна з компонент вектора допустимих значень

$$Y^A = \langle v_i^A, v_c^A, v_a^A, v_u^A \rangle,$$

де v_i^A – показник цілісності; v_c^A – показник конфіденційності; v_a^A – показник доступності; v_u^A – показник спостереженості, залежить від умов застосування системи і визначається управляючою системою

$$Y^A = Y^A(B), \quad (3)$$

де B – характеристики умов застосування СЗІ.

Семантикою показників якості системи захисту інформації є значення часу, протягом якого властивість інформації не буде порушена.

У загальному випадку на характеристики СЗІ, її організацію, умови функціонування та застосування діє множина випадкових факторів, що визначає зазначені величини як випадкові. Разом із тим апріорі випадковими є і допустимі значення вектора Y^A , який залежить від умов застосування системи, так як завчасно невідомо, які повинні бути результати роботи СЗІ, щоб забезпечити необхідний рівень захисту.

Таким чином, всі складові вектора допустимих значень показників якості функціонування СЗІ мають ймовірнісний характер, тому:

$$\hat{Y}^A = Y^A(\hat{B}). \quad (4)$$

Зауважимо, що однобічність вимог до характеристик СЗІ є принциповою. Це дозволяє описати множину допустимих значень показника якості придатності СЗІ чотиривимірним гіпероктантом

$$\{\hat{Y}^A\} = (\hat{v}_i^A, \infty) \times (\hat{v}_c^A, \infty) \times (\hat{v}_a^A, \infty) \times (\hat{v}_u^A, \infty) \quad (5)$$

з вершиною в точці $\hat{Z} = \langle \hat{v}_i^A, \hat{v}_c^A, \hat{v}_a^A, \hat{v}_u^A \rangle$.

Отже, опис множини допустимих значень показника якості придатності СЗІ зводиться до відшукування законів розподілу компонент вектора \hat{Z} .

Відповідно до нормативного документа [5] за результатами обстеження середовищ функціонування ІТС визначаються потенційні загрози для інформації і розробляється модель загроз. Побудова моделі здійснюється згідно з положеннями нормативних документів [6–8]. Після побудови комплексної СЗІ сформуємо уточнену множину загроз $\{T\}$ складовим інформації в ІТС, на підставі яких формуються компоненти вектора допустимих значень Y^A .

Нехай P_p^A – ймовірність порушення p -ї ($p \in \mathcal{R}$) властивості інформації, яка залежить від імовірності реалізації загрози

$$P_p^A(v_p^A) = 1 - P(\hat{v}_p^A \leq v_p^A). \quad (6)$$

Множину загроз $\{T\}$ розділимо за загрозами щодо кожної властивості інформації p – $\{T^p\}$. Кожну із цих підмножин також розділимо на дві підмножини: $\{T_{ind}^p\}$ – група загроз, імовірність виникнення яких не залежить від модернізації ІТС, та $\{T_{dep}^p\}$ – група загроз, імовірність виникнення яких залежить від модернізації ІТС за умови

$$\begin{aligned} \{T_{dep}^p\} \cup \{T_{ind}^p\} &= \{T^p\}, \\ \{T_{dep}^p\} \cap \{T_{ind}^p\} &= \emptyset \end{aligned} \quad (7)$$

Таким чином, імовірність порушення властивості інформації становить

$$P_p^A(v_p^A) = 1 - \prod_{\forall k \in \{T_{ind}^p\}} (1 - P_{p,k}^{ind}) \prod_{\forall k \in \{T_{dep}^p\}} (1 - P_{p,k}^{dep}(v_p^A)), \quad (8)$$

де $P_{p,k}^{ind}$ – ймовірність порушення p -ї властивості інформації при реалізації k -ї загрози; $P_{p,k}^{dep}(t)$ – ймовірність порушення p -ї властивості інформації при реалізації k -ї загрози у разі модернізації ІТС протягом часу v_p^A .

Визначимо ймовірність порушення p -ї властивості інформації при реалізації k -ї загрози, яка не залежить від модернізації ІТС та може бути описана законом розподілу

$$F_{p,k}^{ind}(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ P_{p,k}^{ind}, & 0 \leq t < t_{експл} \\ 1, & t \geq t_{експл} \end{cases}, \quad (9)$$

де $t_{експл}$ – час експлуатації СЗІ.

Визначимо ймовірність порушення безпеки інформації, яка залежить від модернізації ІТС, тобто від потоку дестабілізуючих факторів на етапі припрацювання модернізованої складової.

Очевидно, що в загальному випадку найбільш повно описує ймовірність виникнення загрози функція розподілу цієї випадкової величини. Разом із тим при конкретному формуванні множини загроз та визначенні експертами самого факту функціональної залежності загрози від модернізації формування виду та параметрів функції розподілу є малоімовірним. Тому пропонується як оцінку значення цієї ймовірності використовувати експертне значення величини ймовірності виникнення загрози з урахуванням ймовірності виникнення дестабілізуючого фактора, яка описується розподілом Вейбула, що своєю чергою описує час безвідмовної роботи та застосовується для оцінювання надійності програмних засобів [9].

Таким чином, імовірність виникнення загрози інформації, яка залежить від модернізації ІТС, становить:

$$P_{p,k}^{dep}(\hat{v}_p^A \leq v_p^A) = F_{p,k}^{dep}(v_p^A) = 1 - e^{-\left(\frac{v_p^A}{\beta_{p,k}}\right)^{\alpha_{p,k}}} \quad (10)$$

На практиці аналітичне визначення параметрів розподілу Вейбула за статистичними даними достатньо складне. Використовуючи наближений метод та дані випробувань, можливо визначити значення параметрів $\alpha_{p,k}$ та $\beta_{p,k}$ [10]. Отже, вираз (8) набиратиме такого вигляду:

$$P_p^A(v_p^A) = 1 - \prod_{\forall k \in \{I_{ind}^p\}} (1 - F_{p,k}^{ind}(v_p^A)) \prod_{\forall k \in \{I_{dep}^p\}} e^{-\left(\frac{v_p^A}{\beta_{p,k}}\right)^{\alpha_{p,k}}} \quad (11)$$

Отримані функціональні залежності дозволяють сформуувати закон розподілу випадкового вектора \hat{Z} :

$$F_{\hat{Z}}(Y^A) = P\left[\left(\hat{v}_i^A \leq v_i^A\right) \cap \left(\hat{v}_c^A \leq v_c^A\right) \cap \left(\hat{v}_a^A \leq v_a^A\right) \cap \left(\hat{v}_u^A \leq v_u^A\right)\right] \quad (12)$$

У загальному випадку події, пов'язані з порушенням властивостей інформації, є взаємозалежними. Тому для формування закону розподілу випадкового вектора \hat{Z} не достатньо знати закони розподілу кожної із випадкових величин, а потрібно ще знати закони зв'язку між ними. Цей зв'язок характеризують за допомогою умовних законів розподілу. Маючи вид та характеристики умовних законів розподілу, не важко сформуувати загальну функціональну залежність (12).

Разом із тим отримання умовних законів розподілу при формуванні СЗІ є проблемним. З метою оцінювання ступеня залежності показників якості системи захисту інформації пропонується використати метод експертних оцінок або статистичне значення ймовірностей виникнення події порушення властивості інформації за умови порушення іншої (якщо вона є).

Значення умовних ймовірностей сформуємо у вигляді таблиці.

Значення умовних ймовірностей порушення властивостей інформації

Властивість інформації	Умовна ймовірність порушення властивості інформації			
	цілісність	конфіденційність	доступність	спостереженість
цілісність	1	$P_i(c)$	$P_i(a)$	$P_i(u)$
конфіденційність	$P_c(i)$	1	$P_c(a)$	$P_c(u)$
доступність	$P_a(i)$	$P_a(c)$	1	$P_a(u)$
спостереженість	$P_u(i)$	$P_u(c)$	$P_u(a)$	1

Визначимо множину гіпотез

$$H = \{H_i, H_c, H_a, H_u, H_d\}, \quad (13)$$

де H_i – порушення цілісності інформації; H_c – порушення конфіденційності інформації; H_a – порушення доступності інформації; H_u – порушення спостереженості інформації; H_d – дотримання безпеки інформації.

Очевидно, що

$$(1 - P(H_i)) \cdot (1 - P(H_c)) \cdot (1 - P(H_a)) \cdot (1 - P(H_u)) + P(H_d) = 1, \quad (14)$$

звідки

$$P(H_d) = 1 - (1 - P(H_i)) \cdot (1 - P(H_c)) \cdot (1 - P(H_a)) \cdot (1 - P(H_u)). \quad (15)$$

Визначимо аналітичні залежності для гіпотези H_i за умови порушення тільки конфіденційності $P_c(i)$. Для цього сформуємо повну групу подій

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}, \quad (16)$$

де ω_1 – порушення конфіденційності інформації, яке не призвело до порушення цілісності; ω_2 – порушення конфіденційності інформації, яке призвело до порушення цілісності; ω_3 – порушення конфіденційності інформації відсутнє.

Таким чином, порушення цілісності інформації за умови порушення конфіденційності становить

$$P_{H_1}^c = P_i(v_i^A) + (1 - P_i(v_i^A)) \times \left(1 - \left[(1 - P_c(v_i^A) + P_c(v_i^A)(1 - P_c(i))) \right]\right). \quad (17)$$

Використовуючи цей підхід, поширимо множину подій на решту властивостей. Таким чином, порушення цілісності інформації є зворотна подія до події не порушення цілісності, з урахуванням імовірностей порушень інших властивостей:

$$P_{H_1}(v_i^A) = P_i(v_i^A) + (1 - P_i(v_i^A)) \times \left(1 - \left[(1 - P_c(v_i^A) + P_c(v_i^A)(1 - P_c(i))) \right]\right) \times \left(1 - \left[(1 - P_a(v_i^A) + P_a(v_i^A)(1 - P_a(i))) \right]\right) \times \left(1 - \left[(1 - P_u(v_i^A) + P_u(v_i^A)(1 - P_u(i))) \right]\right). \quad (18)$$

Аналогічно для інших гіпотез:

$$P_{H_c}(v_c^A) = P_c(v_c^A) + (1 - P_c(v_c^A)) \times \left(1 - \left[(1 - P_i(v_c^A) + P_i(v_c^A)(1 - P_i(c))) \right]\right) \times \left(1 - \left[(1 - P_a(v_c^A) + P_a(v_c^A)(1 - P_a(c))) \right]\right) \times \left(1 - \left[(1 - P_u(v_c^A) + P_u(v_c^A)(1 - P_u(c))) \right]\right), \quad (19)$$

$$P_{H_a}(v_a^A) = P_a(v_a^A) + (1 - P_a(v_a^A)) \times \left(1 - \left[(1 - P_i(v_a^A) + P_i(v_a^A)(1 - P_i(a))) \right]\right) \times \left(1 - \left[(1 - P_c(v_a^A) + P_c(v_a^A)(1 - P_c(a))) \right]\right) \times \left(1 - \left[(1 - P_u(v_a^A) + P_u(v_a^A)(1 - P_u(a))) \right]\right), \quad (20)$$

$$P_{H_u}(v_u^A) = P_u(v_u^A) + (1 - P_u(v_u^A)) \times \left(1 - \left[(1 - P_i(v_u^A) + P_i(v_u^A)(1 - P_i(u))) \right]\right) \times \left(1 - \left[(1 - P_c(v_u^A) + P_c(v_u^A)(1 - P_c(u))) \right]\right) \times \left(1 - \left[(1 - P_a(v_u^A) + P_a(v_u^A)(1 - P_a(u))) \right]\right). \quad (21)$$

Враховуючи формули (12, 18–21), отримаємо аналітичну форму закону розподілу випадкового вектора \hat{Z} :

$$F_Z(Y^A) = (1 - P_{H_1}(v_i^A)) \times (1 - P_{H_c}(v_c^A)) \times (1 - P_{H_a}(v_a^A)) \times (1 - P_{H_u}(v_u^A)). \quad (22)$$

Таким чином, отримані функціональні залежності дозволяють описати множину допустимих значень показника якості системи захисту інформації.

Висновки

Запропонований підхід до формування множини допустимих значень показника якості системи захисту інформації дозволить врахувати динамічний потік дестабілізуючих факторів, спричинених процесом модернізації складових ІТС при оцінюванні ефективності СЗІ в реальних умовах. У формуванні закону розподілу випадкового вектора вершини гіпероктанта допустимих значень враховані умовні ймовірності порушення властивостей інформації. В подальшому визначений закон розподілу доцільно використовувати у розробленні методу оцінювання ефективності функціонування системи захисту інформації ІТС.

Список використаних джерел

1. Стрельбіцький, М. А. Прикордонний інформаційний ресурс: визначення поняття [Текст] / М. А. Стрельбіцький // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2016. – № 1 (25). – С. 205–208.
2. Закон України “Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах” [Текст] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1994. – № 31. – Ст. 286.
3. Петухов, Г. Б. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремлённых систем [Текст] / Г. Б. Петухов, В. И. Якунин. – М. : АСТ, 2006. – 504 с.

4. НД ТЗІ 2.5-004-99. Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу. Затверджено наказом ДСТ СЗІ СБ України від 28.04.1999 р. № 22. Із змінами згідно з наказом адміністрації Держспецзв'язку від 28.12.2012 р. № 806.

5. НД ТЗІ 3.7-003-05. Порядок проведення робіт із створення комплексної системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі. Затверджено наказом ДСТ СЗІ СБ України від 08.11.2005 р. № 125.

6. НД ТЗІ 1.1-002. Загальні положення щодо захисту інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу. Затверджено наказом ДСТ СЗІ СБ України від 28.04.1999 р. № 22.

7. НД ТЗІ 1.4-001. Типове положення про службу захисту інформації в автоматизованій системі. Затверджено наказом ДСТ СЗІ СБ України від 04.12.2000 р. № 53.

8. НД ТЗІ 1.6-003. Створення комплексів технічного захисту інформації на об'єктах інформаційної діяльності. Правила розроблення, побудови, викладення та оформлення моделі загроз для інформації. Затверджено наказом ДСТ СЗІ СБ України від 08.11.2005 р. № 125 із змінами згідно з наказом адміністрації Держспецзв'язку від 28.12.2012 р. № 806.

9. Усенко, О. А. Модели и методы оценки надежности программного обеспечения информационных систем [Текст] : учеб. пособие / О. А. Усенко. – Таганрог : ТТИ ЮФУ, 2008. – 40 с.

10. Овчинников, П. Ф. Высшая математика [Текст] : учеб. пособие / П. Ф. Овчинников, Б. М. Лисицын, В. М. Михайленко. – К. : Вища шк., 1989. – 679 с.

Стаття надійшла до редакції 31.05.2017 р.

УДК 004.051:004.056.5

М. А. Стрельбицкий

ФОРМИРОВАНИЕ МНОЖЕСТВА ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА СТАДИИ МОДЕРНИЗАЦИИ

В статье проведен анализ существующих подходов к оценке эффективности системы защиты информации. Получены функциональные зависимости закона распределения случайного вектора вершины множества допустимых значений показателя качества системы защиты информации с учетом условных вероятностей нарушения свойств информации.

К л ю ч е в ы е с л о в а : защита информации, множество угроз, информационно-телекоммуникационная система.

UDC 004.051:004.056.5

M. A. Strelbtskiy

FORMATION OF THE SET OF ACCEPTABLE VALUES OF THE INFORMATION SECURITY SYSTEM QUALITY INDICATOR AT THE STAGE OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEM MODERNIZATION

The article analyzes the existing approaches to evaluating the effectiveness of the information security system. The resulting functional dependencies allowed to form a distribution law of random vector of peak set acceptable values of the information security system quality indicator considering the conditional probabilities of information property breach.

K e y w o r d s : information security, set of threats, information and telecommunication system.

Стрельбіцький Михайло Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, докторант Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького.

УДК 535.016:531.76:681.78



О. М. Крюков



В. Г. Мудрик

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ МЕТАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА В КАНАЛІ СТВОЛА: ОБЛАДНАННЯ, МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТИ

У статті обґрунтовано параметри, викладено принципи побудови і склад експериментальної установки для дослідження засобу вимірювання швидкості руху метального елемента в каналі ствола. Розроблено методику проведення експерименту, наведено результати експериментальних досліджень з моделювання процесу пострілу та реєстрації і оброблення вимірюваної інформації.

К л ю ч о в і с л о в а: експериментальна установка, засіб вимірювання, швидкість руху метального елемента, лазерна доплерівська анемометрія, балістичні елементи пострілу, вогнепальна зброя, канал ствола.

Постановка проблеми. До балістичних елементів пострілу (БЕП) належать дані про зміну тиску $P(t)$ порохових газів та швидкості $V(t)$ метального елемента (МЕ) в функції часу його руху в каналі ствола (КС) від початку першого періоду пострілу до моменту виходу з дульного отвору [1, 2].

Визначення точних даних про БЕП є важливим при створенні новітніх зразків зброї, для поточного контролю технічного стану вогнепальної зброї, що знаходиться в експлуатації, та ін. [1, 2]. У статті [3] викладено результати установчого експерименту з дослідження працездатності подвійної диференційної схеми лазерної доплерівської анемометрії [4], а також запропоновано математичну модель засобу вимірювання (ЗВ) швидкості руху МЕ. Аналіз джерел похибок ЗВ швидкості руху МЕ проведений у праці [5].

Згаданий експеримент підтвердив наявність у спектрі змінної складової фотоструму стійкої гармоніки з частотою $F(t)$, що несе інформацію про швидкість $V(t)$ навіть за просторової неузгодженості променів на поверхні МЕ. Це дозволяє стверджувати, що є можливість використання створеної експериментальної установки для моделювання ЗВ швидкості руху. Таким чином, постає актуальне завдання з реалізації подальших експериментальних досліджень, спрямованих на детальне вивчення процесу функціонування ЗВ за високих швидкостей руху МЕ.

Мета статті – обґрунтування будови експериментальної установки для дослідження ЗВ швидкості руху МЕ в каналі ствола, а також розроблення методики експериментальних досліджень ЗВ за значень швидкостей, наближених до реальних умов пострілу.

Виклад основного матеріалу. Експериментальна установка складається з оптичної, механічної та електронної частин.

До оптичної частини експериментальної установки входять (див. рис. 1):

- джерело лазерного випромінювання Laser Pointer 1 (в експерименті використано джерела неперервного режиму роботи з потужністю випромінювання 100 мВт та діаметром променя 1 мм двох типів: із довжиною хвилі 532 та 650 нм);
- оптичний коліматор 2;
- оптичний відбивач 3, його розміри 15×15 мм;
- світлоділильна призма 4, її розміри 15×15 мм.

Для спрямування лазерних променів на поверхню МЕ використано систему дзеркал 5 (див. рис. 1).

До механічної частини експериментальної установки (МЧЕУ) (див. рис. 2) входять елементи, робота яких імітує рух МЕ в КС вогнепальної зброї. При цьому конструктивні параметри МЧЕУ максимально наближені до характеристик реальних зразків вогнепальної зброї. Крім того, при розробленні МЧЕУ враховані вимоги до безпеки проведення експерименту.

З аналізу характеристик сучасних видів вогнепальної зброї, що знаходяться на озброєнні Національної гвардії України (пістолети, автомати, гвинтівки виробництва КП "ФОРТ"), випливають такі вимоги до параметрів МЧЕУ:

- довжина КС – від 0,095 до 0,51 м;
- швидкість руху МЕ – більша за 100 м/с;
- тривалість руху МЕ в КС під час пострілу – 0,006–0,01 с;
- калібр – від 5,45 до 18,5 мм.

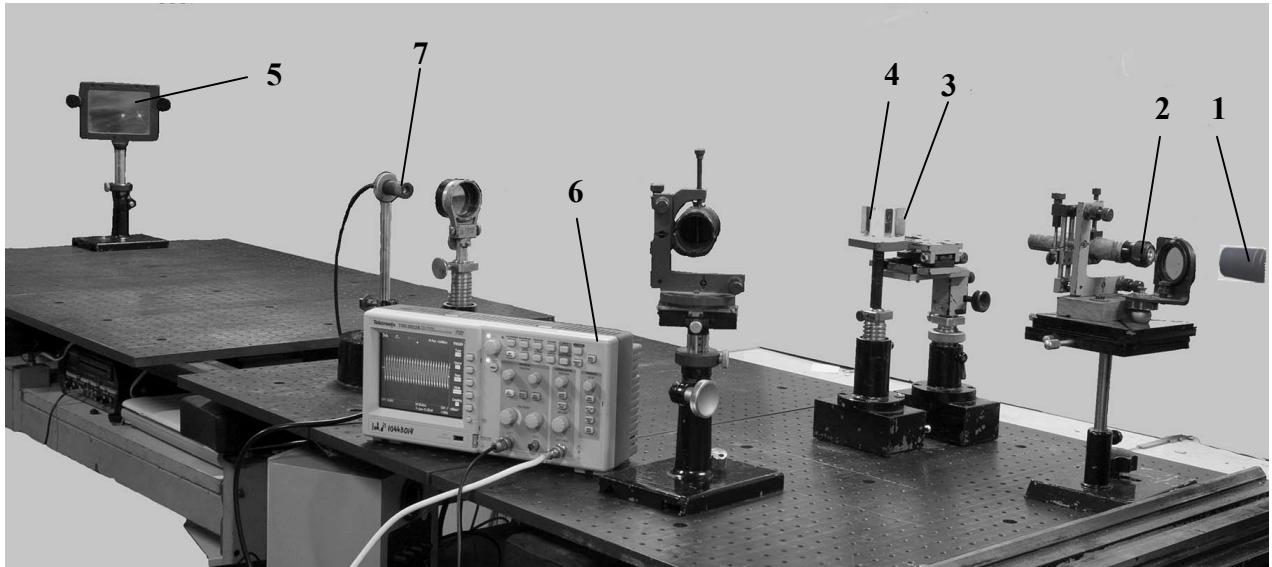


Рис. 1. Оптична частина, фотоприймач та цифровий осцилограф



Рис. 2. Механічна частина експериментальної установки

Отже, для відтворення характеру руху МЕ в КС вибрані такі конструктивні параметри елементів МЧЕУ, які дають можливість забезпечити високу швидкість поздовжнього руху МЕ за короткий проміжок часу, при цьому швидкість МЕ у міру його руху в КС поступово збільшується. Також конструкція МЧЕУ передбачає можливість варіювання середньої та максимальної швидкості руху МЕ. Для забезпечення вимог безпеки при проведенні експерименту рух МЕ при вильоті з дульного отвору обмежується механічно.

Для приведення МЕ в рух у МЧЕУ використано енергію стисненого повітря. В ході попередніх досліджень встановлено, що використання енергії пружини з високим коефіцієнтом пружності є недоцільним, оскільки при цьому значно ускладнюються як варіювання середньої швидкості руху МЕ (потрібна заміна пружини), так і процес повернення МЧЕУ у вихідний стан (потрібен потужний механізм стискання пружини). Застосування ж стисненого повітря дозволяє змінювати середню швидкість руху МЕ шляхом зміни тиску.

Як еквівалент ствола в МЧЕУ використано металеву трубку (поз. 1, рис. 2) із полірованою внутрішньою поверхнею (для забезпечення малого коефіцієнта тертя). Виходячи із вимог до параметрів МЧЕУ, вибрані такі параметри ствола: довжина 400 мм, діаметр КС 12 мм.

Ствол розташований на опорах, які призначені для його жорсткого кріплення до монолітної основи. На дульній частини ствол має накидну гайку (поз. 2, рис. 2) із наскрізним отвором (його діаметр 10 мм) та пружину, які призначені для збереження цілісності МЕ і запобігання його виходу з КС. З тильної (казенної) частини ствол має нарізь для приєднання до нього муфти разом з електромагнітним клапаном.

Як еквівалент МЕ в МЧЕУ використано легкий (із алюмінієвого сплаву) поршень. Діаметр МЕ менше діаметра КС на 0,15 мм, що дозволяє звести до мінімуму прорив стиснутого повітря між його боковою поверхнею та стінками КС.

Для забезпечення зручності при виконанні декількох “пострілів” із різною середньою швидкістю МЕ використано резервуар (балон) об’ємом 5 л (поз. 3, рис. 2), в якому знаходиться стиснуте повітря, що нагнітається компресором Coido 250 Psi (поз. 4, рис. 2). Компресор комплектується манометром і дає можливість створити тиск повітря до 1,5 МПа. Резервуар має систему відводів з вентилями (для сполучення з компресором, стволом та атмосферою).

Оскільки експеримент передбачає розвинення високої швидкості руху МЕ за короткий проміжок часу, для сполучення резервуара з каналом ствола застосовано високошвидкісний нормально закритий електромагнітний клапан фірми ODE (поз. 5, рис. 2), який забезпечує надходження потрібної кількості стиснутого повітря до МЕ. Клапан витримує максимальний тиск на вході 1,6 МПа та характеризується високою пропускною спроможністю (270 л/хв), яка забезпечується великою площиною тарілки клапана.

До електронної частини експериментальної установки входять цифровий осцилограф Tektronix TDS2022B (поз. 6, рис. 1), фотоприймач HAMAMATSU H6780-20 (поз. 7, рис. 1), характеристики якого наведені у джерелі [6], а також блок електроживлення та управління (рис. 3).

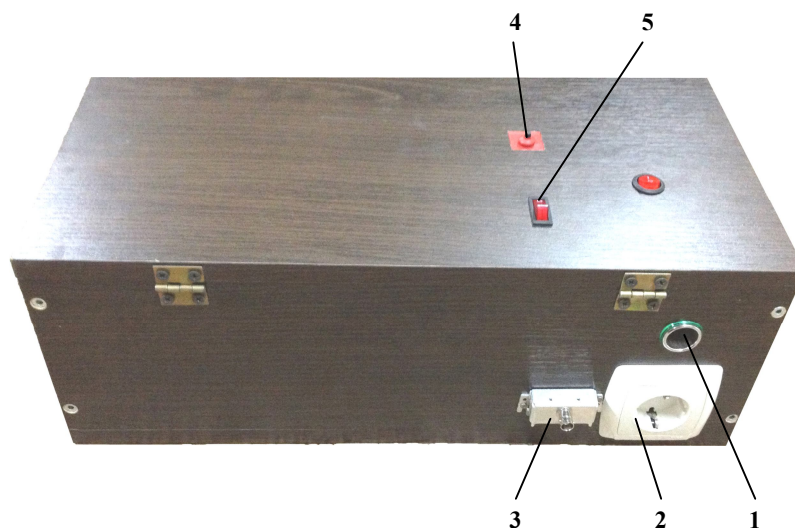


Рис. 3. Блок електроживлення та управління

Блок електроживлення та управління дозволяє дистанційно вмикати (вимикати) компресор, а також вмикати електромагнітний клапан синхронно із запуском розгортки цифрового осцилографа для початку реєстрації вимірювального сигналу. На блоці розташовані: рознімач (поз. 1, рис. 3) для живлення компресора; рознімач (поз. 2, рис. 3) для вмикання електромагнітного клапана; рознімач (поз. 3, рис. 3) для підключення входу розгортки цифрового осцилографа, а також вмикач електроспуску (поз. 4, рис. 3), який синхронно вмикає електромагнітний клапан та запускає розгортку осцилографа, і вмикач запуску компресора (поз. 5, рис. 3).

Схема зв'язків між елементами експериментальної установки наведена на рис. 4.



Рис. 4. Структурна схема експериментальної установки

На основі наведених принципів та вимог виконано монтаж експериментальної установки, перевірено її працездатність та безпечність.

Методика проведення експериментальних досліджень включає підготовку експериментальної установки до проведення вимірювань, проведення експерименту з отриманням вимірювальної інформації та оброблення експериментальних даних.

Підготовка до проведення вимірювань включає такі етапи налаштування оптичної і механічної частини експериментальної установки:

- відтворення бази оптичної схеми (відстань від зовнішньої грані світлоділильної призми до дульного зрізу КС);
- спрямування лазерних променів на поверхню МЕ та формування заданих кутів її зондування α та β ;
- створення заданого тиску в резервуарі;
- налаштування осцилографа відповідно до очікуваних параметрів вимірюваного сигналу;
- створення та перевірка електричних і механічних комутацій.

Проведення експерименту передбачає формування заданого закону руху МЕ в КС та реєстрацію вимірюваного сигналу.

При проведенні експерименту певні параметри елементів оптичної і механічної частин для кожного “пострілу” мають варіюватися. До змінюваних параметрів належать:

- частота лазерного випромінювання f ;
- кут спрямування лазерного променя α ;
- тиск P повітря в резервуарі.

У таблиці наведено схему варіювання змінюваних параметрів.

Варіювання вихідних даних при проведенні експерименту

Вихідні дані експериментальної установки	Номер вимірювання				
	1	2	3	4	5
Тиск, P	P_1	P_2			P_3
Частота лазерного випромінювання, f	f_1	f_2	f_1		f_1
Кут, α	α_1	α_1		α_2	α_1

Необхідність варіювання параметрів елементів оптичної і механічної частин пояснюється таким чином.

З одного боку, за різних значень тиску (P_1, P_2, P_3 , набори вихідних даних 1, 3, 5) формуються відмінні закони наростання швидкості руху МЕ, що може бути ідентифіковано за розбіжністю отриманих експериментально кривих швидкості.

З іншого боку, за незмінного значення тиску P_2 для різних значень частоти лазерного випромінювання f_1, f_2 та кутів α_1, α_2 (набори вихідних даних 2, 3, 4) змінюється реєстрований

доплерівський зсув частоти, водночас відповідних змін зазнає й коефіцієнт $\frac{2f}{c}(\cos \alpha - \cos \beta)$ [4],

який в даному випадку визначається за параметрами експериментальної установки і слугує для подальшого розрахунку миттєвих значень швидкості руху МЕ (тут c – швидкість поширення електромагнітних хвиль). Таким чином, за ступенем збігу трьох кривих швидкості, які визначаються на основі експериментальних даних для доплерівського зсуву частоти, можна говорити про адекватність математичної моделі ЗВ, отриманої у статті [4] теоретичним шляхом.

З метою обмеження впливу випадкових факторів кожне вимірювання швидкості руху МЕ у КС має виконуватись тричі для кожного набору вихідних даних [7, 8]. У разі виявлення значних відхилень одного результату від двох інших проводяться повторні вимірювання за таких самих вихідних даних.

Експеримент проводять таким чином.

Метальний елемент (поршень) знаходиться в крайньому задньому положенні. На МЕ спрямовані лазерні промені під кутами α та β . При вмиканні електроспуска відкривається електромагнітний клапан, при цьому МЕ рухається під дією сили тиску повітря. Одночасно з відкриванням електромагнітного клапана відбувається запуск процесу реєстрації вимірювального сигналу цифровим осцилографом. Після закінчення вимірювань МЕ повертається у вихідне положення.

Результатами даного етапу експерименту є зареєстровані виміряні сигнали у вигляді дискретних значень напруги фотоструму на виході фотоприймача. Кожний з цих сигналів відповідає заданій сукупності вихідних даних, що варіюються згідно з таблицею.

При обробленні експериментальних даних здійснюється перехід від масивів миттєвих значень напруги фотоструму безпосередньо до залежностей $V(t)$ швидкості руху МЕ від часу. Методика оброблення вимірюваної інформації містить такі етапи:

- імпорт даних для аналізу (відкривання файлів csv-формату, які створені цифровим осцилографом, у вибраному програмному математичному пакеті);
- попередня фільтрація (виключення впливу зовнішніх завад);
- виділення для подальшого оброблення часової області зі значущими даними (виключення даних, які не містять корисної інформації, тобто відповідають часу до початку руху МЕ і часу після досягнення МЕ дульного зрізу КС);
- вибір точки на осі часу та формування симетричного інтервалу відліків напруги в околі цієї точки;
- проведення спектрального аналізу вибраного фрагмента сигналу (виконання операції швидкого перетворення Фур’є [9]);

- визначення частоти домінуючої гармоніки фрагмента сигналу;
- приведення частот домінуючих гармонік фрагментів сигналу у відповідність до моментів часу;
- обчислення значень швидкостей руху МЕ відповідно до виразу $F(t) = \frac{2fV(t)}{c}(\cos\alpha - \cos\beta)$,

отриманого у статті [4], з урахуванням попередньо визначених параметрів елементів експериментальної установки;

- візуалізація отриманої вимірної інформації (у вигляді таблиці або графічно).

Відповідно до запропонованої методики проведення експериментальних досліджень були виконані операції та отримані результати.

Вихідні дані таблиці варіювалися таким чином: $P_1 = 600$ кПа; $P_2 = 1000$ кПа; $P_3 = 1400$ кПа; $f_1 = 0,564$ ПГц; $f_2 = 0,474$ ПГц; $\alpha_1 = 0,5^\circ$; $\alpha_2 = 1^\circ$, при цьому $\beta_1 = 1,5^\circ$.

Отримані експериментальні дані імпортувались до математичного пакета OriginPro та аналізувались відповідно до наведеного вище алгоритму.

На рис. 5 наведено приклад осцилограми напруги фотоструму після попередньої фільтрації, яка відповідає першому набору вихідних даних таблиці.

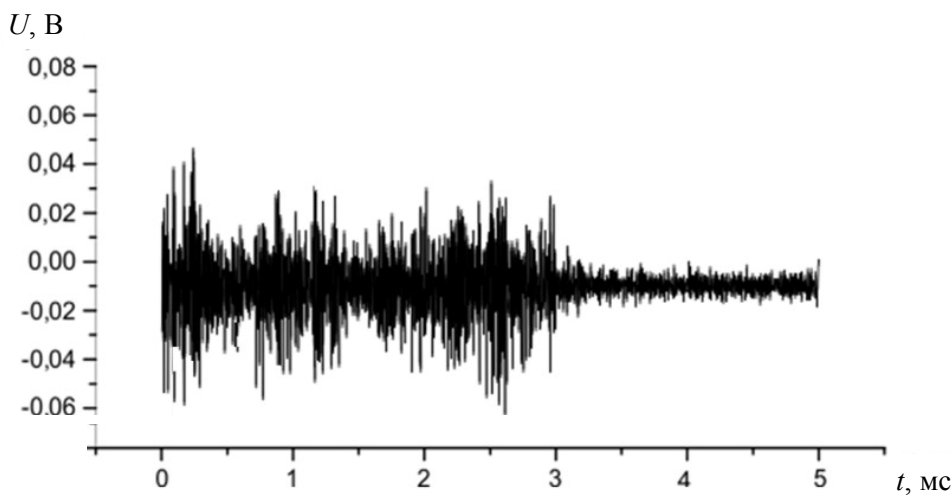


Рис. 5. Осцилограма напруги фотоструму для першого набору вихідних даних

На рис. 6 наведено приклад результату спектрального аналізу фрагмента сигналу (перший набір вихідних даних), який виконано за допомогою математичного пакета Origin Pro. Як видно з рис. 6, домінуюча гармоніка за рівнем значно перевищує завади та побічні гармоніки і добре ідентифікується, а її частота визначається в автоматичному режимі за допомогою вбудованої в пакет Origin Pro функції Quick Peak.

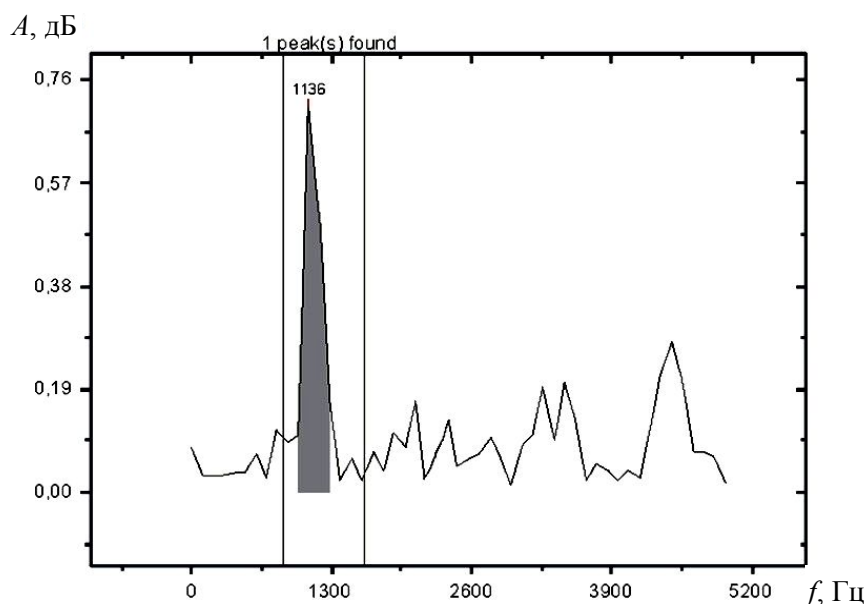


Рис. 6. Спектральна щільність фрагмента сигналу

За результатами визначення частот домінуючих гармонік фрагментів сигналів згідно з математичною моделлю, отриманою у статті [4], обчислені відповідні значення швидкостей руху МЕ. Отримані криві швидкості руху МЕ в функції часу для всіх наборів вихідних даних подано на рис. 7.

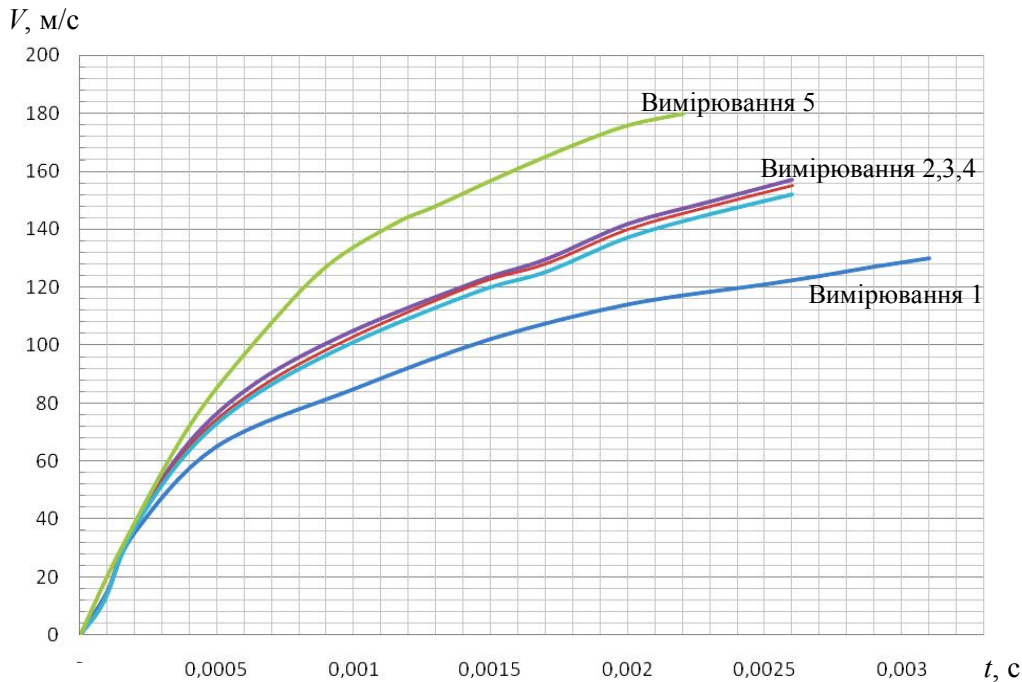


Рис. 7. Графіки залежності швидкості руху МЕ в КС від часу

Аналіз отриманих даних дозволяє дійти таких висновків:

- практично підтверджується наявність стійкого вимірюваного сигналу та можливість його реєстрації і оброблення в умовах проведення вимірювань, що є близькими до реальних;
- вигляд отриманих кривих відповідає очікуваному характеру наростання швидкості руху МЕ в КС експериментальної установки;
- наявність просторової неузгодженості лазерних променів на поверхні МЕ на окремих ділянках його руху не призводить до зменшення відношення “сигнал/завада” до рівнів, які ускладнюють ідентифікацію домінуючих гармонік доплерівського зсуву частоти;
- обсяг вимірюваної інформації є достатнім для оброблення сигналу та визначення залежностей швидкості руху МЕ в функції часу;
- збіг кривих для наборів вихідних даних 2, 3, 4, які отримані при однакових законах зміни швидкості руху МЕ, свідчить про адекватність математичної моделі, отриманої у статті [4] (деяка неістотна розбіжність кривих зумовлюється похибками визначення кутів α , β та відхиленням частоти f від паспортного значення).

Висновки

Побудовано експериментальну установку, яка дозволяє моделювати функціонування засобу вимірювання швидкості руху металюного елемента в каналі ствола. Розроблено методику проведення експериментальних досліджень, яка передбачає варіювання параметрів елементів оптичної і механічної частини установки під час проведення експерименту з метою перевірки адекватності математичної моделі засобу вимірювання.

Результати експериментальних досліджень підтверджують стійкість вимірюваного сигналу (зокрема на ділянках руху металюного елемента, де спостерігається просторова неузгодженість лазерних променів), можливість реєстрації і оброблення вимірюваної інформації, а також адекватність математичної моделі засобу вимірювання, отриманої теоретичним шляхом.

Список використаних джерел

1. Серебряков, М. Е. Внутренняя баллистика [Текст] / М. Е. Серебряков. – М. : Оборонгиз, 1949. – 469 с.
2. Голомбовский, А. К. Теория и расчет автоматического оружия [Текст] / А. К. Голомбовский. –

Пенза : ПВАИУ, 1973. – 492 с.

3. Вимірювання швидкості руху метального елемента в каналі ствола на основі оптичного диференціального доплерівського методу [Текст] / О. М. Крюков, Г. М. Доля, О. І. Біленко, В. Г. Мудрик // Метрологія та прилади. – 2013. – Вип. 4. – С. 56–60.

4. Крюков, А. М. Дифференциальная лазерная доплеровская анемометрия объектов со световозвращающей поверхностью [Текст] / А. М. Крюков, Г. Н. Доля, В. Г. Мудрик // Прикладная радиоэлектроника. – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 436–441.

5. Крюков, О. М. Оцінювання похибки лазерного доплерівського засобу вимірювання швидкості руху металевих елементів у каналах стволів вогнепальної зброї [Текст] / О. М. Крюков, В. Г. Мудрик, І. О. Чадаєв // Метрологія та прилади. – 2016. – Вип. 1. – С. 64–69.

6. H6780-20 Datasheet - Hamamatsu Corporation [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/62614/HAMAMATSU/H6780-20.html> (дата звернення: 08.01.2017). – Назва з екрана.

7. Основы научных исследований [Текст] : учеб. пособие для техн. вузов / В. И. Крутов, И. М. Грушко, В. В. Попов и др.; под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. – М. : Высш. шк., 1989. – 400 с.

8. Любченко, Е. А. Планирование и организация эксперимента [Текст] : учеб. пособие. Ч. 1 / Е. А. Любченко, О. А. Чуднова; под ред. Г. В. Орловской. – Владивосток : ТГЭУ, 2010. – 156 с.

9. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] / И. С. Гоноровский. – М. : Высш. шк., 1977. – 608 с.

Стаття надійшла до редакції 13.02.2017 р.

УДК 535.016:531.76:681.78

А. М. Крюков, В. Г. Мудрик

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЕМОГО ЭЛЕМЕНТА В КАНАЛЕ СТВОЛА: ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ

В статье обоснованы параметры, изложены принципы построения и состав экспериментальной установки для исследования средства измерения скорости движения метаемого элемента в канале ствола. Разработана методика проведения эксперимента, приведены результаты экспериментального моделирования процесса выстрела, регистрации и обработки измеряемой информации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: экспериментальная установка, средство измерения, скорость движения метаемого элемента, лазерная доплеровская анемометрия, баллистические элементы выстрела, огнестрельное оружие, канал ствола.

UDC 535.016:531.76:681.78

O. M. Kryukov, V. G. Mudrik

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE VELOCITY MEASURING INSTRUMENT OF THE THROWING ELEMENT IN THE BARREL: EQUIPMENT, METHODS, RESULTS

In this article we have grounded the parameters, set out principles and structure of the experimental unit in order to research the velocity measuring instrument of the throwing element in the barrel. The method of carrying out of experiment is developed, the results of simulation of the firing process are given, the registration and processing of measurement information is presented.

К е у w o r d s: experimental unit, measurement instrument, velocity of the throwing element, laser Doppler anemometry, ballistic firing elements, firearm, barrel.

Крюков Александр Михайлович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри озброєння та спеціальної техніки Національної академії Національної гвардії України.

Мудрик Вадим Геннадійович – кандидат технічних наук, викладач кафедри озброєння та стрільби Національної академії Національної гвардії України.

УДК 355.40.5



І. Ю. Бірюков

КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ НАЗЕМНИХ ЦІЛЕЙ

Пропонується аналіз зміни пріоритетів систем наземної розвідки для знаходження об'єктів озброєння та військової техніки відповідно до запропонованої класифікації технічних засобів розвідки наземних цілей.

К л ю ч о в і с л о в а: пошук, система керування вогнем, демаскуючі ознаки типових наземних цілей, постріл, класифікація.

Постановка проблеми. В даний час тенденції розвитку військової техніки взагалі і бронетехніки зокрема формуються, виходячи з функціонального призначення тих безупинно мінливих і нових завдань, заради виконання яких і створюється зразок бронетанкової техніки (БТТ) [1–3].

Враховуючи розвиток протитанкових засобів, відбулося зміщення пріоритетів у бік захищеності БТТ. Разом з тим за останні 40 років прилади спостереження, які встановлюються на об'єктах БТТ і за допомогою яких здійснюється виявлення цілей, цілевказання і прицілювання, практично не зазнали істотних, головне, якісних змін (оптико-електронні, інфрачервоні прилади нічного бачення, в тому числі телевізійні і тепловізори) [3].

Очевидно, це пов'язане з тим, що у таких приладах використовуються одні й ті ж фізичні принципи. Причому технічні можливості використання цих принципів обмежені можливостями самого оператора (його здатністю сприймати зорові об'єкти).

Численні експериментальні дослідження, проведені наприкінці минулого століття і сьогодні з визначення пошукових можливостей типових наземних цілей з танка, показали, що після 12–15 с пошуку, якщо ціль не виявлена, час її виявлення наближається до нескінченності. Тобто, якщо протягом цього часу ціль виявлена не буде, то її пошук припиняється. З іншого боку, навіть такий показник часу виявлення, як 12–15 с, вже як мінімум у 1,5 разу знижує бойову продуктивність танкового озброєння з механізмом заряджання через те, що бойова скорострільність ТГ Д-81 – один постріл за 7,5–9 с [4–8].

Тому стає очевидним, що в сучасних умовах для підвищення прихованості типових цілей БТТ необхідне використання всіх існуючих фізичних принципів виявлення відповідних демаскуючих факторів об'єктів БТТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз праць стосовно об'єктів БТТ вітчизняних та іноземних авторів В. А. Абчука, А. А. Бекетова, В. В. Буяльського, Ю. М. Вороніна, В. А. Горбунова, Ю. С. Ліфанова, Ю. К. Меньшакова, В. Г. Суздаля, Н. А. Кокоуліної, А. А. Шелупанова, Р. Вудса, Дж. Ту, Р. Фішера, Р. Уріха та ін. щодо існуючих фізичних принципів розпізнавання та знаходження наземних цілей технічними засобами розвідки підтверджує необхідність підвищення ефективності пошукових можливостей системи керування вогнем (СКВ) БТТ на сучасному рівні розвитку об'єктів озброєння і військової техніки (ООВТ).

З огляду і аналізу існуючих технічних засобів наземної розвідки і фізичних принципів, що їх реалізують, впливає головний висновок про те, що різні системи, прилади-пристрої і датчики наземної розвідки, які є на озброєнні армій іноземних країн та України, не дозволяють повною мірою, з одного боку, збільшити час команду, навіднику або оператору, необхідний для підготовки самого екіпажу та ОВВТ до бою, а з іншого боку – зменшити час на своєчасне виявлення, розпізнання та ідентифікацію наземної цілі противника (об'єкта БТТ) щодо прийняття рішення на її обслуговування [1, 2, 4–11].

Метою статті є подальше розроблення класифікації технічних засобів розвідки наземних цілей, яка як класифікаційні ознаки включатиме використання всіх фізичних принципів, що застосовуються

для виявлення демаскуючих ознак типових наземних цілей.

Виклад основного матеріалу. Проаналізовано фізичні поля наземних ООВТ, номенклатуру озброєння і співвідношення його характеристик з характеристиками засобів розвідки на основі демаскуючих ознак об'єктів БТТ.

Знаходження об'єкта БТТ є процесом функціонування засобів технічної розвідки, в результаті якого фіксуються технічні демаскуючі ознаки об'єкта та надається висновок про його наявність, характеристики і класифікацію. Тому фізичні поля ООВТ безпосередньо пов'язані з їх демаскуючими ознаками (рис. 1).

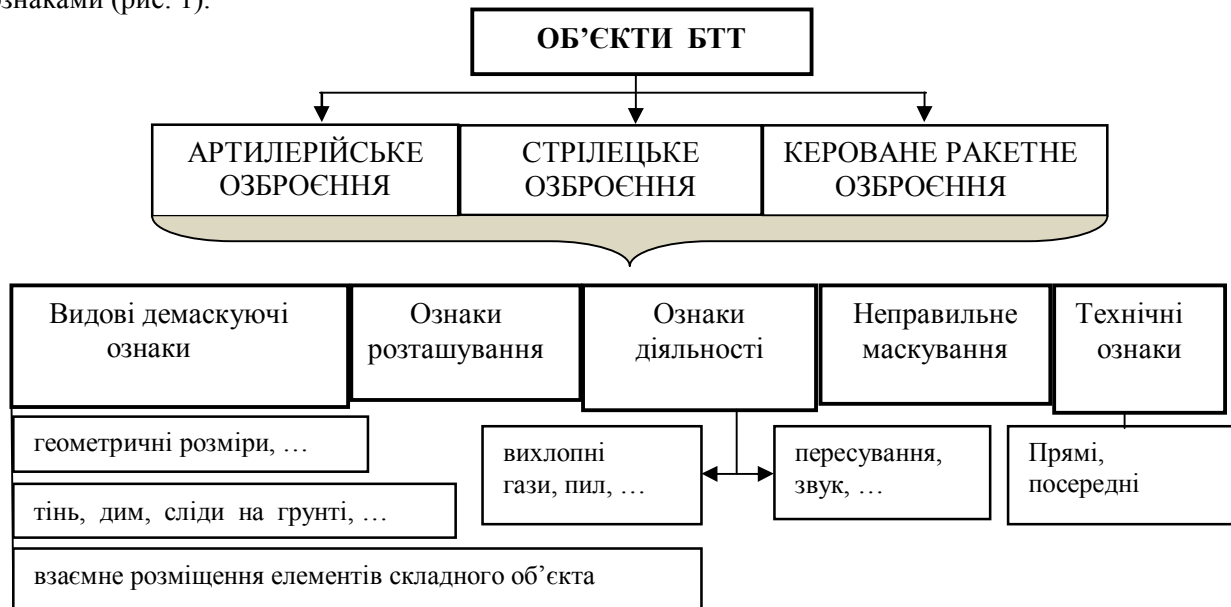


Рис. 1. Класифікація демаскуючих ознак об'єктів БТТ

Так, у видимому діапазоні хвиль видимість об'єктів визначається за яскравішим контрастом. При цьому додатковою інформацією є кольоровий контраст між об'єктом БТТ і фоном [12].

Контраст за яскравістю K між об'єктом і фоном виникає в результаті різної світлової відбивної здатності самого об'єкта і фону та визначається за формулою

$$K = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max}} = 1 - \frac{B_{\min}}{B_{\max}}, \quad (1)$$

де B_{\min} і B_{\max} – відповідно мінімальна і максимальна яскравість поверхні об'єкта і фону.

Під час маскуванню об'єкта БТТ необхідно вжити заходи для того, щоб яскравість об'єкта і фону були максимально близькі між собою. В такому випадку об'єкт буде малопомітним на фоні оточуючого середовища. При оцінюванні ефективності маскуванню об'єкта БТТ прийняті такі значення коефіцієнтів контраста K за яскравістю:

- $K \leq 0,2$ (20 %) – непомітний контраст;
- $K = 0,2-0,3$ – малопомітний контраст;
- $K = 0,3-0,6$ – помітний контраст;
- $K \geq 0,5$ – різко помітний контраст.

Яскравість поверхні об'єктів залежить від освітленості, погодних умов, орієнтації об'єкта відносно сонця та інших умов.

До демаскуючих ознак об'єктів у інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра належать власне випромінювання нагрітих тіл та відображене об'єктами (штучне) ІЧ-випромінювання [12].

Знаходження цілі можливе за рахунок різниці у тепловій випромінювальній здатності об'єкта і фону. Відомо, що кожний об'єкт при температурі, відмінній від абсолютного нуля, має електромагнітне випромінювання, яке називається тепловим. Випромінювання об'єктів залежить від їх температури та випромінювальної здатності, які можна характеризувати їх ефективною температурою. Власне теплове випромінювання нагрітих об'єктів пов'язане з поняттям абсолютно чорного тіла, яке поглинає всі випромінювання, що потрапляють на нього у всьому спектрі. Розподіл

інтенсивності випромінювання по спектру для абсолютно чорних тіл підпорядковується закону Планка

$$B_{\lambda}^0 = C_1 \lambda^{-5} \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1}, \quad (2)$$

де B_{λ}^0 – спектральна яскравість випромінювання при температурі T_0 ; λ – довжина хвилі; C_1, C_2 – коефіцієнти.

Максимальне значення спектральної яскравості випромінювання спостерігається на довжині хвилі λ_{\max} , що визначається за законом Віна

$$\lambda_{\max} = \frac{2896}{T}, \quad (3)$$

де T – абсолютна температура тіла у кельвінах.

Демаскуючі ознаки радіоелектронної апаратури пов'язані з випромінюванням електромагнітних хвиль радіодіапазону. Електромагнітні хвилі несуть інформацію про призначення та характеристики технічних засобів і систем. Головною характеристикою радіолокаційних об'єктів БТТ є відбивна здатність, від якої залежить дальність знаходження об'єкта радіолокаційною станцією (РЛС).

Відбивна здатність об'єкта залежить від довжини хвилі радіолокатора, спрямованого випромінювання, конфігурації і розмірів об'єкта БТТ, а також від матеріалу, з якого він виготовлений. Але зауважимо, що точний та строгий облік зазначених факторів практично неможливий.

Розрахункова величина для вимірювання відбивної здатності радіолокаційних об'єктів – це ефективна відбиваюча поверхня $S_{\text{еф}}$, яка лежить на сфері радіуса D , що дорівнює відстані до об'єкта, і створює в точці приймання таку ж густину потоку потужності відбитого сигналу P_0 , як і реальний об'єкт БТТ (рис. 2).

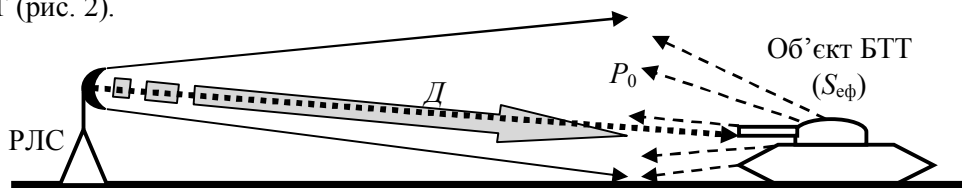


Рис. 2. Ефективність відбиваючої поверхні об'єкта БТТ

Демаскуючі ознаки, пов'язані з радіовипромінюванням, знаходяться за технічними характеристиками радіосигналів (частотними, часовими, енергетичними, спектральними, просторово-енергетичними, фазовими, поляризаційними).

Акустичні системи розвідки, що отримують інформацію шляхом приймання і аналізу акустичних сигналів інфразвукового, звукового, ультразвукового діапазонів, які поширюються у повітрі від об'єктів розвідки, почали застосовувати з середини минулого століття для оповіщення про повітряні цілі. Але з розвитком радіолокаційної техніки та створенням РЛС інтерес до акустичних систем розвідки повітряних цілей знизився.

Сьогодні одним із фізичних методів знаходження ООВТ є акустичний, який використовується не повною мірою [12].

Необхідно підкреслити, що головним у процесі функціонування озброєння БТТ є розвідка та пошук наземних цілей. З практики відомо, що процеси знаходження цілей з місця або з ходу суттєво різняться за витратами часу та істотно залежать від швидкості руху самого об'єкта БТТ [13].

Ймовірність виявлення цілі є однією з ключових величин у моделях функціонування об'єктів БТТ. Цьому завданню завжди приділялась велика увага, оскільки невиявлена цілі не може бути уражена бронетанковим озброєнням і створює величезну небезпеку для особового складу та ООВТ в цілому.

На перехід від однієї події до наступної витрачається певний час t , що представлено на рис. 3.

Проаналізувавши характеристики сучасних систем розвідки об'єктів БТТ, необхідно підкреслити, що оптико-електронні прицільні комплекси основних типів БТТ у більшості вичерпали свій ресурс, морально застаріли і не відповідають сучасним вимогам. Особливо це стосується нічних каналів

спостереження (тепловізорів) та прицілювання, квантових далекомірів, лазерних приладів керування вогнем та ін.

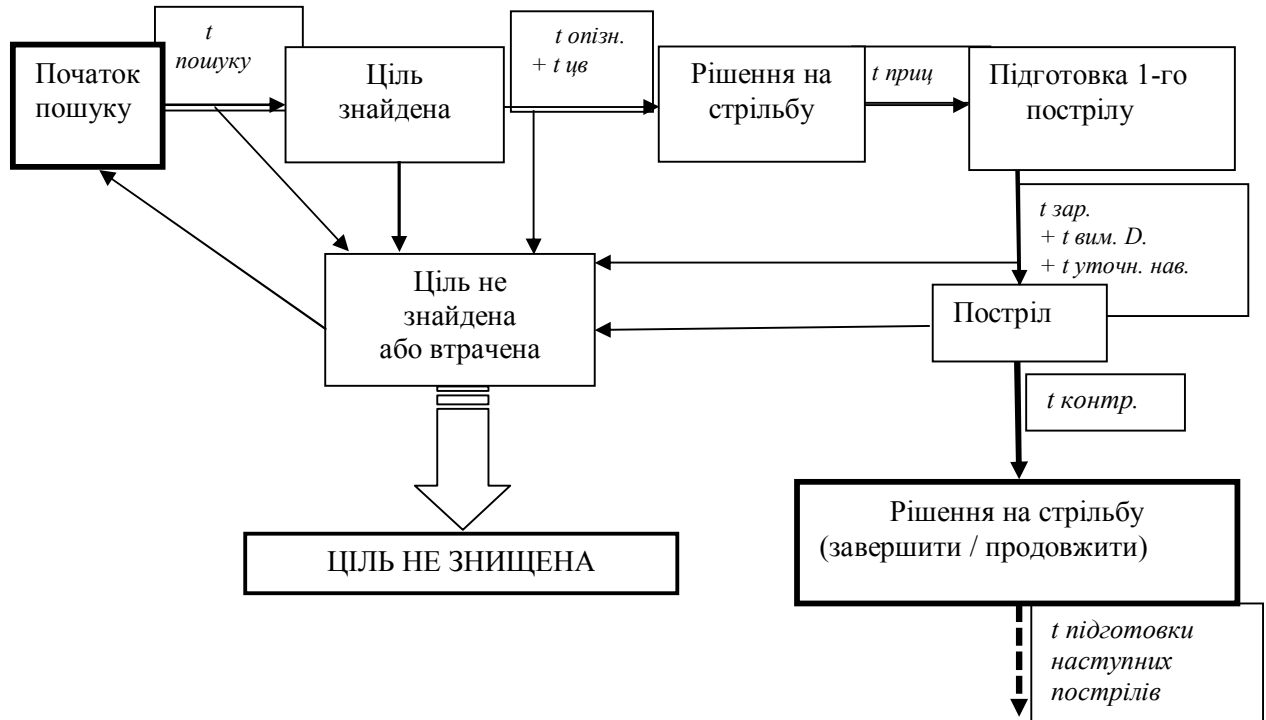


Рис. 3. Поопераційна послідовність під час стрільби із БТТ

Удосконалити комплекс приладів спостереження і виявлення типових наземних цілей можливо шляхом створення додаткової системи розвідки типових наземних цілей на основі використання контрастування цифрових зображень на місцевості, яка сканується, і акустичних збурень, що генеруються об'єктами БТТ [14].

Так, з використанням оптико-акустичної компоненти в системі розвідки наземних цілей з'являється безліч аспектів, пов'язаних зі створенням нових зразків БТТ зі зниженим шумовим полем, зі зменшенням інших демаскуючих ознак, насамперед, які приймають сигнали різних фізичних полів.

Існуючі РЛС, ІЧ системи розвідки отримують інформацію шляхом приймання та аналізу сигналів відповідних діапазонів, які передаються в повітряному середовищі від об'єктів. Кожен з цих процесів описується складною системою рівнянь, яка має обмежене число розв'язків за певних, як правило, ідеальних умов.

Саме тому оптимізація кожної з таких систем є проблемною задачею, а з урахуванням різних факторів, що впливають на процеси поширення збурень в повітряному середовищі, вона стає нерозв'язною.

Тоді слід говорити про систему, побудовану на основі раціонального синтезу, коли кожен з фізичних принципів, використаних у технічних засобах, фіксує свій діапазон довжин хвиль.

Необхідно підкреслити, що завдання оптимізації з урахуванням складнощів, пов'язаних з погодними умовами, рельєфом місцевості і різними фізичними принципами роботи різних типів систем розвідки, спрямоване на побудову оптимальної акустичної системи, не може бути не тільки вирішене, а і повноформатно обумовлене.

З урахуванням зазначеного, комплексна розвідка цілей об'єктами БТТ уявляється як синтез оптичних, акустичних, тепловізійних, радіолокаційних приладів, заснованих на інших фізичних принципах, кожен з яких виконує завдання виявлення цілі на певній дальності за конкретною демаскуючою ознакою в своєму полі шумів.

У результаті аналізу існуючих класифікацій різних засобів наземної розвідки, представлених розрізнено за окремими технічними напрямками [1, 4, 5, 6, 9, 10, 11], виникла необхідність розроблення загальної класифікації технічних засобів розвідки наземних цілей, яка показана на рис. 4.

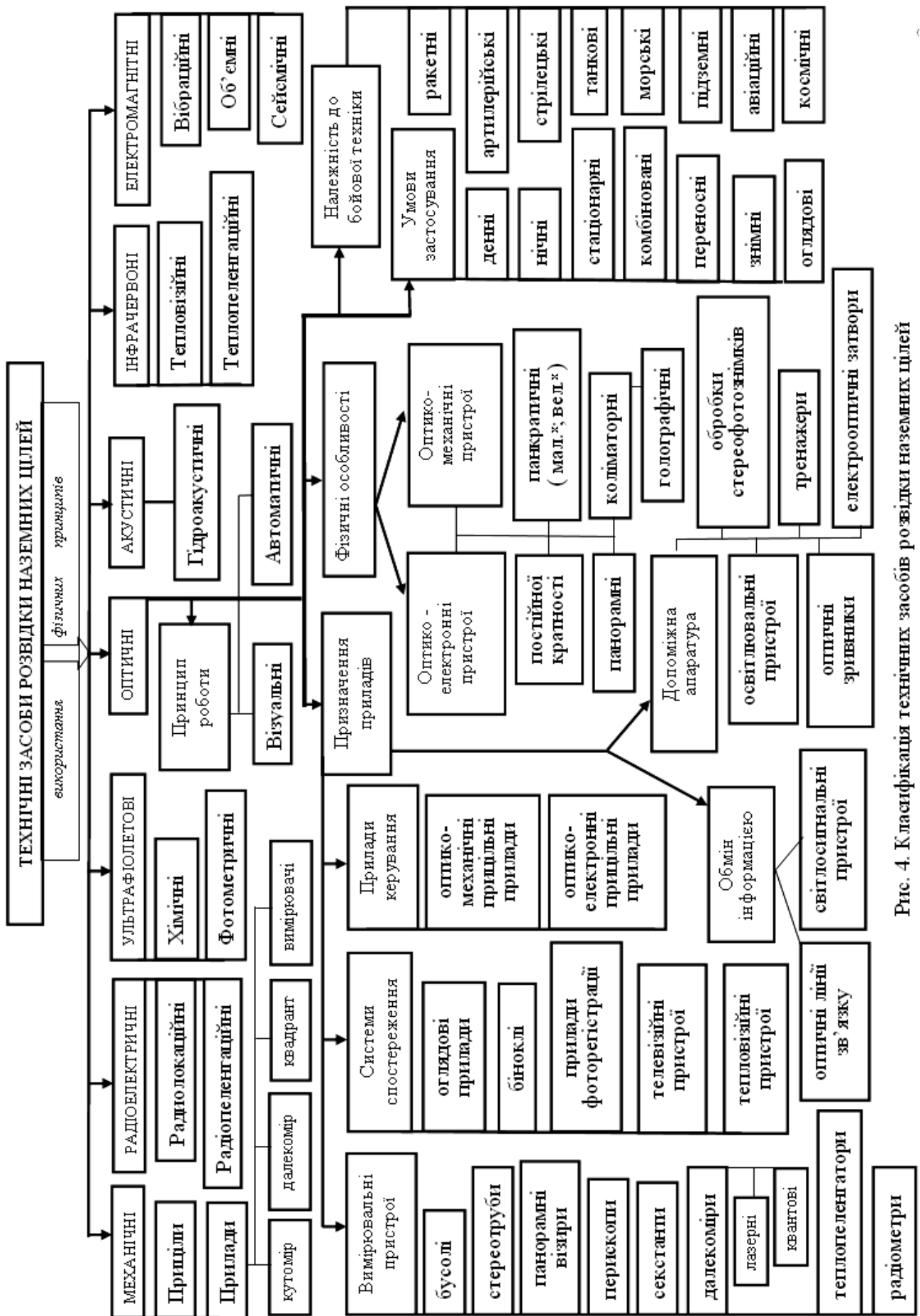


Рис. 4. Класифікація технічних засобів розвідки наземних цілей

Таким чином, головним пріоритетом розвитку засобів розвідки наземних цілей на сьогодні є об'єднання (комплексування) окремих каналів, груп датчиків у системі розвідки з подальшим об'єднанням з іншими засобами (ураження) та використання їх за допомогою автоматизованих засобів керування окремих підсистем "система систем" [14].

Висновки

Отримала подальший розвиток класифікація технічних засобів розвідки наземних цілей, в якій як класифікаційні ознаки використано фізичні принципи, що застосовуються для виявлення демаскуючих ознак типових наземних цілей. Дана класифікація розроблена з метою систематизації методів роботи технічних пристроїв, що їх характеризують, та фізичних принципів, що використовуються для знаходження типових наземних цілей і об'єктів БТТ.

Список використаних джерел

1. Абчук, В. Поиск объектов [Текст] / В. Абчук, В. Суздаль. – М. : Сов. радио, 1977. – 336 с.
2. Горбунов, В. А. Эффективность обнаружения целей [Текст] / В. А. Горбунов. – М. : Воениздат, 1979. – 160 с.
3. Бірюков, І. Ю. Аналіз пріоритетів систем наземної розвідки по виявленню об'єктів озброєння і військової техніки [Текст] / І. Ю. Бірюков, Ю. М. Бусяк, А. В. Шульга // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НА НГУ, 2015. – Вип. 2 (26). – С. 81–87.
4. Расчетно-теоретическая оценка поисковых возможностей танков и боевых машин пехоты [Текст] : науч.-техн. отчет НИР (обзор). – Предприятие А-7701. – 1983. – 142 с.
5. Методы обнаружения и распознавания объектов бронетанковой техники лазерными локационными системами [Текст] : отчет НИР / ЦНИИИ и ТЭИ ; рук. Н. А. Кокоулина. – М., 1988. – 65 с.
6. Физические основы методов и средства маскировки вооружения военной техники и военно-промышленных объектов от оптических средств иностранных технических разведок [Текст] : отчет НИР / ГОИ им С. И. Вавилова ; В. Буяльский, Ю. Воронин, Л. Евсиков, Б. Ермаков. – Л., 1989. – 128 с.
7. Борисюк, М. Модернізація танкового парку сухопутних військ – насущна задача в процесі реформування Збройних Сил України [Текст] / М. Борисюк, Ю. Бусяк, Л. Магерамов // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2005. – № 2. – С. 101–104.
8. Бусяк, Ю. От конкуренции – к интеграции: перспективные направления сотрудничества со странами НАТО в области бронетанковых и артиллерийских систем вооружения [Текст] / Ю. Бусяк, О. Анипко, В. Заозерский // Збірник наукових праць ХУПС. – Х. : ХУПС, 2006. – Вип. 2 (8). – С. 37–39.
9. Кондратьев, А. Е. Проблемные вопросы исследования новых сетцентрических концепций вооруженных сил ведущих зарубежных стран [Текст] / А. Е. Кондратьев // Военная мысль. – 2009. – № 9. – С. 61–74.
10. Суворов, С. Бронетанковая техника в современных войнах [Текст] / С. Суворов // Техника и вооружение. – 2006. – № 7. – С. 34–40.
11. Лифанов, Ю. Направления развития зарубежных средств наблюдения за полем боя [Текст] / Ю. Лифанов, В. Саблин, М. Салтан. – М. : Радиотехника, 2004. – 64 с.
12. Бірюков, І. Ю. Маскировочная окраска наземных объектов и методы их распознавания [Текст] / І. Ю. Бірюков // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2013. – № 2. – С. 101–109.
13. Анипко, О. Аналітична марковська модель функціонування комплексу озброєння танка [Текст] / О. Анипко, Ю. Бусяк, І. Бірюков // Системи озброєння і військова техніка. – 2012. – № 3. – С. 2–5.
14. Бірюков, І. Інтеграція додаткової оптико-акустичної системи розвідки в систему управління огнем танка [Текст] / І. Бірюков, С. Сиренко // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2015. – № 1. – С. 119–123.

Стаття надійшла до редакції 25.05.2017 р.

УДК 355.40.5

И. Ю. Бирюков

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РАЗВЕДКИ НАЗЕМНЫХ ЦЕЛЕЙ

Предлагается анализ изменения приоритетов систем наземной разведки для обнаружения объектов вооружения и военной техники в соответствии с предложенной классификацией технических средств разведки наземных целей.

К л ю ч е в ы е с л о в а: поиск, система управления огнем, демаскирующие признаки типовых наземных целей, выстрел, классификация.

UDC 355.40.5

I. Yu. Biriukov

CLASSIFICATION OF GROUND RECONNAISSANCE TECHNICAL MEANS

The analysis of changes in the priorities of ground reconnaissance systems for the detection of weapons and military equipment in accordance with the proposed classification of technical reconnaissance assets for ground targets.

К e y w o r d s: search, fire control system, unmasking signs of typical ground targets, shot, classification.

Бірюков Ігор Юрійович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри озброєння та спеціальної техніки Національної академії Національної гвардії України.

УДК 629.017



О. В. Літвінов

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОПОРУ РУХУ СПЕЦІАЛЬНОЇ КОЛІСНОЇ ТЕХНІКИ В ДОРОЖНІХ УМОВАХ

Розроблено метод визначення параметрів опору руху спеціальної колісної техніки та його складових: сумарного коефіцієнта дорожнього опору та коефіцієнта аеродинамічного опору, з використанням мікропроцесорного комплексу. Запропонований метод дозволяє визначати швидкість з високою точністю та довільно встановлювати датчики прискорення в площині дороги.

К л ю ч о в і с л о в а: коефіцієнт дорожнього опору, коефіцієнт аеродинамічного опору, мікропроцесорний комплекс, спеціальна колісна техніка.

Постановка проблеми. Визначення параметрів опору руху автомобіля та його складових є важливими завданнями теорії автомобіля [1, 2]. Досліджуючи властивості колісної техніки, доводиться зіставляти результати розрахунку і експерименту, для чого треба знати реальні величини опору коченню і опору повітря в кожному конкретному випадку [3]. На етапі випробувань також потрібно точно визначити показники динамічності для підтвердження заявлених тактико-технічних характеристик спеціальної колісної техніки. Таким чином, актуальним питанням є вдосконалення методів вимірювання параметрів опору руху, особливо їх варіантів, які не потребують складного або надмірно коштовного обладнання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Коефіцієнт аеродинамічного опору (або фактор обтічності) звичайно визначають в аеродинамічних трубах, а опір коченню – на стендах з біговими барабанами. Вказані методи потребують значної витрати коштів, при цьому вони лише імітують реальні умови руху. Реальні умови експлуатації моделюються при використанні методу вибігу [4, 5], який дозволяє визначити середні за довжиною вибігу автомобіля показники дорожнього і аеродинамічного опору. Метод одноразового вибігу складний та трудомісткий і потребує спеціального устаткування [4, 6]. Більш простим і доступним є метод дворазового вибігу [4, 6]. Але зазначені методи не дозволяють розділити опір коченню і опір аеродинамічної сили [2].

Автори праці [3] пропонують у режимі вибігу автомобіля на різних швидкостях оцінити уповільнення, а потім за раніше виведеними формулами знайти коефіцієнт опору повітря і коефіцієнт опору коченню:

$$C_x = \frac{2 \cdot \beta \cdot m \cdot (\dot{V}_1 - \dot{V}_2 \cdot K_V)}{F \cdot \rho \cdot (V_1^2 - V_2^2 \cdot K_V)}; \quad (1)$$

$$\psi = \frac{\beta \cdot (\dot{V}_2 \cdot V_1^2 - \dot{V}_1 \cdot V_2^2)}{g \cdot (V_1^2 - V_2^2 \cdot K_V)}, \quad (2)$$

де ρ – густина повітря; F – площа лобового перерізу автомобіля; m – маса автомобіля; β – коефіцієнт урахування обертових мас автомобіля; K_V – коефіцієнт урахування впливу швидкості на опір кочення; \dot{V}_i , V_i – прискорення та швидкість автомобіля у i -й момент часу.

Недолік вказаного методу – необхідність попереднього визначення коефіцієнта врахування впливу швидкості на опір кочення.

Отже, потрібні подальші дослідження.

Метою статті є розроблення методу визначення параметрів опору руху спеціальної колісної техніки та його складових з використанням мікропроцесорного комплексу. Для досягнення

поставленої мети необхідно визначити параметри дорожнього та аеродинамічного опору спеціальної колісної техніки.

Визначення дорожнього та аеродинамічного опору спеціальної колісної техніки. Для вирішення поставленої задачі доцільно використати метод парціальних прискорень [1]. Рівняння руху автомобіля має такий вигляд:

$$m \cdot \dot{V} = P_K - \sum P_{\text{оп}}, \quad (3)$$

де P_K – тягова сила; $\sum P_{\text{оп}}$ – сумарна сила опору руху.

$$\sum P_{\text{оп}} = m \cdot g \cdot \psi + k \cdot F \cdot V^2, \quad (4)$$

де g – прискорення вільного падіння; $\psi = f \pm i$ – сумарний коефіцієнт дорожнього опору; k – коефіцієнт опору повітря; f – коефіцієнт дорожнього опору; i – величина поздовжнього ухилу шляху.

У режимі руху накатом тягова сила дорівнює нулю і вираз (3) з урахуванням формули (4) набере такого вигляду [2]:

$$m \cdot \dot{V} = -(m \cdot g \cdot \psi + k \cdot F \cdot V^2). \quad (5)$$

За допомогою мікропроцесорного комплексу на основі акселерометрів можна визначити лінійні прискорення та швидкість автомобіля у моменти часу t_1 та t_2 з кроком Δt . У такому разі рівняння (5) для вимірювання параметрів буде розгорнуто у систему двох рівнянь [2]:

$$\begin{cases} \dot{V}_1 = -g \cdot \psi - \frac{k \cdot F}{m} \cdot V_1^2; \\ \dot{V}_2 = -g \cdot \psi - \frac{k \cdot F}{m} \cdot V_2^2. \end{cases} \quad (6)$$

$$\quad (7)$$

Спільне розв'язання рівнянь (6) і (7) дозволяє визначити параметри ψ та $k \cdot F$:

$$\psi = \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{\dot{V}_1 \cdot V_2^2 - \dot{V}_2 \cdot V_1^2}{V_1^2 - V_2^2} \right); \quad (8)$$

$$\frac{k \cdot F}{m} = \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_2}{V_2^2 - V_1^2}. \quad (9)$$

Коефіцієнт аеродинамічного опору автомобіля визначається з відомої залежності

$$C_x = \frac{2 \cdot k}{\rho}. \quad (10)$$

З урахуванням формули (9) вираз (10) подано у такому вигляді:

$$C_x = \frac{2}{\rho} \cdot \frac{m}{F} \cdot \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_2}{V_2^2 - V_1^2}. \quad (11)$$

На рисунку показана схема, що дозволяє визначити параметри опору руху, використовуючи лінійні прискорення та швидкість руху спеціальної колісної техніки.

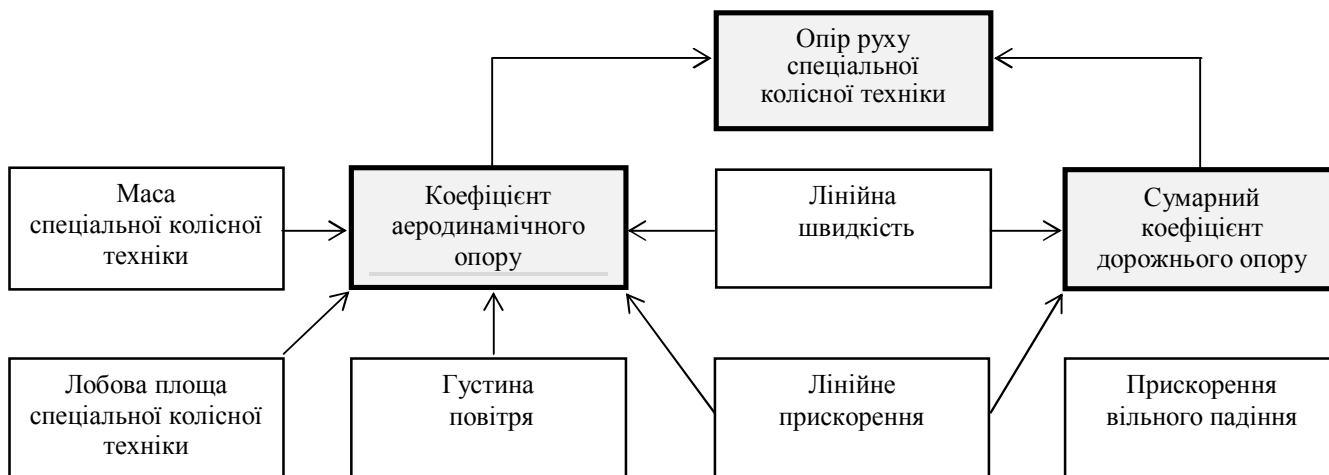


Схема визначення параметрів опору руху спеціальної колісної техніки в дорожніх умовах за допомогою мікропроцесорного комплексу

У випадку, коли швидкість руху неможливо визначити з потрібною точністю, її необхідно обчислювати через кутові величини та миттєвий радіус повороту, як показано у працях [7, 8], де запропонована схема для визначення кінематичних параметрів транспортних засобів при довільній установці датчиків у площині дороги, за якою можна визначити кутову швидкість, кутове прискорення та радіус повороту:

$$\varepsilon = \frac{(\dot{V}_A^X - \dot{V}_B^X) \cdot (Y_B - Y_A) + X_{AB} \cdot (\dot{V}_A^Y - \dot{V}_B^Y)}{(Y_B - Y_A)^2 + X_{AB}^2}, \quad (12)$$

$$\omega = \operatorname{sgn} \sqrt{\frac{(\dot{V}_A^Y - \dot{V}_B^Y) \cdot (Y_B - Y_A) + X_{AB} \cdot (\dot{V}_A^X - \dot{V}_B^X)}{(Y_B - Y_A)^2 + X_{AB}^2}}; \quad (13)$$

$$R = \frac{\varepsilon \cdot \dot{V}_A + \omega^2 \cdot \dot{V}_B}{\varepsilon^2 + \omega^4} + 0,5 \cdot Y_{AB}, \quad (14)$$

де Y_A, Y_B – координати встановлення датчиків прискорення; X_{AB}, Y_{AB} – відстань між датчиками у поздовжній та бічній площинах відповідно.

Лінійну швидкість визначимо як добуток кутової швидкості та радіуса повороту транспортного засобу. Використовуючи рівняння (12–14), отримаємо

$$V = \omega \cdot \left[\frac{\varepsilon \cdot \dot{V}_A + \omega^2 \cdot \dot{V}_B}{\varepsilon^2 + \omega^4} + \frac{Y_{AB}}{2} \right]. \quad (15)$$

Отримані з мікропроцесорного комплексу дані у моменти часу t_1 і t_2 з кроком Δt дозволяють розгорнути вираз (15) у систему двох рівнянь:

$$\left\{ \begin{aligned} V_1 &= \omega_1 \cdot \left[\frac{\varepsilon_1 \cdot \dot{V}_{1A} + \omega_1^2 \cdot \dot{V}_{1B}}{\varepsilon_1^2 + \omega_1^4} + 0,5 \cdot Y_{AB} \right]; \\ V_2 &= \omega_2 \cdot \left[\frac{\varepsilon_2 \cdot \dot{V}_{2A} + \omega_2^2 \cdot \dot{V}_{2B}}{\varepsilon_2^2 + \omega_2^4} + 0,5 \cdot Y_{AB} \right]. \end{aligned} \right. \quad (16)$$

$$\left\{ \begin{aligned} V_1 &= \omega_1 \cdot \left[\frac{\varepsilon_1 \cdot \dot{V}_{1A} + \omega_1^2 \cdot \dot{V}_{1B}}{\varepsilon_1^2 + \omega_1^4} + 0,5 \cdot Y_{AB} \right]; \\ V_2 &= \omega_2 \cdot \left[\frac{\varepsilon_2 \cdot \dot{V}_{2A} + \omega_2^2 \cdot \dot{V}_{2B}}{\varepsilon_2^2 + \omega_2^4} + 0,5 \cdot Y_{AB} \right]. \end{aligned} \right. \quad (17)$$

Вираз (8) перетворимо на такий:

$$\psi = \frac{1}{g} \cdot \left[\frac{\dot{V}_1^X \cdot \omega_2^2 \cdot \left(\frac{\varepsilon_2 \cdot \dot{V}_{2A} + \omega_2^2 \cdot \dot{V}_{2B}}{\varepsilon_2^2 + \omega_2^4} + \frac{Y_{AB}}{2} \right) - \dot{V}_2^X \cdot \omega_1^2 \cdot \left(\frac{\varepsilon_1 \cdot \dot{V}_{1A} + \omega_1^2 \cdot \dot{V}_{1B}}{\varepsilon_1^2 + \omega_1^4} + \frac{Y_{AB}}{2} \right)}{\omega_1^2 \cdot \left(\frac{\varepsilon_1 \cdot \dot{V}_{1A} + \omega_1^2 \cdot \dot{V}_{1B}}{\varepsilon_1^2 + \omega_1^4} + \frac{Y_{AB}}{2} \right) - \omega_2^2 \cdot \left(\frac{\varepsilon_2 \cdot \dot{V}_{2A} + \omega_2^2 \cdot \dot{V}_{2B}}{\varepsilon_2^2 + \omega_2^4} + \frac{Y_{AB}}{2} \right)} \right]. \quad (18)$$

Коефіцієнт аеродинамічного опору визначимо за такою залежністю:

$$C_x = \frac{2}{\rho} \cdot \frac{m}{F} \cdot \frac{\dot{V}_1^X - \dot{V}_2^X}{\omega_2^2 \cdot \left(\frac{\varepsilon_2 \cdot \dot{V}_{2A} + \omega_2^2 \cdot \dot{V}_{2B}}{\varepsilon_2^2 + \omega_2^4} + \frac{Y_{AB}}{2} \right) - \omega_1^2 \cdot \left(\frac{\varepsilon_1 \cdot \dot{V}_{1A} + \omega_1^2 \cdot \dot{V}_{1B}}{\varepsilon_1^2 + \omega_1^4} + \frac{Y_{AB}}{2} \right)}. \quad (19)$$

Вирази (18) та (19) є основою вдосконаленого методу вимірювання параметрів опору руху, що не потребує складного або надмірно коштовного обладнання. Похибка вимірювання параметрів руху акселерометром мікропроцесорного комплексу не перевищує $\pm 3\%$.

Висновки

1. Розроблено метод визначення компонентів опору руху спеціальної колісної техніки та його складових: сумарного коефіцієнта дорожнього опору та коефіцієнта аеродинамічного опору, з використанням мікропроцесорного комплексу, в якому вимірювальною апаратурою є лише датчики лінійних прискорень.

2. Запропонований метод, на відміну від відомих, дозволяє визначати швидкість з високою точністю, довільно встановлювати датчики у площині дороги та не потребує складного або надмірно коштовного обладнання. Похибка вимірювання параметрів руху акселерометром мікропроцесорного комплексу не перевищує $\pm 3\%$.

Список використаних джерел

1. Метод парціальних прискорень и его приложения в динамике мобильных машин [Текст] / Н. П. Артемов, А. Т. Лебедев, М. А. Подригало и др. – Х. : Міськдрук, 2012. – 220 с.
2. Метод визначення сумарної сили опору руху автомобіля за допомогою датчиків лінійних прискорень [Текст] / М. А. Подригало, А. І. Коробко, Д. М. Клец, О. О. Назарько // Наукові нотатки Луцького національного технічного університету: міжвузівський зб. – Луцьк : ЛНТУ, 2010. – Вип. 78. – С. 432–434.
3. Рабинович, Э. Х. Расчет коэффициентов сопротивления движению автомобиля по пути выбега [Текст] / Э. Х. Рабинович, В. П. Волков, Е. А. Белогуров // Вестник ХНАДУ. – Х. : ХНАДУ, 2009. – № 44. – С. 30–35.
4. BOSH [Текст] : автомоб. справ. : пер. с англ. – М. : Изд-во АН СССР, 1945. – 144 с.
5. Янте, А. Механика движения автомобиля [Текст] / А. Янте. – М. : Гостехиздат, 1958. – 263 с.
6. Петрушов, В. А. Мощностной баланс автомобиля [Текст] / В. А. Петрушов, В. В. Москвин, А. Н. Евграфов. – М. : Машиностроение, 1984. – 160 с.
7. Метрологічне забезпечення динамічних випробувань шляхово-транспортних машин [Текст] / М. А. Подригало, А. І. Коробко, Д. М. Клец, В. І. Гацько // Тракторна енергетика в рослинництві : вісн. Харк. нац. техн. ун-ту сільського госп-ва ім. П. Василенка. – Х. : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2009. – Вип. 89. – С. 87–99.
8. Клец, Д. М. Метод определения параметров движения средств транспорта с помощью датчиков ускорений [Текст] / Д. М. Клец, Е. А. Дубинин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х. : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2014. – Вип. 151. – С. 373–378.

Стаття надійшла до редакції 29.05.2017 р.

УДК 629.017

А. В. Литвинов

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ СПЕЦИАЛЬНОЙ КОЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ В ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Разработан метод определения параметров движения специальной колесной техники и его составляющих – суммарного коэффициента дорожного сопротивления и коэффициента аэродинамического сопротивления с использованием микропроцессорного комплекса. Предложенный метод учитывает особенности изготовления и применения специальной колесной техники.

К л ю ч е в ы е с л о в а: коэффициент дорожного сопротивления, коэффициент аэродинамического сопротивления, микропроцессорный комплекс, специальная колесная техника.

UDC 629.017

O. V. Litvinov

THE METHOD OF DETERMINING OF THE OF RESISTANCE FORCE TO THE MOVEMENT OF WHEELED SPECIAL PURPOSE VEHICLES IN CERTAIN TERRAIN CONDITIONS

The methods of determining parameters of moving of wheeled special purpose vehicles and it's components – combined coefficient of road resistance and drag resistance force was invented with use of computerized complex. Offered method considers the aspects of manufacturing of the wheeled special purpose vehicles.

К e y w o r d s: coefficient of road resistance, coefficient drag resistance, computerized complex, special purpose vehicles.

Літвінов Олексій Володимирович – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України.

УДК 614.8



Г. В. Іванець



Б. Б. Поспелов



С. А. Горелишев

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ФОРМУВАНЬ ТА ПІДРОЗДІЛІВ СИЛОВИХ ВІДОМСТВ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

У статті запропоновано метод оцінювання потенційної технічної спроможності формувань та підрозділів силових відомств, у тому числі Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної гвардії України, до виконання завдань за призначенням, одержано розрахункові співвідношення.

Ключові слова: Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Національна гвардія України, потенційна спроможність, технічна досконалість, озброєння та техніка, тактико-технічні характеристики.

Постановка проблеми. На озброєнні формувань та підрозділів силових відомств (таких структур як Національна гвардія «НГ» України, Збройні Сили «ЗС» України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій «ДСНС»), Служба безпеки України та інші) знаходяться різноманітні зразки озброєння та техніки, наприклад у ДСНС – пожежна, рятувальна, інженерна, спеціальна техніка, техніка радіаційно-хімічного та біологічного захисту, авіаційна техніка (літаки та гелікоптери), кораблі та катери різного призначення, у НГ України та ЗС України – озброєння, інженерна, спеціальна техніка, техніка радіаційно-хімічного та біологічного захисту, авіаційна техніка, морська техніка.

Введемо поняття “потенційна спроможність формувань та підрозділів силових відомств”, під яким будемо розуміти сукупність матеріальних і духовних факторів, що визначають їх стан та здатність до виконання завдань за призначенням.

Виходячи з цього визначення, потенційна спроможність певного формування (підрозділу) силових відомств залежить від багатьох факторів, зокрема від кількості особового складу, рівня його підготовки та морально-психологічного стану, наявності, кількості і стану необхідних озброєння та техніки, забезпеченості витратними матеріально-технічними засобами (наприклад, паливо-мастильними матеріалами, оснасткою, запасними інструментами та приладами і т. п.).

Аналіз соціально-політичної обстановки у країні, характеру і масштабів надзвичайних ситуацій (НС) останніх років [1–5] свідчить про різке підвищення впливу морально-психологічної складової та наявності озброєння і технічного оснащення формувань (підрозділів) силових відомств на ефективність виконання завдань (наприклад, робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій соціально-політичного або техногенного характеру), тобто потенційної спроможності до виконання завдань за призначенням.

Таким чином, урахування потенційної спроможності певного формування (підрозділу) силових відомств є визначальним фактором при оцінюванні їх спроможності до виконання завдань за призначенням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У загальному випадку потенційну спроможність можна розрахувати за такою формулою:

$$P = P_{\Phi} \times P_{T}, \quad (1)$$

де P_{Φ} – потенційна професійна спроможність підрозділу силових відомств виконати поставлені завдання; P_{T} – потенційна технічна спроможність підрозділу силових відомств до виконання завдань за призначенням.

Під потенційною технічною спроможністю підрозділу до виконання поставлених завдань будемо розуміти ступінь відповідності укомплектованості, технічної готовності, ресурсу, тактико-технічних характеристик (ТТХ) озброєння і техніки підрозділу складності завдань, що виконують.

Озброєння та технічна оснащеність складають основу потенційної технічної спроможності формувань та підрозділів силових відомств до виконання завдань за призначенням і є її визначальним фактором.

Величина потенційної технічної спроможності формувань та підрозділів силових відомств залежить від показників технічної досконалості зразків озброєння та техніки даного формування (підрозділу), а також від експлуатаційних показників цих зразків.

Під технічною досконалістю зразків озброєння та техніки (технічним рівнем зразків) розуміють відносну характеристику якості цих зразків, що заснована на співставленні значень показників, які характеризують технічну довершеність оцінюваних зразків, з відповідними значеннями показників базових зразків, прийнятих за еталон [6, 7].

Для характеристики та аналізу можливостей окремих зразків озброєння і техніки, тобто їх технічної досконалості, найбільш простим і доцільним є використання їх ТТХ. Визначення впливу цих характеристик на показники технічної досконалості зразків озброєння та техніки і їх порівняльний аналіз дозволить оцінити величину потенційної технічної спроможності кожного підрозділу силових відомств.

Проведений аналіз публікацій стосовно зазначеної проблеми [8–11] свідчить, що в більшості з них досліджуються моделі мобілізаційної готовності підрозділів силових відомств (зокрема ДСНС) до дій за призначенням. Але при цьому не враховується потенційна технічна спроможність підрозділів, яка визначається технічною досконалістю та експлуатаційними характеристиками озброєння та техніки цих підрозділів.

Мета статі полягає у розробленні методики оцінювання потенційної технічної спроможності формувань та підрозділів силових відомств до виконання завдань за призначенням.

Виклад основного матеріалу. Зразки озброєння та техніки, що є у формуваннях (підрозділах) силових відомств, характеризуються великою кількістю ТТХ, які і визначають кількісні показники їх технічної досконалості. У попередньому оцінюванні обмежуються незначною кількістю характеристик, що стосуються найважливіших властивостей зразка озброєння чи техніки, виходячи з їх найбільшого впливу на ефективність застосування за призначенням. З метою скорочення кількості ТТХ їх повний перелік розділяють на n груп, з яких для подальшого розгляду залишають z одиниць ($z = \overline{1, m}$), виходячи з властивостей та функціональних призначень складових частин зразка озброєння чи техніки, що найбільше впливають на ефективність застосування при виконанні покладених завдань. Для кожної z -ї ($z = \overline{1, m}$) групи визначається її важливість P_{zi} ($\sum_{z=1}^m P_{zi} = 1$). Важливість кожної групи ТТХ визначається експертним шляхом на підставі досвіду застосування зразків озброєння і техніки.

Наприклад, група ТТХ, яка характеризує маневрені можливості озброєння і техніки, включає запас ходу, швидкості пересування та розгортання у бойові положення, можливості з подолання перешкод, типи шасі, двигуна, пального та ін.

Крім цих груп ($z = \overline{1, m}$) показників, які характеризують технічну досконалість зразків озброєння чи техніки, необхідно додатково використовувати групу z_E експлуатаційних характеристик (укомплектованість, технічна готовність, запас ресурсу тощо).

Укомплектованість підрозділу силових відомств озброєнням і технікою характеризується коефіцієнтом укомплектованості, який визначається відношенням наявної кількості $N_{\text{НАЯВН}} = \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i}$ до штатної кількості $N_{\text{ШТГ}} = \sum_{i=1}^k N_{\text{ШТГ}_i}$ зразків озброєння та техніки усіх i -х типів ($i = \overline{1, k}$):

$$K_{\text{УК}} = N_{\text{НАЯВН}} / N_{\text{ШТ}} = \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i} / \sum_{i=1}^k N_{\text{ШТ}_i} \quad (2)$$

Технічна готовність підрозділу характеризується коефіцієнтом технічної готовності [6, 7], який визначається відношенням кількості технічно готових зразків озброєння та техніки усіх типів $N_{\text{ТГ}} = \sum_{i=1}^k N_{\text{ТГ}_i}$, де $N_{\text{ТГ}_i}$ – кількість технічно готових зразків i -го типу ($i = \overline{1, k}$), до наявної їх кількості

$$N_{\text{НАЯВН}} = \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i}.$$

$$K_{\text{ТГ}} = N_{\text{ТГ}} / N_{\text{НАЯВН}} = \sum_{i=1}^k N_{\text{ТГ}_i} / \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i}. \quad (3)$$

Виходячи з того, що момент застосування озброєння чи техніки є випадковим, кількість технічно готових зразків i -го типу в довільний момент часу обчислюється за формулою

$$N_{\text{ТГ}_i} = N_{\text{НАЯВН}_i} \cdot K_{\text{Г}_i} = N_{\text{НАЯВН}_i} \cdot \frac{T_{0i}}{T_{0i} + T_{bi}}, \quad (4)$$

де $K_{\text{Г}_i} = \frac{T_{0i}}{T_{0i} + T_{bi}}$ – коефіцієнт готовності зразка озброєння чи техніки i -го типу, який характеризується ймовірністю того, що зразок буде готовий до застосування в довільний момент часу при стаціонарному процесі експлуатації [6, 7];

T_{0i} – середній час напрацювання на відмову за результатами експлуатації зразка озброєння чи техніки i -го типу;

T_{bi} – середній час відновлення за результатами експлуатації зразка озброєння чи техніки i -го типу.

З урахуванням цього співвідношення вираз (3) матиме такий вигляд:

$$K_{\text{ТГ}} = \sum_{i=1}^k \left(N_{\text{НАЯВН}_i} \cdot \frac{T_{0i}}{T_{0i} + T_{bi}} \right) / \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i}. \quad (5)$$

Важливе значення має ресурс зразків озброєння та техніки, тобто напрацювання зразків від початку експлуатації або відновлення після середнього (капітального) ремонту до настання граничного стану, при досягненні якого експлуатація повинна бути зупинена незалежно від їх стану. Ресурс зразків озброєння та техніки характеризується коефіцієнтом запасу ресурсу [6, 7] зразків озброєння та техніки усіх типів, які є у підрозділі силового відомства:

$$K_{\text{РЕС}} = N_{\text{РЕС}} / N_{\text{НАЯВН}} = \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i} \cdot N_{\text{РЕС}_i} / \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i} \quad (6)$$

Ресурс зразків озброєння та техніки i -го типу обчислюється за такою формулою:

$$N_{\text{РЕС}_i} = \sum_{s=1}^6 K_{\text{РЕС}_{is}} = \sum_{s=1}^6 N_{is} R_{is} / N_{\text{НАЯВН}_i}, \quad (7)$$

де $K_{\text{РЕС}_{is}} = \sum_{s=1}^6 N_{is} R_{is} / N_{\text{НАЯВН}_i}$ – коефіцієнт запасу стосовно s -ї межі (R_{is}) ресурсу N_{is} зразків із наявних $N_{\text{НАЯВН}_i}$ зразків i -го типу.

Підставляючи вираз (7) у формулу (6), одержимо:

$$K_{\text{РЕС}} = \sum_{i=1}^k \left(N_{\text{НАЯВН}_i} \times \sum_{s=1}^6 N_{is} R_{is} / N_{\text{НАЯВН}_i} \right) / \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i}. \quad (8)$$

Коефіцієнт $K_{\text{РЕС}_{is}}$ обчислюється залежно від запасу ресурсу стосовно зразків озброєння та техніки i -го типу. При цьому значення коефіцієнта запасу ресурсу R_{is} ($s = \overline{1, 6}$) будь-якої групи зразків цього типу такі:

- 100 % – нові зразки озброєння та техніки, $R_{i1} = 1$;
- зразки, які мають ресурс 99,9–75 % від початкового ресурсу нового зразка (або зразка після середнього чи капітального ремонту), $R_{i2} = 0,875$;

- зразки, які мають ресурс 74,9–50 % від початкового ресурсу нового зразка (або зразка після середнього чи капітального ремонту), $R_{i3} = 0,625$;
- зразки, які мають ресурс 49,9–25 % від початкового ресурсу нового зразка (або зразка після середнього чи капітального ремонту), $R_{i4} = 0,375$;
- зразки, які мають ресурс 24,9–0,1 % від початкового ресурсу нового зразка (або зразка після середнього чи капітального ремонту), $R_{i5} = 0,125$;
- 0 % – усі зразки витратили встановлений для них ресурс, тому підлягають списанню, $R_{i6} = 0$.

Узагальнений експлуатаційний коефіцієнт K_E усіх зразків озброєння та техніки підрозділу силових відомств може бути обчислений за такою формулою:

$$K_E = K_{УК} \cdot K_{ТГ} \cdot K_{РЕС} \cdot \quad (9)$$

Підставляючи вирази (2), (5), (8) у формулу (9), одержимо:

$$K_E = \left(\sum_{i=1}^k N_{НАЯВН_i} / \sum_{i=1}^k N_{ШТ_i} \right) \times \left[\sum_{i=1}^k \left(N_{НАЯВН_i} \frac{T_{0_i}}{T_{0_i} + T_{b_i}} \right) / \sum_{i=1}^k N_{НАЯВН_i} \right] \times \left[\sum_{i=1}^k \left(N_{НАЯВН_i} \times \sum_{s=1}^6 N_{is} R_{is} / N_{НАЯВН_i} \right) / \sum_{i=1}^k N_{НАЯВН_i} \right] \cdot \quad (10)$$

Показник K_E характеризує, головним чином, ступінь фізичного зносу (старіння) зразків озброєння та техніки підрозділу силових відомств.

У кожній групі z ($z = \overline{1, m}$) повинні бути найбільш важливі ТТХ ($j = \overline{1, n}$) конкретного зразка озброєння чи техніки, які характеризують його властивості щодо застосування за призначенням більше ніж 80–90 %. Кількість цих ТТХ повинна бути по можливості мінімальною і визначати ефективність застосування даного зразка. Важливість M_{jzi} j -ї характеристики відносно вибраних ТТХ z -ї групи зразка озброєння чи техніки i -го типу визначається експертним шляхом на основі досвіду експлуатації та застосування, при цьому повинна виконуватися умова:

$$\sum_{j=1}^n M_{jzi} = 1. \quad (11)$$

Враховуючи, що кожний підрозділ силових відомств у загальному випадку може мати у своєму складі зразки озброєння та техніки різних, i -х типів, узагальнений коефіцієнт технічної досконалості K_{TD} зразків усіх типів озброєння та техніки певного підрозділу силових відомств обчислюється через коефіцієнти технічної досконалості K_{TD_i} зразків i -го типу за всіма z -ми групами характеристик та наявну кількість $N_{НАЯВН_i}$ зразків відповідного типу:

$$K_{TD} = \sum_{i=1}^k N_{НАЯВН_i} \times K_{TD_i} / \sum_{i=1}^k N_{НАЯВН_i}, \quad (12)$$

де $N_{НАЯВН_i}$ – наявна кількість зразків озброєння та техніки i -го типу у даному підрозділі силових відомств; K_{TD_i} – коефіцієнт технічної досконалості зразків озброєння та техніки i -го типу.

Коефіцієнт технічної досконалості K_{TD_i} характеризує ступінь відповідності основних ТТХ сучасним вимогам до технічного оснащення підрозділів силових відомств, тобто рівень морального старіння зразків озброєння та техніки даного підрозділу.

Коефіцієнт технічної досконалості [12] зразка озброєння чи техніки i -го типу за всіма z -ми групами ТТХ ($z = \overline{1, m}$) визначається за такою формулою:

$$K_{TD_i} = \sum_{z=1}^m K_{TD_{zi}} \cdot P_{zi} = \sum_{z=1}^m \left(\sum_{j=1}^n K_{TD_{jzi}} \cdot M_{jzi} \right) \cdot P_{zi} = \sum_{z=1}^m \left(\sum_{j=1}^n \frac{A_{jzi}}{A_{jzE}} \cdot M_{jzi} \right) \cdot P_{zi}, \quad (13)$$

де P_{zi} – коефіцієнт ваги z -ї групи з усіх m груп ТТХ ($z = \overline{1, m}$) зразка озброєння та техніки i -го типу, який визначається експертним шляхом, при цьому $\sum_{z=1}^m P_{zi} = 1$;

$K_{TD_{jzi}} = A_{jzi} / A_{jzE}$ – коефіцієнт технічного досконалості j -ї ТТХ ($j = \overline{1, n}$) із z -ї ($z = \overline{1, m}$) групи ТТХ зразка озброєння чи техніки i -го ($i = \overline{1, k}$) типу, який обчислюється через порівняння j -ї характеристики з тією чи іншою z -ї групи ТТХ певного зразка з відповідною характеристикою зразка, прийнятого за еталон E (наприклад, найкращого у світі);

A_{jzi} – числове значення j -ї ТТХ із z -ї групи ТТХ зразка озброєння та техніки i -го типу;

A_{jzE} – числове значення подібної j -ї ТТХ із z -ї групи ТТХ еталонного зразка техніки i -го типу;

M_{jzi} – коефіцієнт ваги j -ї ТТХ із z -ї групи ТТХ зразка техніки i -го типу, який визначається експертним шляхом, при цьому виконується формула (11).

Значення K_{TD_i} залежно від показників вибраного еталонного зразка техніки може бути менше одиниці (зразок техніки i -го типу за сукупністю основних ТТХ гірше еталонного) або більше одиниці (якщо навпаки).

З урахуванням виразу (13) співвідношення (12) для коефіцієнта технічної досконалості K_{TD} запишемо таким чином:

$$K_{TD} = \sum_{i=1}^k \left[N_{\text{НАЯВН}_i} \sum_{z=1}^m \left(\sum_{j=1}^n \frac{A_{jzi}}{A_{jzE}} \cdot M_{jzi} \right) P_{zi} \right] / \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i} \cdot \quad (14)$$

Потенційна технічна спроможність підрозділу силових відомств до ефективного виконання завдань за призначенням визначається через коефіцієнти K_{TD} і K_E так:

$$\Pi_T = K_{TD} \cdot K_E. \quad (15)$$

Підставляючи вирази (10) і (14) у формулу (15), одержимо співвідношення для оцінювання потенційної технічної спроможності підрозділу до ефективного виконання завдань за призначенням:

$$\Pi_T = \left[\sum_{i=1}^k \left(N_{\text{НАЯВН}_i} \sum_{z=1}^m \left(\sum_{j=1}^n \frac{A_{jzi}}{A_{jzE}} \times M_{jzi} \right) P_{zi} \right) / \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i} \right] \times \quad (16)$$

$$\times \left\{ \left(\sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i} / \sum_{i=1}^k N_{\text{ШП}_i} \right) \times \left(\sum_{i=1}^k \left(N_{\text{НАЯВН}_i} \frac{T_{0i}}{T_{0i} + T_{bi}} \right) / \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i} \right) \times \left(\sum_{i=1}^k \left(N_{\text{НАЯВН}_i} \sum_{s=1}^6 (N_{is} R_{is} / N_{\text{НАЯВН}_i}) \right) / \sum_{i=1}^k N_{\text{НАЯВН}_i} \right) \right\}.$$

Аналіз виразу (16) свідчить, що величина потенційної технічної спроможності формувань та підрозділів силових відомств визначається станом зразків озброєння та техніки, який залежить від показників їх технічної досконалості, а також від експлуатаційних показників цих зразків.

Висновки

Серед достатньо великої кількості факторів, що впливають на потенційну технічну спроможність формувань та підрозділів силових структур до виконання завдань за призначенням, покращення ТТХ наявного озброєння та техніки, тобто їх технічної досконалості, є одним із ефективних шляхів підвищення потенційної технічної спроможності підрозділів до виконання покладених на них завдань. Не менш важливою складовою потенційної технічної спроможності підрозділу, що суттєво впливає на її рівень, є підтримання відповідного рівня укомплектованості та належного технічного стану наявних зразків озброєння та техніки в процесі їх експлуатації.

Запропонований метод та одержані розрахункові співвідношення для оцінювання потенційної технічної спроможності формувань та підрозділів силових структур до виконання завдань за призначенням дозволяють проводити порівняльний аналіз підрозділів між собою з точки зору їх потенційних технічних можливостей.

Список використаних джерел

1. Іванець, Г. В. Аналіз стану техногенної, природної та соціальної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України на основі даних моніторингу [Текст] / Г. В. Іванець // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Х. : Харк. нац. ун-т Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2016. – Вип. 3 (48). – С. 142–145.
2. Тютюник, В. В. Методика оцінювання рівня техногенно-природно-соціальної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України [Текст] / В. В. Тютюник, Г. В. Іванець, С. А. Горєлишев // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НА НГУ, 2016. – Вип. 1 (27). – С. 30–37.
3. Іванець, Г. В. Оценка уровня техногенно-природно-социальной опасности регионов государства на основе метода векторно-статистического анализа с учетом площади их территории и количества населения [Текст] / Г. В. Іванець, С. А. Горєлишев // Власть и общество (история, теория, практика), Тбилиси, Грузия : Ассоциация открытой дипломатии. – 2016. – № 3 (39). – С. 162–174.
4. Іванець, Г. В. Прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру на основі статистичних даних моніторингу [Текст] / Г. В. Іванець, А. Ю. Бугайов // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х. : НУЦЗУ, 2016. – Вип. 23. – С. 39–45.
5. Іванець, Г. В. Алгоритм прогнозування надзвичайних ситуацій природного характеру в цілому, за видами та рівнями, можливих завданнях збитків внаслідок них [Текст] / Г. В. Іванець // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Х. : Харк. нац. ун-т Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2016. – Вип. 8 (145). – С. 175–179.
6. Викторова, В. С. Модели и методы расчета надежности технических систем [Текст] / В. С. Викторова, А. С. Степанянц. – М. : ЛЕНАНД, 2014. – 256 с.
7. Васілевський, О. М. Нормування показників надійності технічних засобів [Текст] : навч. посіб. / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 160 с.
8. Самарин, В. А. Модель готовности спасательных систем, использующих техническое оснащение для проведения аварийно-спасательных работ [Текст] / В. А. Самарин, Я. С. Сокол // Проблеми надзвичайних ситуацій : зб. наук. пр. – Х. : НУЦЗУ, 2015. – Вип. 21. – С. 76–82.
9. Самарин, В. О. Модель готовности рятувальної системи до дій за призначенням [Текст] / В. О. Самарин, І. М. Неклонський, Д. Л. Соколов // Проблеми надзвичайних ситуацій : зб. наук. пр. – Х. : НУЦЗУ, 2015. – Вип. 22. – С. 113–118.
10. Неклонський, І. М. Спектральний підхід до оцінювання готовності аварійно-рятувальних підрозділів до дій за призначенням [Текст] / І. М. Неклонський, В. О. Самарин, В. В. Харламов // Проблеми надзвичайних ситуацій : зб. наук. пр. – Х. : НУЦЗУ, 2016. – Вип. 23. – С. 113–119.
11. Методика структурно-функціонального синтеза інформаційно-аналітичної системи сил охорони правопорядка [Текст] / Д. С. Баулін, А. А. Побережний, С. О. Пивоваров, С. С. Горєлишев // Власть и общество (история, теория, практика), Тбилиси, Грузия : Ассоциация открытой дипломатии. – 2016. – № 3 (39). – С. 162–174.
12. Можаровський, В. М. Вплив озброєння та військової техніки на бойовий потенціал військових формувань [Текст] / В. М. Можаровський, П. І. Нор // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Х. : Харк. нац. ун-т Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2016. – Вип. 3(48). – С. 12–16.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2017 р.

УДК 614.8

Г. В. Иванец, Б. Б. Поспелов, С. А. Горельшев

**МЕТОД ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СПОСОБНОСТИ
ФОРМИРОВАНИЙ И ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СИЛОВЫХ ВЕДОМСТВ К ВЫПОЛНЕНИЮ
ЗАДАНИЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ**

В статье предложен метод оценки потенциальной технической способности формирований и подразделений силовых ведомств, в том числе Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям и Национальной гвардии Украины, к выполнению заданий по назначению, получены расчетные соотношения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: Государственная служба Украины по чрезвычайным ситуациям, Национальная гвардия Украины, потенциальная способность, техническое совершенство, вооружение и техника, тактико-технические характеристики.

UDC 614.8

H. V. Ivanets, B. B. Pospelov, S. A. Horelyshev

**METHOD OF ESTIMATION OF THE POTENTIAL TECHNICAL CAPABILITY
OF FORMATIONS AND UNITS OF SECURITY AGENCIES TO IMPLEMENTATION OF TASKS
FOR APPOINTMENT**

The article proposes method for estimation the potential technical capability of formations and units of the State Emergency Service and the National Guard of Ukraine to perform tasks for their appointment. The calculated relationships are obtained.

K e y w o r d s: The State Service for Emergency Situations, the National Guard of Ukraine, potential capability, armament and technology, tactical and technical characteristics.

Іванець Григорій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри піротехнічної та спеціальної підготовки Національного університету цивільного захисту України.

Поспелов Борис Борисович – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Національного університету цивільного захисту України.

Горельшев Станіслав Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності Національної академії Національної гвардії України.

УДК 629.3.017.5



М. В. Склярів

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ ДЛЯ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У сучасних автомобілях все більш активно використовують автоматичні та автоматизовані системи управління. Необхідно виконати аналіз сучасного стану успішного використання цих систем на вантажних автомобілях та автомобілях спеціального призначення.

К л ю ч о в і с л о в а: аналіз, управляючі системи, ефективність.

Постановка проблеми. Відомо, що в сучасному автомобілебудуванні активно використовують і вдосконалюють автоматичні і автоматизовані системи управління. Необхідність у таких системах виникла внаслідок розширення умов експлуатації автомобілів та обмежених фізичних і фізіологічних можливостей водіїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Характерно, що більшість розроблених систем управління призначені для використання в умовах швидкісного руху, переважно, легкових автомобілів на дорогах з досконалим покриттям.

Приблизний перелік автоматизованих систем керування рухом автомобіля наведений у таблиці. Особливості представлених систем більш детально викладені у праці [1].

Як правило, такі системи вступають в дію у разі виникнення критичної ситуації і у подальшому коректують параметри руху в реальному режимі часу [2, 3, 4].

Використовувані у військах колісні машини спеціального призначення здебільшого рухаються з різними швидкостями як на дорогах загального користування, так і на місцевості з природними та штучними перешкодами. Існує також необхідність руху в колоні при недостатньому освітленні. Можуть бути й інші умови руху, для яких істотне значення має надходження попередньої інформації про можливі перешкоди для руху. Зокрема це характерне для керування підвіскою, а також при гальмуванні.

Системи автоматизованого керування автомобілем

Призначення	Позначення
Керування трансмісією	DAC, DSC, ETS, Tiptronik, Multitronic, ATTS.
Рульове керування	ASC, ASC+T, TCP, TSC, AFS, ARS, ABC, DSA, DST, TSC, Servotronic.
Керування підвіскою	AAC, ADS, ADC, ARC, ASCS, DRC, EAS, EDC, CDC, PASM, Skyhook.
Парковка та противідкотні системи	APS, EPB, CV, HDC, EPS, ASR, ASD, TCS, EDS, ETS.
Керування гальмуванням	ABS, BAS, DBC, EBA, EBD, EBM, EBS, EBV, SBC.
Керування стійкістю	ASMS, ARP, DSA, DSC, ETS, SBC, VSC, VSA, EDR, ACC, VDM, VDC.

Виклад основного матеріалу. Справедливо вважається, що найкращу якість управління мають саморегульовальні системи на основі прогнозу майбутнього стану, виконані, наприклад, за схемою, наведеною на рис. 1.



Рис. 1. Типова схема саморегульовальної системи: 1 – вихідна інформація про стан середовища (попередня, поточна і наступна); 2 – оброблена інформація; 3 – управляюча інформація; 4, 5 – зворотні зв'язки

Такими є автомобільні автоматичні системи активної безпеки:

- слідкуючі, що підтримують параметри в установленому інтервалі;
- пошукові, що коригують стан об'єкта відносно зовнішнього середовища;
- комбіновані, що об'єднують зазначені функції;
- програмні, що здійснюють управління за алгоритмом; оптимальна функція таких систем спрямована на підтримання регульованого параметра у разі зміни нерегульованих.

Оскільки система управління складається з комплексу різних підсистем, необхідне використання елементів штучного інтелекту для перероблення складної інформації.

З технічної кібернетики відомо, що процесом управління є обмін інформацією між об'єктом управління і управляючим пристроєм, а також навколишнім середовищем.

Особливості нового покоління систем безпеки з прогнозуванням наступного стану розглянемо на прикладі системи випереджаючого екстреного гальмування (СВЕГ) – Advanced Emergency Braking System (AEBS) [5].

Основою цієї системи є електронно-пневматична гальмівна система (ЕПГС), показана на рис. 2, яка забезпечує максимальний рівень активної безпеки за рахунок виконання таких функцій, як електронне управління пневматичною частиною приводу, електронний розподіл гальмівних сил між осями, антиблокування, функції курсової стійкості, динамічної стійкості, адаптивного регулювання швидкості, протибуксування.

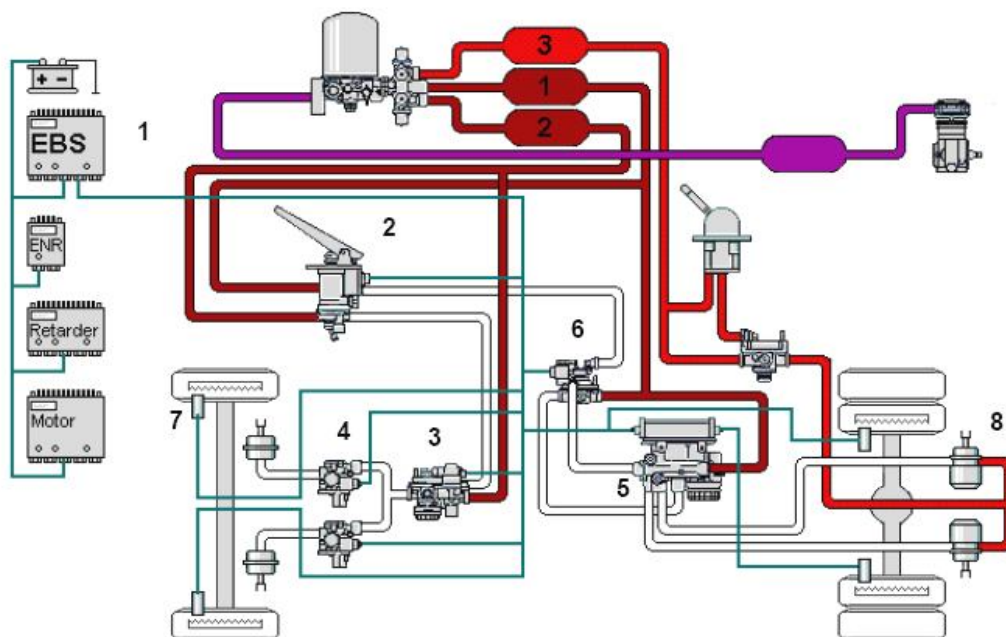


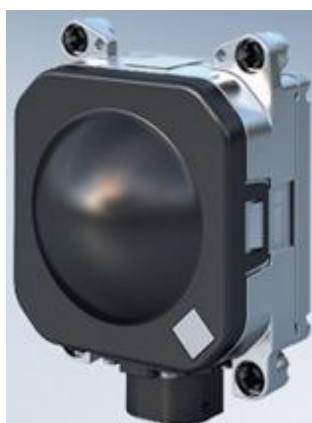
Рис. 2. Принципова схема електронно-пневматичної гальмівної системи фірми "WABCO-Wistengaus": 1 – регулятор – електронний блок управління; 2 – гальмівний кран; 3 – пропорційний прискорювальний клапан; 4 – модулятор антиблокувальної системи; 5 – осьовий модулятор; 6 – захисний клапан; 7 – датчик швидкості; 8 – енергоакумулятор



Рис. 3. Стереокамера системи СВЕГ фірми “Bosch”

Основними компонентами системи СВЕГ є: стереокамера (рис. 3), радар дальньої дії (рис. 4, *а*), радар ближньої дії (рис. 4, *б*) і блок управління, який обробляє інформацію з трьох датчиків і передає інформаційні сигнали водієві та управляючі сигнали блока управління ЕПГС.

Кольорова тепловізорна стереокамера має дві матриці (комплементарний метал-оксидний напівпровідник), які забезпечують роздільну здатність 1280×960 пікселів. Використовуючи систему лінз, камера записує горизонтальне поле зору 45° і забезпечує дальність 3D виміру більше ніж на 50 м.



а



б

Рис. 4. Радари системи СВЕГ фірми “Bosch”: *а* – дальньої дії; *б* – ближньої дії

Радар ближньої дії системи СВЕГ побудований і працює як радар дальньої дії, тільки настроєний на роботу до 80 м з кутом поля зору в горизонтальній площині 150°.

Датчики зображення дуже чутливі за технологією освітлення, можуть обробляти дуже великі контрасти і охоплюють діапазон довжини хвиль, в якому видно людину.

Радар дальньої дії (радіолокаційного типу) виявляє об'єкти і вимірює їх швидкість та положення відносно руху автомобіля, обладнаного таким радаром. Датчик використовує смугу частот 76–77 ГГц, яка затверджена для застосування в автомобілебудуванні в усьому світі. Конструкція його антени забезпечує дальність виявлення об'єктів до 250 м і поле зору до 30°. Поле зору радару може бути збільшене до 45° шляхом зміни діафрагми об'єктива.

Система випереджаючого екстреного гальмування працює таким чином.

Встановлені у передній частині автомобіля датчики (два радари і стереокамера) постійно відстежують об'єкти попереду автомобіля.

Радари забезпечують точне визначення відстані до об'єкта і швидкість зближення з ним, а камера, встановлена за лобовим склом, визначає габарити перешкоди, положення її відносно поздовжньої площини, а також природу об'єкта.

У разі, якщо швидкість вантажівки перевищує 14 км/год, система починає свою роботу. Якщо на шляху виявлено перешкоду і перевірка показала, що водій не реагує на неї, блок управління видає попереджувальний звуковий сигнал і посилає повідомлення на дисплей водія, інформуючи про високий ризик зіткнення. Якщо після цих підказок немає ніяких ознак, що водій відреагував на ситуацію, блок управління посилає ще раз звуковий і світловий сигнали водієві, знижує оберти двигуна, і робоча гальмівна система готується до екстреного гальмування. Якщо відсутня реакція водія, система переходить у фазу екстреного аварійного гальмування з використанням максимальної ефективності робочої гальмівної системи. Робота системи припиняється після повної зупинки вантажівки або за відсутності ймовірності зіткнення.

Аналіз систем автоматизації вантажних автомобілів свідчить про досягнення в цьому напрямку. Узагальнення інформації про такі досягнення дозволяє запропонувати структуру системи управління “автомобіль – середовище” (рис. 5) і сформулювати напрямки розвитку інформаційно-управляючих автомобільних систем.

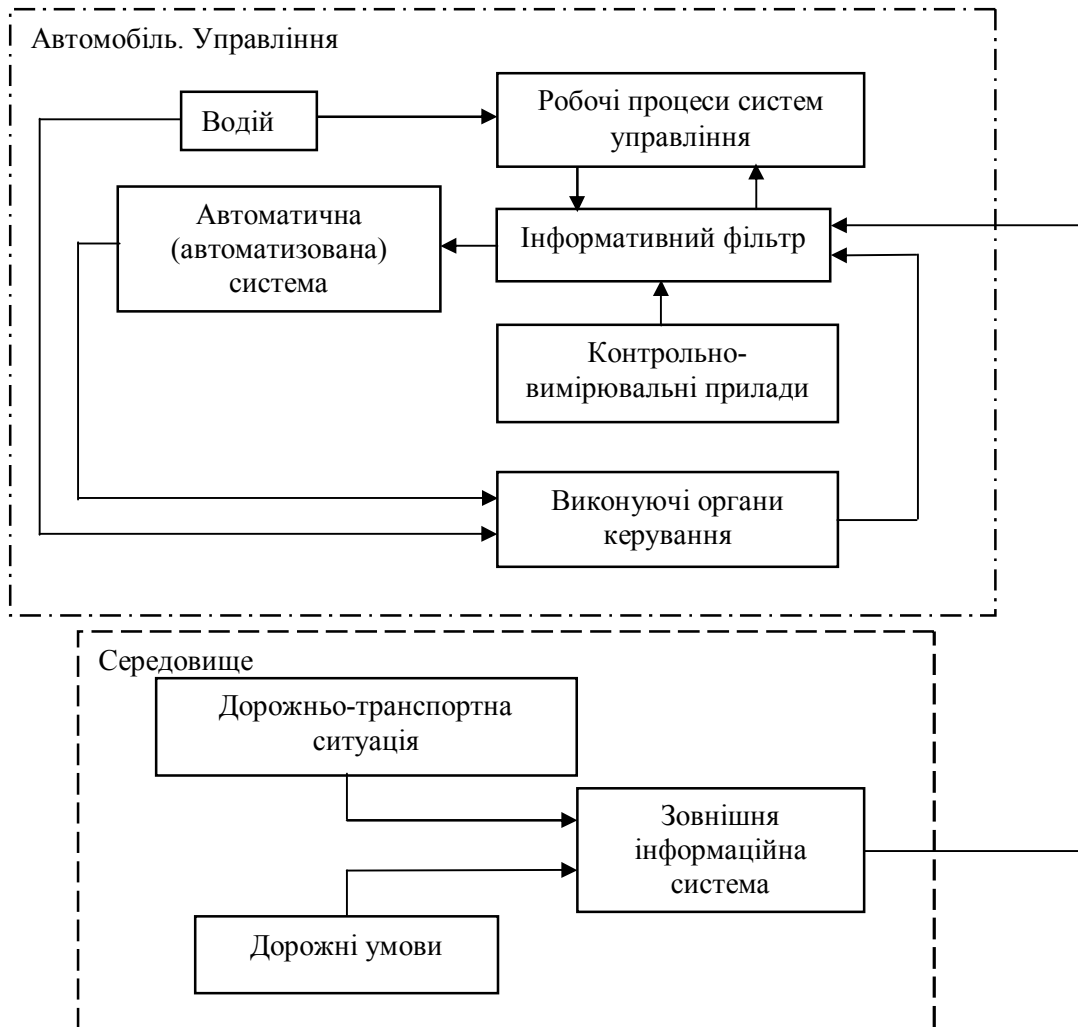


Рис. 5. Система управління “автомобіль–середовище”

Висновки

Викладений аналіз інформаційно-управляючих автомобільних систем підтверджує необхідність використання наукових підходів для з’ясування необхідних закономірностей.

Для подальших досліджень інформаційно-управляючих автомобільних систем необхідно:

- розробити вимоги до інформаційних систем управляючого впливу;
- створити поглиблену структуру інформаційно-управляючих систем;
- сформулювати наукові положення інформаційно-управляючих систем стосовно автомобілів

Національної гвардії України.

Список використаних джерел

1. Конструкція автомобіля [Текст]. Ч. 3. Системи управління / В. М. Склярів, В. П. Волков, Р. М. Кузнецов та ін. – Х. : ХНАДУ; Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – 319 с.

2. Гируцкий, О. И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля [Текст] / О. И. Гируцкий, Ю. К. Есеновский-Лашков, Д. Г. Поляк // М. : Транспорт, 2000. – 213 с.

3. Голобородько, О. О. Мехатронні системи автомобільного транспорту [Текст] : навч. посіб. / О. О. Голобородько, В. В. Редчиць, О. М. Коробочка. – Х. : ТОВ “Компанія СМІТ”, 2006. – 300 с.
4. Соснин, Д. А. Новейшие автомобильные электронные системы [Текст] / Д. А. Соснин, В. Ф. Яковлев. – М. : СОЛОН Пресс, 2005. – 240 с.
5. Системи випереджаючого екстреного гальмування [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm> (дата звернення : 10.04.2017). – Назва з екрана.

Стаття надійшла до редакції 01.03.2017 р.

УДК 629.3.017.5

Н. В. Склярів

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ МАШИН СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В современных автомобилях все более активно используют автоматические и автоматизированные системы управления. Необходимо выполнить анализ современного состояния успешного использования этих систем на грузовых автомобилях и автомобилях специального назначения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: анализ, управляющие системы, эффективность.

UDC 629.3.017.5

M. V. Sklyarov

ANALYSIS OF THE INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS FOR SPECIAL PURPOSE VEHICLES

On modern cars, automatic and automated control systems are increasingly being introduced. It is necessary to analyze the current state of the successful use of these systems in trucks and special purpose vehicles.

K e y w o r d s: analysis, control systems, efficiency.

Склярів Микола В'ячеславович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.

УДК 623.34



В. І. Мокрєєв



В. П. Греков



І. О. Радченко



О. М. Калита

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЛЬБИ ЗІ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ ПРИ ВЕДЕННІ ОДИНОЧНОГО ВОГНЮ

Наведено результати експериментального дослідження залежності параметрів розсіювання від часу виконання серії пострілів зі 7,62-мм снайперської гвинтівки Драгунова (СВД), надаються рекомендації з підготовки особового складу до ведення ефективної стрільби.

К л ю ч о в і с л о в а: влучність стрільби, розсіювання траєкторій, середнє відхилення у боковому напрямку та по висоті, середня точка влучення, ймовірність влучення та враження.

Постановка проблеми. Снайперській зброї належить значна роль у виконанні службово-бойових завдань підрозділами Національної гвардії України. Найбільш доцільне її використання при виконанні таких завдань, як боротьба зі злочинністю, особливо у містах, з мінімальним ризиком для оточуючих; виведення з ладу важливих технічних засобів (засобів зв'язку та спостереження, РЛС, літаків на аеродромах, двигунів легко броньованих транспортних засобів та ін.).

Ефективність стрільби характеризується ймовірністю влучення, а також дією кулі по цілі. Ймовірність влучення залежить від розсіювання куль (траєкторій) та точності стрільби. Розсіювання усунути неможливо, воно оцінюється параметрами, які зазначені в експлуатаційній документації на конкретний зразок зброї. Для снайперської гвинтівки Драгунова такими параметрами є середнє відхилення та серцевинна смуга [1].

Ефективність застосування стрілецької зброї суттєво залежить від дальності стрільби. На рис. 1 показана залежність радіуса r_{50} для снайперської гвинтівки СВД від відстані стрільби D . Параметр r_{50} – це радіус кола, в якому містяться 50 % найкращих влучень, його оцінюють за співвідношенням [2]

$$r_{50} = 1,76 \cdot \sqrt{B_v \cdot B_b}, \quad (1)$$

де B_v та B_b – відповідно середнє відхилення по висоті та у боковому напрямку.

Як видно з рис. 1, параметр розсіювання r_{50} змінюється практично за лінійним законом при дальності до 500 м. Далі відбувається його стрімке збільшення. Це можна пояснити тим, що при невеликих відстанях стрільби на розсіювання впливає, в основному, положення зброї у просторі, після 500 м починають впливати технічні фактори (розбіжність геометричних параметрів, вагових характеристик куль, сил опору та ін.). У всіх випадках влучення у ціль за великих параметрів розсіювання мало ймовірне.

Якщо по одній цілі виконати декілька пострілів, то можна отримати нуль, одне або декілька влучень. Якщо вогнева задача буде виконана при будь-якому числі влучень (навіть хоча б одному), то ймовірність ураження цілі оцінюється ймовірністю влучення хоча б один

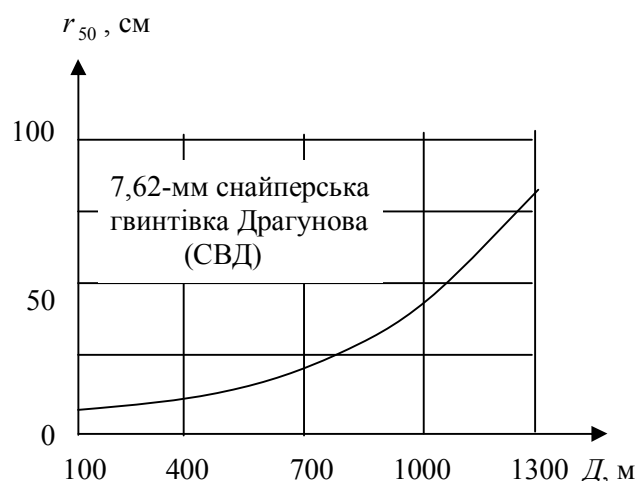


Рис. 1. Вплив дистанції стрільби на розсіювання куль

раз при тому чи іншому числі пострілів. При повторенні іспитів імовірність здійснення даної події хоча б один раз P_1 дорівнює [3]

$$P_1 = 1 - (1 - P)^n, \quad (2)$$

де P , P_1 – відповідно ймовірності влучення при одному пострілі та влучення хоча б один раз (імовірність ураження цілі не менше ніж однією кулею); n – число пострілів.

Аналізуючи співвідношення (2), можна дійти висновку, що зі збільшенням числа пострілів n по цілі за умови, що ймовірність влучення при кожному пострілі не змінюється, ймовірність ураження цілі буде збільшуватись. Наприклад, якщо $P=0,3$, то при проведенні трьох пострілів $P_1=0,66$. Цей параметр збільшиться майже у два рази.

Оскільки снайпер після проведення першого пострілу для противника є ціллю, яку він може вразити, то виникає практичне питання: наскільки снайпер може швидко виконати наступні постріли, і при цьому ймовірність влучення при одному пострілі не повинна суттєво погіршитись.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З самого початку появи стрілецької зброї питанням ефективності її використання приділялась постійна увага. Різні аспекти підвищення влучності стрільби зі стрілецької зброї розглядались у науково-технічній літературі.

Велика увага приділяється удосконаленню технології виробництва патронів та стрілецької зброї з метою підвищення ефективності стрільби [4, 5]. Широке використання нових конструкційних матеріалів у виробництві зброї вплинуло і на її властивості. Запатентовані вуглепластикові стволи [6] дозволяють виключити вплив їх нагріву на розсіювання.

Суттєво впливає на ефективність стрільби впровадження у стрілецьку практику таких елементів, як балістичний калькулятор, лазерний далекомір, датчики температури та щільності повітря.

Велике значення має контроль параметрів окремих деталей, які найбільше впливають на ефективність стрільби. Так, для СВД періодично контролюють зношуваність каналу ствола на його дульному зрізі [7].

Проте, як би не удосконалювали зброю, якість стрільби залежить від снайпера [8]. Саме його висока практична та теоретична підготовка, яка межує з мистецтвом, визначає ефективність використання стрілецької зброї. Тому удосконалення режимів стрільби є одним із напрямків ефективного застосування зброї.

Мета статті – оприлюднити результати експериментального дослідження залежності параметрів розсіювання серії пострілів зі снайперської гвинтівки Драгунова від часу їх проведення і оцінити вплив цього параметра на ймовірність ураження цілі. Дати рекомендації з підготовки особового складу до ведення такого режиму стрільби.

Виклад основного матеріалу. Мішень являла собою чистий білий аркуш паперу з чорним кругом, діаметр якого 30 мм, у центрі (рис. 2).

Точкою прицілювання був нижній край круга. Стрільба велась зі зброї з оптичним прицілом, лежачи, з упора. Серія включала чотири постріли, оскільки цієї кількості достатньо для визначення положення середньої точки влучення (СТВ), а також параметрів розсіювання з практично необхідною точністю (за аналогією з перевіркою бою та приведення до нормального бою снайперської гвинтівки СВД). Перед стрільбою зброю готували до стрільби згідно з вимогами її експлуатаційної документації.

Після проведення чотирьох пострілів методом послідовного ділення відрізків визначалось положення СТВ, через яку проводили горизонтальну та вертикальну вісі X , Y (рис. 3).

Відносно цієї системи координат визначались відхилення пробойн x , y , їх записували у таблицю. Як приклад розглянемо серію пострілів, виконану за $t = 3$ с (див. табл. 1).

Середнє арифметичне відхилення, наприклад, по висоті B_1^B визначалося за співвідношенням

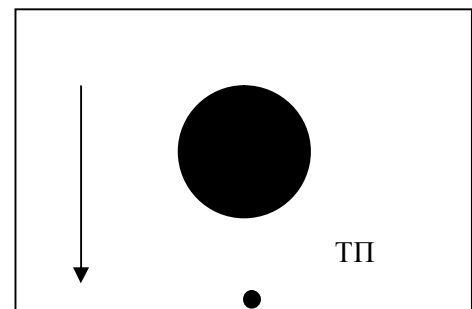


Рис. 2. Мішень

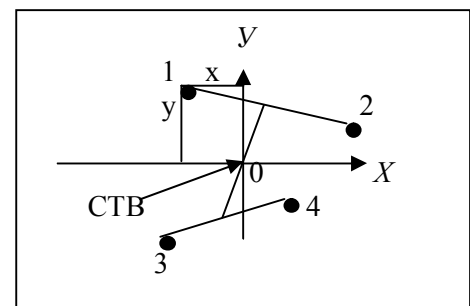


Рис. 3. Розрахункова схема

$$B_1^B = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n},$$

де $|y_i|$ – абсолютні значення відхилень по висоті; n – кількість відхилень.

Таблиця 1

Характеристики розсіювання

Номер пострілу	x , см	y , см	B_1^6 , см	B_1^B , см	B_6 , см	B_B , см
1	-0,8	1,5	2,72	3,37	2,3	2,85
2	4,9	5,4				
3	-4,7	-5,3				
4	0,5	-1,3				

Між середнім відхиленням B_B та середнім арифметичним існує залежність

$$B_B = 0,845 \cdot B_1^B.$$

Аналогічні розрахунки були проведені для визначення параметрів розсіювання у боковому напрямку.

Тривалість серії пострілів t_s визначалася за допомогою секундоміра з точністю до десятих секунди. У подальшому вважалося, що час між пострілами t у серії постійний і дорівнює

$$t = \frac{t_s}{n},$$

де n – число пострілів ($n = 4$).

Оскільки для відстані, на якій проводився експеримент, можна вважати $B_B \approx B_6 = B$, то параметр B визначається із співвідношення

$$B = \frac{B_B + B_6}{2}.$$

У табл. 2 представлені результати експерименту у вигляді залежності параметра B від часу проведення серії з чотирьох пострілів.

Таблиця 2

Результати експерименту

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
t , с	3.0	3.2	3.5	4.0	4.2	4.3	4.9	5.1	5.0	5.8	6.0	6.0	7.0	7.0	7.2	7.6	7.8	7.9
B , см	2,8	2,4	2,8	2,4	2,2	2,2	2,1	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0	2,4	2,2	2,1	1,8	2,1	2,3

Таблиця не є моделлю явища, що вивчається. Тільки математична функція (формула) є такою.

Представимо функцію $B = f(t)$, що задана таблицею, інтерполяційною функцією $B = \varphi(t)$, яка ідентична вихідній функції в області відомих аргументів. Для цього виберемо вид функції інтерполяції і визначимо її коефіцієнти та адекватність.

Експериментальна функція $B = f(t)$ є нелінійною за суттю явища та через присутність похибок. Згладимо неточності вихідних даних та підвищимо достовірність моделі шляхом апроксимації, тобто інтерполяцією, що наближена у вузлах. Задачу апроксимації розв'язуємо за допомогою вбудованої функції системи Mathcadgenfit, яка має такий вигляд:

$$\text{genfit}(vx, vy, vg, F),$$

де вектори значень аргументу та функції (табл. 3):

$$vx = (3.0 \ 3.2 \ 3.5 \ 4.0 \ 4.2 \ 4.3 \ 4.9 \ 5.1 \ 5.5 \ 5.8 \ 6.0 \ 6.5 \ 7.0 \ 7.1 \ 7.2 \ 7.6 \ 7.8 \ 7.9)^T;$$

$$vy = (2.8 \ 2.4 \ 2.8 \ 2.4 \ 2.6 \ 2.2 \ 2.1 \ 2.3 \ 2.2 \ 2.2 \ 2.1 \ 2.0 \ 2.4 \ 2.2 \ 2.1 \ 1.8 \ 2.1 \ 2.3)^T;$$

$$vg = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ – вектор початкових наближень для всіх невідомих;}$$

$$F(z, u) = \begin{pmatrix} e^{u_0} + z \cdot u_1 + u_2 \cdot z^2 \\ z \cdot e^{u_0} + z \cdot u_1 + u_2 \cdot z^2 \\ z^2 \cdot e^{u_0} + z \cdot u_1 + u_2 \cdot z^2 \end{pmatrix} - \text{вектор, утворений функцією, що апроксимує, і її}$$

частинними похідними за всіма невідомими параметрами.

$P = \text{genfit}(vx, vy, vg, F)$ – функція, що апроксимує, перша компонента вектора F .

$$P = \begin{pmatrix} 1,531 \\ -0,225 \\ 0,016 \end{pmatrix} - \text{коефіцієнти функції, що апроксимує.}$$

$\varphi(r) = g(t) = \exp(1,531 - 0,225vx + 0,016 vx^2)$ – функція апроксимації.

На рис. 4 наведені результати експерименту та функція апроксимації ($i = 0 \dots 18$ – кількість розрахункових точок; $r = 0, 0.1, \dots, 10$ – межі і крок змінення аргументу).

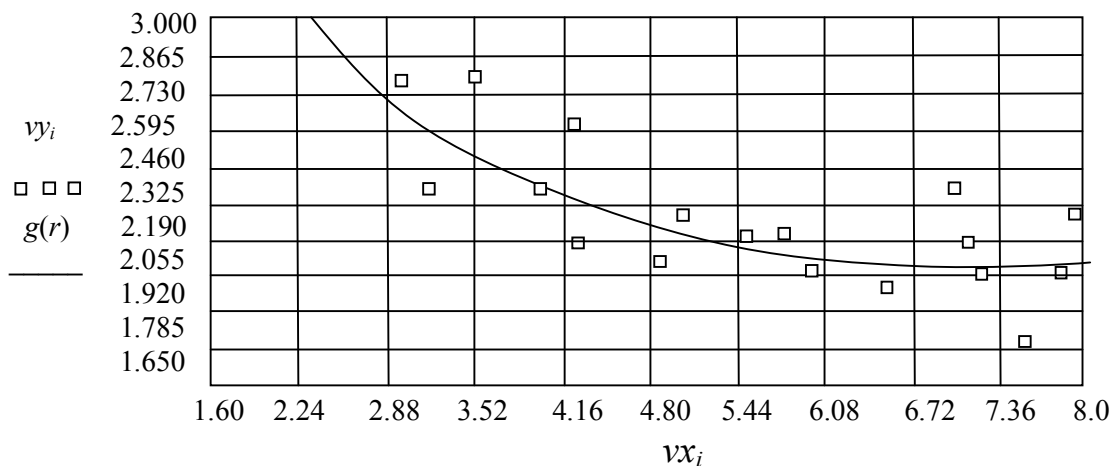


Рис. 4. Результати експерименту

Адекватність отриманого рішення визначається величиною похибки функції $\varphi(t)$. За критерій близькості беремо значення абсолютної $\varepsilon = 0,167$ та відносної $\delta = 9,265\%$ середньоквадратичних похибок, що обчислюються за такими формулами:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}};$$

$$\delta = \frac{\varepsilon \cdot 100\%}{y_{\min}},$$

де $\Delta_i = f(x_i) - \varphi(x_i)$ – різниця між вихідною функцією $f(x_i)$ і функцією апроксимації $\varphi(x_i)$; n – число аргументів функції $f(x_i)$; y_{\min} – мінімальне значення функції $f(x_i)$.

Рішення адекватне, якщо $\delta \leq \delta_{\text{доп}}$, де $\delta_{\text{доп}}$ – допустима похибка. Вважаємо $\delta_{\text{доп}} = 10\%$. Рішення адекватне.

Висновки

1. Значення часу, який витрачається на серію з чотирьох пострілів, починає впливати на середнє відхилення з п'яти секунд, тобто коли на один постріл припадає приблизно 1,25 с. Найменше значення величини цього параметра дорівнює 0,2 с, оскільки, як зазначено у публікації [4], після чергового пострілу тільки через цей проміжок часу стріляючий починає виконувати дії з відновлення положення зброї у просторі.

2. Якщо час проведення серії з чотирьох пострілів менше 5 с (рис. 4), то через погіршення умов прицілювання починає збільшуватись значення серединного відхилення, а це призводить до зменшення ймовірності влучення при поодиноких пострілах і ймовірності ураження цілі. Найменше значення часу одного пострілу можливо вважати рівним 0,7 – 0,8 с, що відповідає найменшому часу проведення серії з чотирьох пострілів 3 с. За таких параметрів, як показує експеримент, серединне відхилення збільшується на 18 %.

3. Якщо особа, яка стріляє, витрачає на проведення одного пострілу менше 1,25 с, то збільшення параметрів розсіювання призведе до зменшення ймовірності влучення і ураження поодинокією цілі. Наприклад, якщо здійснюється стрільба по квадрату зі стороною 6 см на відстані 100 м, то збільшення величини серединного відхилення [1] на 18 % призведе до зменшення ймовірності влучення на 16 %, а ймовірності ураження на 7,1 %. Розрахунки проводились з використанням таблиць [3], вважалось, що вісі розсіювання проходять через центр квадрата і серія складається з трьох пострілів.

4. У підготовці снайперів для стрільби серією пострілів необхідно враховувати фактори, які суттєво впливають на якість стрільби. Кількість пострілів у серії можливо обмежити трьома. У прикладі, який розглядався вище, чотири постріли, порівняно з серією із трьох, збільшують ймовірність ураження цілі всього на 5 %. Мінімальний час на один постріл при стрільбі на 100 м, як показали результати експерименту, при підготовці стрільців можливо обмежити до однієї секунди, що практично не впливатиме на ймовірність ураження цілі. Снайпер виконає серію з трьох пострілів за три секунди, малоімовірно, що за цей час він сам буде знищений. Для приклада, який розглянуто, ймовірність ураження цілі збільшиться на 63,4 % порівняно з одним пострілом, і набуде значення 0,962 (96,2 %). Таку стрільбу, як зазначено у публікації [3], можна вважати достатньо надійною.

Список використаних джерел

1. Наставление по стрелковому делу. 7,62-мм снайперская винтовка Драгунова (СВД) [Текст]. – М. : Воениздат, 1976. – 175 с.
2. Семиколонов, Н. П. Основы стрельбы из оружия стрелковых подразделений [Текст] / Н. П. Семиколонов, Ф. Г. Бондаренко, Н. Я. Краснер. – М. : Воениздат, 1958. – 266 с.
3. Шерешевский, М. С. Эффективность стрельбы из автоматического оружия [Текст] / М. С. Шерешевский, А. Н. Гонтарев, Ю. В. Минаев. – М. : ЦНИИ информации, 1979. – 328 с.
4. Голомбовский, А. К. Теория и расчет автоматического оружия [Текст] / А. К. Голомбовский. – Пенза : ПВАИУ, 1973. – 493 с.
5. Кириллов, В. М. Патроны стрелкового оружия [Текст] : учебник / В. М. Кириллов, В. М. Сабельников. – Пенза : ПВАУ, 1980. – 372 с.
6. Ермак, А. Углепластиковые стволы Роланда Кристенсена [Текст] / А. Ермак // Оружие. Охота. – 2002. – № 2. – С. 2–9.
7. Вилинов, Л. И. Основы устройства и эксплуатации стрелкового оружия и гранатометов [Текст] : метод. пособие / Л. И. Вилинов. – М. : Воениздат, 1978. – 192 с.
8. Потапов, А. Искусство снайпера [Текст] : метод. пособие / А. Потапов. – М. : Издательский дом ФАИР, 2009. – 192 с.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2017 р.

УДК 623.34

В. И. Мокреєв, В. Ф. Греков, И. А. Радченко, А. М. Калита

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРЕЛЬБЫ ИЗ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ ОДИНОЧНОГО ОГНЯ

Приведены результаты экспериментального исследования зависимости параметров рассеивания от времени выполнения серии выстрелов из 7,62-мм снайперской винтовки Драгунова (СВД), даны рекомендации по подготовке личного состава к ведению эффективной стрельбы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: меткость стрельбы, рассеивание траекторий, срединные отклонения в боковом направлении и по высоте, средняя точка попадания, вероятность попадания и поражения.

UDC 623.34

V. I. Mokreev, V. P. Grekov, I. O. Radchenko, O. M. Kalita

WAYS OF INCREASING THE FIRING EFFICIENCY OF AT THE CONDUCT OF INDIVIDUAL FIRE

Experementaly studied the dependence of dispersion parameters according to the teme of conducting the series of shots with the help of 7,62-mm sniper rifle by Dragunova (SRD), the recommendations are given for preparing the personal stuff for effective shooting from.

К е у в о р д: dispersion of trajectories, middle rejections in lateral direction and on height middle point of hit hprobability of hit and defeat.

Мокреєв Валерій Іванович – старший викладач кафедри озброєння та стрільби Національної академії Національної гвардії України.

Греков Володимир Пилипович – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник наукового центру Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Радченко Ігор Олександрович – кандидат військових наук, доцент, завідувач кафедри підготовки студентів за програмою підготовки офіцерів запасу Національної академії Національної гвардії України.

Калита Олександр Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, викладач кафедри підготовки студентів за програмою підготовки офіцерів запасу Національної академії Національної гвардії України.

УДК 658.052



О. О. Морозов

ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуті проблеми автоматизації управління системами технічного обслуговування і ремонту технічних систем. Показана доцільність створення автоматизованих систем управління такими системами, які повинні забезпечувати підтримання прийняття рішень з технічного обслуговування та ремонту технічних систем. Розглянуті принципи та зміст задач щодо створення автоматизованої системи управління.

К л ю ч о в і с л о в а: технічні системи, технічне обслуговування і ремонт, система технічного обслуговування і ремонту, автоматизація управління.

Постановка проблеми. Ефективне управління системами технічного обслуговування і ремонту (СТОР) набуває особливої важливості у зв'язку зі зростанням складності систем, які вони обслуговують. Складність обумовлюється жорсткою вертикальною ієрархією і великою кількістю елементів системи, як правило, розосереджених на кожному з рівнів. До таких систем можна віднести військові формування України, угруповання військ (сил), виробничі комплекси тощо, які оснащені значною за кількістю та складністю номенклатурою технічних систем (ТхС) (далі – організаційно-технічні системи «СОТС»). Технічні системи СОТС є об'єктами впливу системи технічного обслуговування і ремонту [1].

Одним із суттєвих чинників, що визначають ефективність функціонування СТОР, є рівень автоматизації функцій і задач управління нею. Для вирішення таких задач створюються автоматизовані системи управління (АСУ) з відповідними видами забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз стану автоматизації у галузі технічного обслуговування і ремонту (ТОР) технічних систем СОТС свідчить, що вона спрямована переважно на автоматизацію процесів технічного обслуговування і ремонту технічних систем на рівні підприємств з функціями обліку, контролю, аналізу та планування і практично не вирішує задачі автоматизації управління системами ТОР [2–7]. Поза увагою також залишається важлива проблема автоматизації підтримання прийняття рішень (ППР) [8–10]. Однак практика показує, що управління СТОР СОТС вимагає від АСУ, насамперед, автоматизації функцій і задач ППР щодо її управління [11, 12].

Очевидно, що рішення цієї проблеми неможливе без використання сучасних засобів інформаційних технологій.

Мета статті – визначення вимог до організаційної структури АСУ СТОР, моделі взаємодії її складових та алгоритму підтримання рішень.

Виклад основного матеріалу. Автоматизоване рішення задач ППР за допомогою ЕОМ крім традиційних методів автоматизації повинно передбачати активне використання математичних моделей, методів та алгоритмів формування управлінських рішень. При створенні таких систем важливими є схеми їх функціонування, склад, принципи та методи автоматизованого управління СТОР.

У побудові АСУ СТОР необхідно враховувати той факт, що ця система, з одного боку, є елементом системи управління, а з іншого – може бути не тільки засобом автоматизованого управління, а і засобом дослідження об'єкта управління з метою подальшої оптимізації та розвитку системи управління.

Функціональна модель. Система ТОР – це складна система, яка включає об’єкти ТОР, сили та засоби ТОР (далі – операційні засоби «ОЗ») та систему управління. До основних видів забезпечення, що входять до складу АСУ, належать інформаційне, програмне, технічне, організаційне та лінгвістичне забезпечення [13]. Очевидно, що основу спеціального математичного забезпечення (СМЗ) АСУ СТОР мають складати математичні моделі, методи та алгоритми формування управлінських рішень. Отже, як основні елементи системи автоматизованого управління СТОР необхідно розглядати ОЗ, об’єкти ТОР та засоби автоматизації. З огляду на бажані функції ППР з управління, із засобів автоматизації розглядатимемо СМЗ та програмне забезпечення (ПЗ) АСУ СТОР. Автоматизовану систему управління, яка призначається для моделювання і вирішення задач ППР, можна віднести до класу інформаційно-аналітичних систем із замкнутою схемою функціонування (рис. 1) [14].

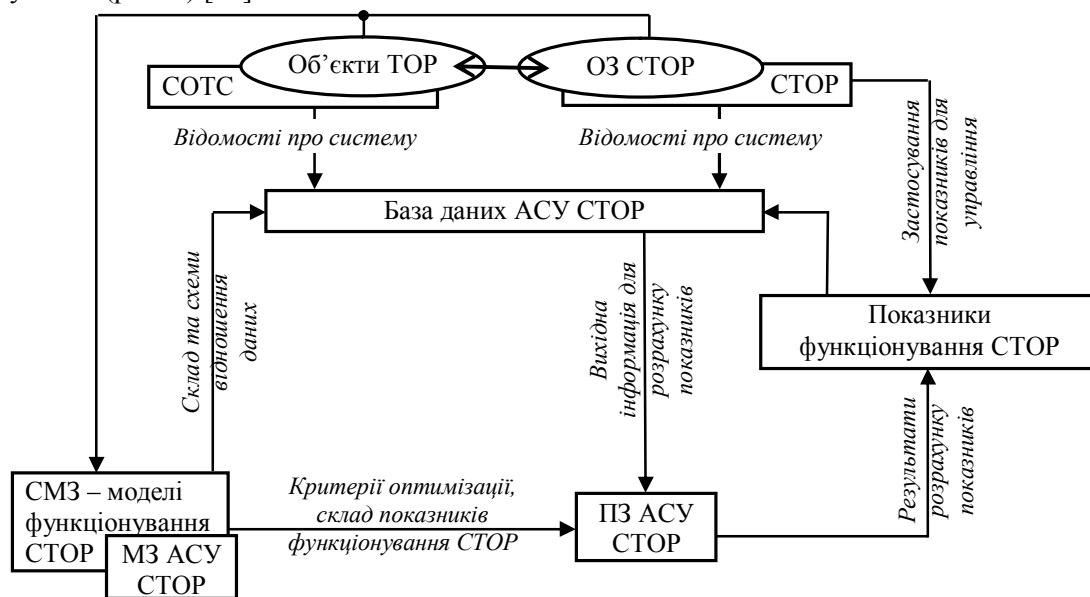


Рис. 1. Схема автоматизованого управління СТОР СТОС

База даних (БД) АСУ СТОР зберігає інформацію про стан ОЗ системи, об’єкти ТОР і повинна бути піддана впливам з боку СТОР, вираженим у вигляді даних про зміни стану об’єктів, а з боку моделей функціонування СТОР та її елементів – у вигляді відомостей про зміну складу збережених даних і відношень між ними.

За допомогою ПЗ системи здійснюється оцінювання вихідних показників, які характеризують ефективність функціонування СТОР. Склад і показовість таких показників, а також критерії оцінювання оптимальності надходять від моделей функціонування системи.

При створенні АСУ СТОР повинні бути реалізовані загальні принципи, наприклад, системність (комплексність), функціональність, типовість, технологічність, етапність [14].

Комплексність забезпечує зв’язок системи з іншими системами забезпечення СТОС (наприклад, інженерно-технічною, матеріально-технічною тощо), що позначається на переході від локальної автоматизації окремих функцій управління до комплексних систем управління.

Під функціональністю розуміється підхід, який полягає в тому, що до головної мети створення системи – удосконалення основних функцій управління (планування, облік, аналіз, регулювання) процесом ТОР, додається нова – ППР.

Типовість передбачає застосування загальних, типових, поширених засобів і методів автоматизації управління. Спеціальні методи та засоби необхідно застосовувати в особливих випадках, усвідомлюючи той факт, що цим звужується галузь застосування розробленої системи. Застосування таких методів також не повинно негативно впливати на системні властивості.

Технологічність має забезпечити технологічні характеристики розробленої системи не тільки в її експлуатації, а і в її застосуванні (реактивність, простота в поводженні, надійність і т. п.).

Етапність – це безперервний перехід у розвитку системи від реалізації простих функцій до більш складних, від розроблення локальних задач до створення комплексної системи.

Автоматизована система управління – складна система, при її створенні, насамперед, необхідно виконати аналіз існуючої системи управління СТОР.

Найбільш прийнятним є метод декомпозиції системи на окремі складові. Він дозволяє описати існуючу систему, але не дає можливості визначити повною мірою вимоги до розроблюваної АСУ. А саме це і потрібно при автоматизації управління системою, для якої не формалізовані засоби та методи управління. Більш доречним є підхід, який ґрунтується на декомпозиції цілей функціонування системи. Аналізуючи мету функціонування системи, необхідно сформулювати підцілі, які своєю чергою теж породжують власні підцілі. Так формується дерево цілей системи.

Цілі, визначені за допомогою декомпозиції, мають такі особливості ієрархії: цілі нижнього рівня підпорядковуються цілям верхнього рівня; цілі верхнього рівня не можуть бути досягнуті, якщо не досягнуті всі цілі найближчого нижнього рівня.

Метод аналізу, який ґрунтується на декомпозиції цілей системи, дозволяє визначити склад її задач, належність задач до певних елементів функціональної структури. Причому це можна зробити, виходячи із цілей функціонування системи та її системних властивостей.

Організаційна структура. З погляду на процедурні властивості задачі поділяються на облікові, планування, аналітичні (моделювання, розрахункові), оптимізаційні (аналіз і синтез СТОР та її операційних засобів та ін.) та довідкові. Як бачимо, АСУ СТОР можна віднести до класу гібридних інформаційних систем, тому що її класи задач мають властивості різних типів систем. У цьому розумінні АСУ СТОР можна розглядати як адаптацію багатоцільової інформаційно-аналітичної системи [15].

Автоматизована система управління СТОР як інформаційно-аналітична система повинна містити такі складові (контури) (рис. 2): фактографічний, що забезпечує зберігання та оброблення даних в аналітичному вигляді (розрахунок вихідних показників на підставі вхідних); документальний, що представляє вихідні дані у формі, необхідній особі, яка приймає рішення (ОПР) (машинограми, відеограми, що представляють вихідні документи); забезпечуючий – для введення та первинного оброблення вхідних даних. Функціонування системи розглядається тут як взаємодія її складових.

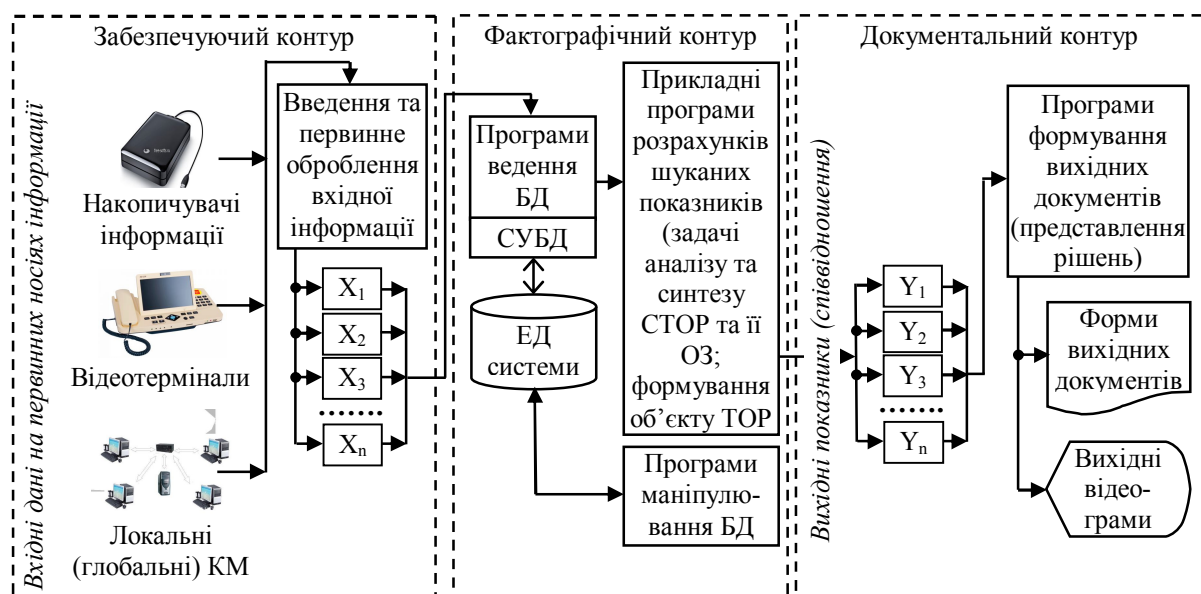


Рис. 2. Взаємодія складових АСУ СТОР:
КМ – комп'ютерні мережі; ЕД – експлуатаційна документація

З рис. 2 видно, що вхідні дані, необхідні для вирішення задач технічного обслуговування та ремонту ТхС, можуть вводитися з різних носіїв (наприклад, накопичувачів на жорстких дисках, екрана відеотерміналу, надходити з комп'ютерних мереж тощо). Далі інформація вводиться в ЕОМ і піддається перетворенню та контролю. Фактографічний контур передбачає зберігання та супровід інформації у вигляді БД за допомогою спеціальних програм їх ведення і системи управління базами даних (СУБД). Оброблення аналітичних даних здійснюється прикладними програмами розрахунку вихідних показників. У документальному контурі вихідні показники за допомогою відповідних

програм перетворюються на образи вихідних документів (рішень), які можуть видаватися у вигляді машинних документів або відеограм.

Алгоритм підтримання рішення. У процесі дослідження функціональної структури, схеми рішення задач системи, організаційної структури СОТС будується інформаційна модель АСУ СТОР. Інформаційна модель повинна враховувати основні групи та види задач ППР з управління СТОР (рис. 3).

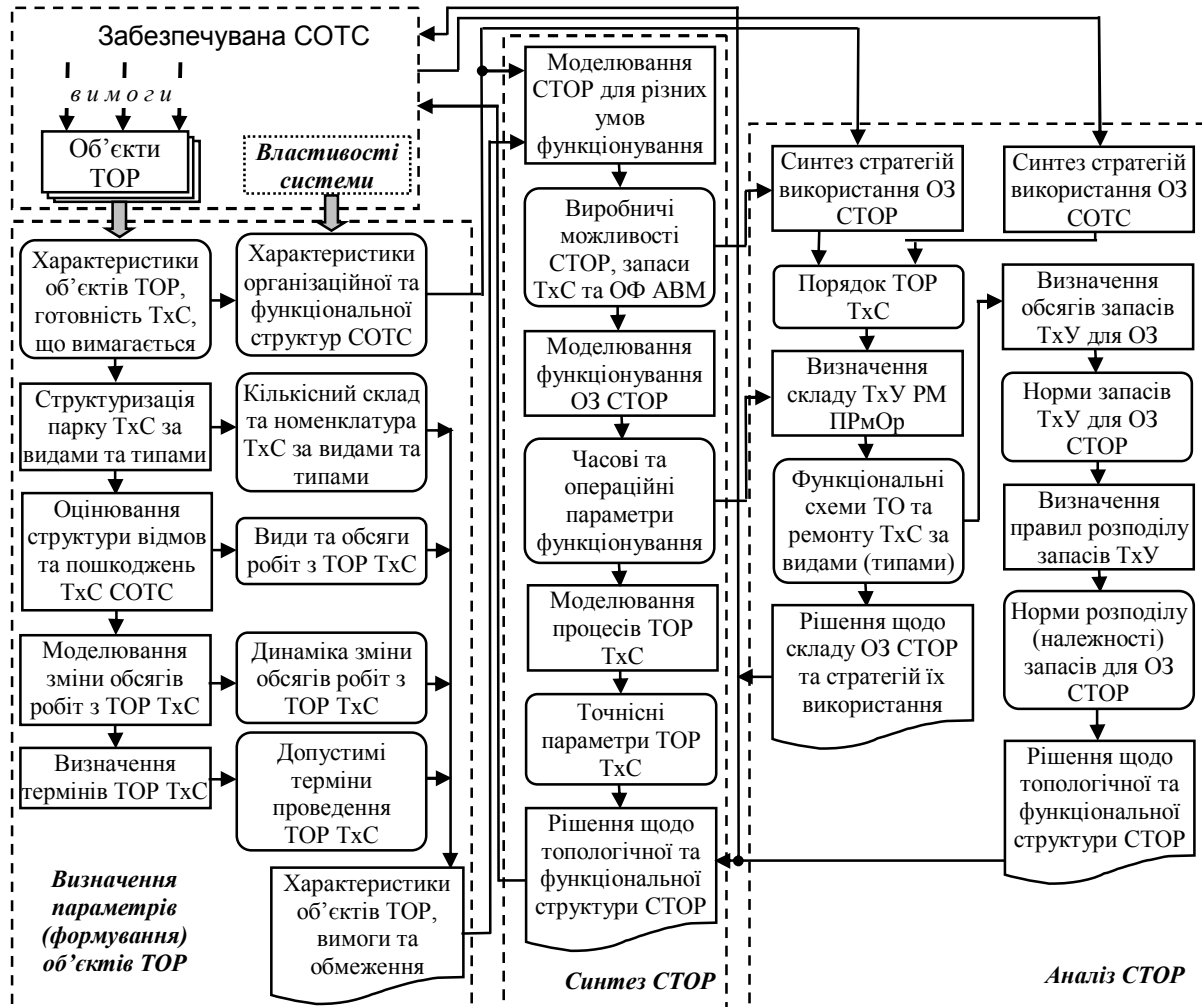


Рис. 3. Схема взаємодії задач підтримання прийняття рішень щодо управління СТОР (інформаційна модель):
 ТхС – технічна система; ТхУ – технологічне устаткування; РМ – робоче місце;
 ТО – технічне обслуговування; ОФ АВМ – оборотний фонд агрегатів, вузлів, механізмів;
 ПРМОр – пересувний ремонтний орган (операційний засіб)

Мета розроблення такої моделі полягає в тому, щоб визначити інформаційні потоки, виявити зв'язки між задачами, класифікувати джерела та споживачів інформації. Потім на підставі інформаційної моделі системи, виходячи зі структури та функцій компонент інформаційно-аналітичної системи, будується інформаційне і програмне забезпечення.

Методи автоматизованого рішення задач підтримання рішень щодо управління СТОР забезпечуваної СОТС ґрунтуються на застосуванні ЕОМ за схемою, наведеною на рис. 2. Особливості тут можливі у складі вхідних X_1, X_2, \dots, X_n і вихідних Y_1, Y_2, \dots, Y_m даних та у складі програм оброблення даних.

Так, задачі оцінювання параметрів (формування) об'єктів ТОР, задачі синтезу і аналізу СТОР вирішуються за загальною схемою.

Для задач оцінювання параметрів (формування) об'єктів ТОР як вихідні дані $X_i, i = 1, \dots, n$, застосовуються відомості про параметри об'єкта ТОР – кількісний склад та номенклатура (види, типи тощо) ТхС, ступінь укомплектованості СОТС технічними системами, необхідний рівень готовності.

Результатом рішення цих задач Y_j , $j = 1, \dots, m$, є склад зразків (комплексів) ТхС за номенклатурою, види та обсяги робіт з ТОР, допустимі (планові) терміни їх обслуговування і ремонту.

Задачі синтезу як вихідні дані використовують параметри об'єктів ТОР, вимоги та обмеження до результатів впливу СТОР, параметри організаційної структури забезпечуваної СОТС. Результати видаються у вигляді можливих рішень з топологічної та функціональної структур СТОР, реалізація яких забезпечить виконання заданих обсягів і видів робіт з ТОР заданих систем у встановлений термін.

Задачі аналізу як вихідні дані використовують параметри об'єктів ТОР, сил і засобів СТОР, характеристики техніко-географічного району розосередження технічних систем зі складу СОТС, пріоритети в їх обслуговуванні і ремонті. Результати видаються у вигляді оцінок виробничих можливостей існуючої СТОР щодо технічного обслуговування і ремонту ТхС, необхідних обсягів у встановлений термін, можливих рішень про склад ОЗ СТОР та стратегій їх використання. Схема рішення аналітичних задач характеризується тим, що шукані відомості зберігаються у вигляді БД АСУ СТОР.

База даних призначена для інформаційного забезпечення процесу вироблення рішень ОПР і містить такі дані: про математичні моделі, методи, алгоритми формування частинного і загального рішень; склад та особливості об'єктів ТОР; норми часу на технічне обслуговування і ремонт ТхС; переліки діагностичних параметрів і процедур для ТхС СОТС; функціональні надлишкові схеми ремонту та інші довідкові дані. Для обслуговування БД у складі програмного забезпечення передбачається СУБД. Як вихідні дані у задачах інформаційного підтримання використовуються запити на одержання необхідних даних у формалізованому вигляді, пошукові приписи. Методи пошуку інформації істотно залежать від способів зберігання та методів організації даних. Для баз даних застосовуються спеціальні методи, які ґрунтуються на використанні СУБД [16].

Таким чином, автоматизація рішення задач ТОР побудована за ієрархічно-последовним принципом, прийнятим у спадному проектуванні із застосуванням відповідних методів аналізу та синтезу за заданими критеріями. Автоматизація інших задач можлива за звичайною последовною схемою з різними варіаціями. Такий підхід, що є в цьому випадку найбільш доцільним, дозволяє реалізувати достатньо ефективне програмне забезпечення з мінімальними витратами на його розроблення. Наступним кроком у автоматизації задач є визначення входу і виходу задачі, тобто її вихідних даних і результатів. Вихідні дані і результати рішення задач ТОР становлять інформаційне забезпечення. Суттєвим моментом в автоматизації рішення задач ППР є вибір методу для автоматизованого рішення.

Так, для задач інформаційного підтримання та накопичення даних у БД реалізацією методу, вибраного для автоматизації, є алгоритм внесення змін, який широко використовується при коректуванні впорядкованих масивів інформації.

Схему рішення інформаційно-аналітичних задач можна реалізувати за алгоритмом последовного пошуку необхідних даних в упорядкованому масиві інформації з наступним розрахунком вихідних показників. Спосіб розрахунку вихідних показників є "індивідуальною" характеристикою конкретної задачі ППР.

Розроблення АСУ СТОР передбачає автоматизацію функцій управління, для чого необхідні підсистеми забезпечення: математичного, інформаційного, програмного, комплексу технічних засобів.

Математичне забезпечення повинно включати набір математичних моделей і методів вирішення задач аналізу та синтезу СТОР, оцінювання параметрів (формування) об'єктів ТОР, алгоритмів розрахунку вихідних показників, що характеризують стан технічного обслуговування та ремонту ТхС зі складу СОТС.

Основою математичного забезпечення системи мають бути:

- математичні моделі функціонування СТОР для різних режимів, моделі процесів ТОР ТхС;
- методи оцінювання параметрів об'єктів ТОР, синтезу функціональної структури системи, оптимізації складу технологічного устаткування (ТхУ) для проведення ТОР, синтезу оптимальних стратегій використання ОЗ системи, обґрунтування норм запасів ТхУ та стратегій їх використання (див. рис. 3);

- алгоритми розрахунку вихідних показників ефективності функціонування СТОР.

Моделювання функціонування СТОР повинно здійснюватися, насамперед, з метою дослідження особливостей процесу, який моделюють, одержання його загальних закономірностей. Процеси ТОР

необхідно досліджувати на моделях. Дослідженими мають бути властивості системи (виробничі можливості системи з обслуговування і ремонту ТхС, параметри ТОР за різних часових обмежень, запаси «оборотні фонди» справних агрегатів, вузлів та механізмів і ЗІП та деякі інші характеристики) для різних варіантів стратегій відновлення та способів надходження ТхС до СТОР. Можливо створювати інші моделі на основі схеми процесу ТОР ТхС. Крім того, необхідно досліджувати характеристики ТОР з метою пошуку оптимального поєднання різних параметрів ТОР з погляду на визначений критерій оптимальності. Попутно вивчають характер взаємного впливу характеристик стану та параметрів ТОР та ін.

Інформаційне забезпечення повинно складатися із вхідних і вихідних показників, що характеризують стан СТОР, інформаційної бази, методів її зберігання та обслуговування.

Очевидно, що існує багато способів проектування інформаційної бази конкретної системи. Все залежить від типів даних, збережених в інформаційній базі, їх взаємозв'язків, характеру засобів їх оброблення та зберігання. Загальновідомі класи способів цього проектування, що ґрунтуються на таких підходах [16]:

- реляційному, який припускає зберігання даних у вигляді їх відношень, пов'язаних асоціаторами зв'язків;
- ієрархічному, який характеризується ієрархічними зв'язками;
- сітковому, який відрізняється від ієрархічного тим, що зв'язки між сегментами утворюють граф, який не є деревом.

Програмне забезпечення АСУ має реалізовувати алгоритми розрахунків показників і функціонування моделей.

Висновки

Ефективне управління СТОР технічних систем можливе за умов автоматизації функцій управління та визначення як головної задачі підтримання прийняття рішень з ТОР. Розроблювані структура, модель функціонування та алгоритм підтримання рішень з управління СТОР технічних систем є елементами інформаційних технологій, використання яких забезпечить вирішення задач автоматизації управління. Для забезпечення умов подальшого удосконалення та розширення функцій АСУ СТОР при їх створенні необхідно керуватися принципами системності (комплексності), функціональності, типовості, технологічності та етапності.

Список використаних джерел

1. Морозов, О. О. Модель технічного обслуговування та ремонту озброєння і військової техніки ремонтним органом [Текст] / О. О. Морозов // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – Вип. 2(42). – С. 23–26.
2. Автоматизація виробничих процесів [Текст] : навч. посібник / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова та ін. – Кіровоград : Вид. Лисенко В. Ф., 2016. – 352 с.
3. Якименко, А. В. Автоматизированные системы технического обслуживания и ремонтов [Текст] / А. В. Якименко // ИСУП. – 2005. – № 1(5). – С. 25–29.
4. Как автоматизировать управление техобслуживанием и ремонтом [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : http://www.itm.spb.ru/files/automation_maintenance.pdf (дата звернення: 06.04.17). – Назва з екрана.
5. Автоматизована система управління технічним обслуговуванням і ремонтом [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : http://om.net.ua/7/7_6/7_69929_avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-tehnicheskim-obslyzhivaniem-i-remontom-toir.html (дата звернення: 06.04.17). – Назва з екрана.
6. Автоматизированная система управления ремонтами “АСУР 1.1” [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://eam.su/avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-remontami-asur-1-1.html> (дата звернення: 14.04.17). – Назва з екрана.
7. Управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : http://www.pbaconsult.com/pdf/PARUS-Servicing_And_Repairs_Management.pdf (дата звернення: 14.04.17). – Назва з екрана.
8. Автоматизированная система управления ремонтами [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://avtokirov43.ru/3034-avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-remontami.html> (дата звернення: 14.04.17). – Назва з екрана.

9. Автоматизация ремонтных работ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://www.studfiles.ru/preview/5826501/page:8/> (дата звернення: 06.04.17). – Назва з екрана.
10. Искусство управления ремонтами [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : http://www.urpro.ru/library/information_systems/toir/upravljen-remont.html (дата звернення 06.04.17). – Назва з екрана.
11. Морозов, О. О. Научно-методичні основи створення систем технічного обслуговування та ремонту озброєння і військової техніки угруповань Національної гвардії України [Текст] : монографія / О. О. Морозов, Л. В. Морозова. – Х. : НА НГУ, 2015. – 174 с.
12. Арепин, Ю. И. Методология создания автоматизированных систем технического обеспечения [Текст] / Ю. И. Арепин // Оборонный заказ. – 2007. – № 17. – С. 56–62.
13. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення [Текст]. – К. : УкрНДІССІ, 1994. – 92 с.
14. Основи побудови автоматизованих систем управління [Текст] : навч. посібник / І. А. Пількевич, К. В. Молодецька, І. І. Сугоняк, Н. М. Лобанчикова. – Житомир : Житомирський військ. ін-т ім. С. П. Корольова, 2014. – 180 с.
15. Основи інформаційно-аналітичного забезпечення органів військового управління [Текст] : навч. посібник / О. А. Ємець, Е. О. Кузьмін, В. М. Лук'янчук та ін.; за ред. В. Т. Марценківського. – К. : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2014. – 104 с.
16. Голицына, О. Л. Системы управления базами данных [Текст] / О. Л. Голицына, Т. Л. Партыка, И. И. Попов. – М. : Форум, Инфра-М, 2006. – 432 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2017 р.

УДК 658.052

А. А. Морозов

ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены проблемы автоматизации управления системами технического обслуживания и ремонта технических систем. Показана целесообразность создания автоматизированных систем управления такими системами, которые должны обеспечивать поддержку принятия решений по техническому обслуживанию и ремонту технических систем. Рассмотрены принципы и содержание задач по созданию автоматизированной системы управления.

К л ю ч е в ы е с л о в а: технические системы, техническое обслуживание и ремонт, система технического обслуживания и ремонта, автоматизация управления.

UDC 658.052

O. O. Morozov

THE PROBLEM OF AUTOMATION CONTROL SYSTEMS, MAINTENANCE AND REPAIR OF TECHNICAL SYSTEMS

Discusses the problems of automation control systems, maintenance and repair of technical systems. The expediency of creating automated control systems for such systems should provide decision support for the maintenance and repair of technical systems. The principles and content of the task on creation of automated control systems.

K e y w o r d s: technical system, maintenance and repair, system maintenance and repair, automation control

Морозов Олександр Олександрович – доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності НГУ Національної академії Національної гвардії України.

УДК 62-932.4



І. К. Шаша



С. А. Кудімов

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ПІДРОЗДІЛАМИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

У статті розглянуто актуальні питання встановлення закономірностей впливу характерних для підрозділів Національної гвардії України умов експлуатації на експлуатаційні показники автобронетанкової техніки, від яких залежить ефективність її службово-бойового застосування. Запропоновано математичну модель ймовірності безвідмовної роботи автобронетанкової техніки як складової ергатичної технічної системи.

К л ю ч о в і с л о в а: автобронетанкова техніка, ефективність, умови експлуатації, надійність, імовірність, критерій, модель.

Постановка проблеми. Основу парку Національної гвардії України складає автобронетанкова техніка (АБТ), що використовується у службово-бойовій діяльності, зокрема для перевезення особового складу, озброєння, боєприпасів, спеціальних засобів до місць виконання службово-бойових завдань (СБЗ).

Очевидно, що серед інших факторів робота техніки в сучасних умовах вагомо впливає на результативність виконання СБЗ. Так, своєчасність доставляння особового складу та необхідного вантажу може бути критичним параметром успішного виконання СБЗ підрозділами Національної гвардії України, наприклад, при виконанні завдань в умовах надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, масових заворушень, під час участі у спеціальних операціях з пошуку та знешкодження озброєних злочинців, ліквідації незаконних збройних формувань або у виконанні завдань територіальної оборони.

Аналіз досліджень і публікацій. Відомо, що питання раціонального використання матеріальних засобів, у тому числі пального, та ресурсу техніки не знімається навіть у бойових умовах [1]. Таким чином, оцінюючи у сукупності показники якості виконання завдань з використанням технічних засобів та показники витрат матеріальних засобів і ресурсу техніки, ми фактично оцінюємо ефективність використання техніки. Безперечно, що обов'язком будь-якого командира є врахування ефективності використання техніки, у тому числі автобронетанкової, при прийнятті рішень на залучення підпорядкованих частин та підрозділів до виконання СБЗ.

Оцінювання ефективності використання АБТ пов'язане із необхідністю прогнозування експлуатаційних показників її роботи, що безпосередньо залежать від умов експлуатації. Однак на сьогодні не існує науково обґрунтованого методичного апарату, що дозволяв би враховувати при плануванні використання АБТ характерні умови експлуатації під час виконання підрозділами гвардії СБЗ [2].

Мета статті – визначення шляхів підвищення ефективності функціонування комплексу “Автобронетанкова техніка – водій – умови експлуатації” (АБТ-В-УЕ) під час його службово-бойового застосування.

Виклад основного матеріалу. Комплексною характеристикою будь-якої технічної системи є її ефективність як міра доцільності варіантів рішень, пристосованих до умов експлуатації. Ефективність функціонування системи – властивість виконувати покладені на неї функції із заданим рівнем якості протягом встановленого для неї періоду експлуатації. Ефективність функціонування системи визначається сукупністю її властивостей, закладених при проектуванні і виготовленні та підтримуваних у процесі експлуатації [3].

У даній статті критерій ефективності розробляється для комплексу АБТ-В-УЕ, що за своєю природою є складним, багатофункціональним та ергатичним. Функціонування такого комплексу відбувається в умовах впливу різноманітних дорожніх, транспортних та атмосферно-кліматичних умов експлуатації.

Таким чином, розглянутий комплекс АБТ-В-УЕ у процесі свого функціонування характеризується мінливістю значень параметрів, що має випадковий характер, і невизначеністю станів його елементів. За таких умов точно виробити оцінку якості функціонування комплексу та вказати оптимальні значення його характеристик складно. Враховуючи це, оцінювати ефективність функціонування комплексу АБТ-В-УЕ необхідно з використанням імовірнісних показників та їх граничних значень.

Застосування аналітичних або експериментальних методів оцінювання ефективності в умовах багатофакторності і невизначеності процесу розв'язування поставленої задачі вимагає прийняття конкретних рішень. Отже, необхідно вибрати один або кілька критеріїв ефективності, які мають властивість репрезентативності. У розв'язуванні оптимізаційних задач дослідження ефективності комплексів АБТ-В-УЕ як обмеження можуть бути вибрані деякі технічні або економічні характеристики їхнього функціонування [4].

Для того, щоб вирішити поставлену задачу розроблення критерію ефективності функціонування комплексу АБТ-В-УЕ як учасника дорожнього руху та основної ланки, що визначає рівень його ефективності, запропонуємо спочатку показник, за яким можна оцінити властивості цього елемента автотранспортної системи з точки зору надійності. Для цього скористаємося поняттям успішного виконання транспортної задачі АБТ. Воно визначає реалізацію покладеної на АБТ транспортної задачі протягом здійснення одного маршруту як успішну за умови відсутності виникнення в ході цього маршруту надзвичайних ситуацій. Імовірність успішного виконання транспортної задачі $P_{увз}$ є кількісною мірою зазначеної властивості комплексу АБТ-В-УЕ і характеризує надійність АБТ і водія як його елементів, а також імовірність впливу на цей комплекс чинників навколишнього середовища протягом маршруту. Математичний вираз для ймовірності може бути представлений такою формулою:

$$P_{увз} = P_{абт}(t) \cdot P_{в}(t) \cdot P_{уе}(t), \quad (1)$$

де $P_{абт}(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи АБТ як технічної системи; $P_{в}(t)$ – ймовірність прийняття правильних рішень і їхньої реалізації водієм; $P_{уе}(t)$ – ймовірність відсутності впливу небезпечних зовнішніх факторів під час виконання маршруту.

Часова залежність властивостей, що визначають рівень надійності комплексу, підкреслює можливість виникнення особливих дорожніх ситуацій на всіх етапах виконання маршруту.

Як бачимо, комплексний показник надійності функціонування комплексу АБТ-В-УЕ $P_{увз}(t)$ об'єднує характеристики надійності технічної частини комплексу, його оператора, а також показник безпеки впливу на нього різноманітних умов експлуатації.

На надійність функціонування комплексу АБТ-В-УЕ, яка характеризується показником $P_{увз}(t)$, впливають умови його експлуатації (очікувані та екстремальні), а також чинники, обумовлені множиною його різних властивостей і вимог до правил функціонування та використання. До зазначеної сукупності властивостей і характеристик комплексу можна віднести: початковий рівень надійності АБТ і його залишковий ресурс, характеристики живучості АБТ, рівень професійної підготовки водія, його функціональний стан і патолофізіологічне навантаження на нього в процесі управління АБТ тощо [4].

Сформувавши вказаним чином показник надійності комплексу АБТ-В-УЕ, скористаємося поняттям вихідного ефекту від його функціонування. Вихідний ефект визначається як оцінюваний результат функціонування об'єкта, що виконує покладену на нього задачу. Вихідний ефект є функцією стану, в якому знаходиться об'єкт у процесі виконання задачі [4]. Математичні моделі можливих варіантів функціонування систем пропонується розділити на чотири класи:

– двопозиційні моделі системи з раптовими відмовами, коли її стани і відповідно вихідні ефекти набувають значення 0 або 1; під 0 розуміють стан системи, яка відмовила, і ефект від її функціонування в такому стані відсутній, а під 1 – справний стан системи і запланований для її функціонування вихідний ефект;

– двопозиційні моделі системи з поступовим розвитком відмов, коли її вихідний ефект має значення 0 або 1, а стани можуть набувати будь-які значення в інтервалі $\{0; 1\}$;

– багатопозиційні моделі системи, множина значень вихідних ефектів якої знаходиться в інтервалі значень $\{0; 1\}$, а стани можуть набувати значення 0 або 1;

– багатопозиційні моделі системи, для якої множина значень її вихідних ефектів і множина її станів можуть набувати будь-яких значень в інтервалі $\{0; 1\}$.

Нижче будемо розглядати останній варіант наведених моделей, співвідносячи можливі значення виробленого критерію надійності $P_{увз}(t)$ комплексу АБТ-В-УЕ з його вихідними ефектами. Як один з можливих варіантів показників вихідного ефекту комплексу розглядатимемо показник економії ресурсів Φ , що дає експлуатація АБТ при рішенні певної транспортної задачі. З огляду на те, що низький рівень надійності за показником $P_{увз}(t)$ при виконанні транспортної задачі може призвести до виникнення аварійної або навіть катастрофічної дорожньої ситуації, що супроводжується матеріальними збитками і людськими жертвами, відносно значення вихідного ефекту для вибраного типу моделі варто розглядати в інтервалі $\{-1; 1\}$.

Для формування і подальшого дослідження ефективності функціонування запропонованого комплексу АБТ-В-УЕ необхідно виконати ще одну процедуру, а саме – ранжирування інтервалів зміни значень критерію надійності $P_{увз}(t)$ за рівнями вихідних ефектів \hat{O}_i .

Розв'язок зазначеної задачі доцільно шукати у такому вигляді:

$$\begin{aligned} \{P_{увз,1}; P_{увз,2}\} &\Rightarrow H_1 \Rightarrow \Phi_1; \\ \{P_{увз,3}; P_{увз,4}\} &\Rightarrow H_2 \Rightarrow \Phi_2; \\ \{P_{увз,i-1}; P_{увз,i}\} &\Rightarrow H_i \Rightarrow \Phi_i; \\ \{P_{увз,n-1}; P_{увз,n}\} &\Rightarrow H_n \Rightarrow \Phi_n, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\{P_{увз,i-1}; P_{увз,i}\}$ – інтервал значень критерію надійності $P_{увз}(t)$ комплексу АБТ-В-УЕ, що обумовлює ймовірність створення АБТ дорожньої ситуації H_i i -ї категорії складності; Φ_i – вихідний ефект від експлуатації АБТ, здатної створити дорожню ситуацію H_i .

Якщо вказана вище процедура виконана, то критерій ефективності E функціонування комплексу АБТ-В-УЕ, що виконує одну транспортну задачу, має такий вигляд:

$$E = \sum_i^n P_{увз}(H_i) \cdot \Phi_i, \quad (3)$$

де $P_{увз}(H_i)$ – ймовірність успішного виконання транспортної задачі АБТ, що відповідає можливості створення цим засобом дорожньої ситуації i -ї категорії складності; n – число розглянутих категорій дорожніх ситуацій.

Ефективність E комплексу АБТ-В-УЕ, що виконує k транспортних задач, можна подати у вигляді формули

$$E = \sum_j^k \sum_i^n P_j \cdot P_{увз}(H_i) \cdot P_j(A/H_i), \quad (4)$$

де P_j – ймовірність виконання АБТ j -ї транспортної задачі, ($j = \overline{1; k}$); $P_{увз}(H_i)$ – ймовірність успішного виконання транспортної задачі АБТ, що відповідає можливості створення цим засобом дорожньої ситуації H_i , ($i = \overline{1; n}$); $P_j(A/H_i)$ – умовна ймовірність події A одержання від комплексу вихідного ефекту на визначеному рівні якості, достатньому для вирішення j -ї транспортної задачі АБТ, за умови існування ризику створення ним дорожньої ситуації i -ї категорії.

Таким чином, якщо вихідні ефекти Φ_i комплексу нормовані (наприклад, категоріями умов експлуатації), то для використання виразу (4) необхідним є визначення його складових: ймовірностей P_j виконання АБТ j -х транспортних задач; ймовірностей $P_{увз}(H_i)$ успішного виконання транспортної задачі АБТ, які ранжировані за категоріями дорожніх ситуацій, умовних ймовірностей $P_j(A/H_i)$ або нормованих вихідних ефектів.

Висновок

Запропонований критерій ефективності експлуатації зразка АБТ дає можливість виробити комплексну оцінку ймовірності виконання ним транспортної задачі і формально оцінити очікуваний ефект від її рішення. Практичне використання запропонованого критерію ефективності створює умови для формування управляючих заходів, спрямованих на підвищення рівня надійності комплексів АБТ-В-УЕ, рівня готовності водіїв до здійснення маршів, а також розроблення заходів безпеки стосовно негативних впливів особливих умов експлуатації.

Список використаних джерел

1. Закономірність впливу сумарної витрати пального на зміну технічного стану автобронетанкової техніки [Текст] / І. К. Шаша, О. В. Іванченко, А. О. Іванченко та ін. // Системи озброєння і військова техніка : наук.-техн. журн. – 2015. – № 4. – С. 51–55.
2. Удосконалення математичної моделі зміни технічного стану автобронетанкової техніки [Текст] / І. К. Шаша, А. О. Іванченко, В. О. Темніков, І. В. Цебрюк // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України : наук.-техн. журн. – 2015. – Вип. 4 (21). – С. 138–142.
3. Говорущенко, Н. Я. Системотехника проектирования транспортных машин [Текст] : учеб. пособие / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко. – Изд. 3-е, испр. и доп. – Х. : ХНАДУ, 2004. – 208 с.
4. Системотологія на транспорті [Текст] : підручник у 5 кн. / Кн. 1. Основи теорії систем і управління / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. ; за заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2005. – 344 с.

Стаття надійшла до редакції 22.02.2017 р.

УДК 62-932.4

І. К. Шаша, С. А. Кудімов

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОБРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ УКРАИНЫ

В статье рассматриваются актуальные вопросы определения закономерностей влияния характерных для подразделений Национальной гвардии Украины условий эксплуатации на эксплуатационные показатели автобронетанковой техники, от которых зависит эффективность ее служебно-боевого применения. Предложена математическая модель вероятности безотказной работы автобронетанковой техники как составной эргатической технической системы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: автобронетанковая техника, эффективность, условия эксплуатации, надежность, вероятность, критерий, модель.

UDC 62-932.4

I. K. Shasha, S. A. Kudimov

WAYS OF INCREASE OF EFFECTIVENESS OF ARMORED VEHICLES USAGE BY UNITS OF THE NATIONAL GUARD OF UKRAINE

The paper describes the acute issues of determining the common factors of influence of specific conditions peculiar to usage by units of the National Guard of Ukraine on performance data of armored vehicles, which effectiveness of service and fighting usage depends on. A mathematical model of probability of unfailing performance of armored vehicles as an ergatic complex technical system was offered.

К e y w o r d s: armored vehicles, effectiveness, conditions of usage, fail-safety, probability, factor, model.

Шаша Ігор Костянтинівич – доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України.

Кудімов Сергій Анатолійович – викладач кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України.

УДК 621.396



М. О. Глущенко



І. М. Майборода

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ В РУХОМИХ МАЙСТЕРНЯХ ЗВ'ЯЗКУ

Наведені пропозиції щодо застосування автоматизованої системи контролю та діагностування у складі мобільного модуля рухомих ремонтних органів військової техніки зв'язку. Розглянутий агрегатний метод ремонту як один із перспективних напрямків підвищення готовності до застосування за призначенням техніки зв'язку в польових умовах.

К л ю ч о в і с л о в а: автоматизована система контролю та діагностування, технічне обслуговування і ремонт, агрегатний метод ремонту.

Постановка проблеми. Постійна готовність техніки зв'язку до використання за призначенням, ефективність її застосування в процесі управління військовими частинами та підрозділами Національної гвардії України досягаються правильною організацією її технічного забезпечення.

Виконання заходів технічного забезпечення зв'язку дозволяє підтримувати техніку зв'язку у боездатному стані, збільшити ресурс і терміни експлуатації та зменшити витрати на її обслуговування, наблизити систему технічного забезпечення зв'язку до стандартів НАТО [1].

Підрозділи НГУ в своїй діяльності широко використовують технічне обладнання, що включає сучасні цифрові засоби зв'язку, телекомунікаційні засоби, засоби інформатизації тощо, які відіграють найважливішу роль в організації зв'язку.

Як показує світова і вітчизняна практика, розроблення і виготовлення складних сучасних радіоелектронних засобів (РЕЗ), а також забезпечення високого рівня готовності та ефективності їх застосування вимагають значних людських і матеріальних витрат. Зменшити їх можливо шляхом підвищення рівня ремонтпридатності за рахунок раціонального компонування військової техніки зв'язку і якісного діагностичного забезпечення [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасного стану процесу контролю та діагностування техніки зв'язку під час її експлуатації показує низький рівень автоматизації контрольно-діагностичних операцій регулювання, ремонту та випробувань різних радіоелектронних пристроїв.

Обладнання, що сьогодні використовується для проведення технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) в рухомих майстернях зв'язку, є вузькоспеціалізованим, малопродуктивним, вимагає висококваліфікованих фахівців. Застосовуються, як правило, набори спеціалізованих пультів, орієнтованих на конкретні об'єкти контролю, і велика номенклатура стандартних вимірювальних приладів загального застосування. При цьому реєстрація результатів контролю відбувається вручну, що не виключає грубих помилок операторів. Реалізація діагностичних процедур (пошук і усунення несправностей) може складати десятки годин, а для цифрових об'єктів контролю, що містять елементи пам'яті і мікропроцесори, ручні засоби взагалі виявляються непридатними [3].

Питання контролю та діагностування РЕЗ досліджувались протягом десятиріч у багатьох працях, зокрема у [1–4]. Отже, проблема підтримання сучасних засобів зв'язку в постійній готовності до застосування частково вирішена, але відсутній практичний комплексний підхід щодо проведення ТО і Р в польових умовах шляхом обладнання спеціалізованих робочих місць в рухомих майстернях.

Метою статті є розроблення пропозицій із застосування в мобільному ремонтному органі для техніки зв'язку автоматизованих систем контролю і діагностування (АСКД).

Виклад основного матеріалу. Практична діяльність показує, що в польових умовах для організації зв'язку в частинах та підрозділах Національної гвардії України застосовується обмежена кількість різнотипної техніки зв'язку. При цьому її ремонт може проводитись на базі одного мобільного ремонтного органу (модуля).

Застосування АСКД у складі мобільного модуля дозволить:

- створювати єдині засоби і методи контролю, діагностування і прогнозування для існуючих засобів зв'язку на всіх стадіях їх життєвого циклу;
- створювати середовище перебування в структурі апаратного та програмного забезпечення АСКД для існуючої і перспективної техніки зв'язку, що відповідає сучасному рівню науково-технічних досягнень, дозволяє видозмінювати свій склад під різні модифікації або нові зразки зв'язку, зберігаючи основну частину апаратури і програмного забезпечення незмінним;
- оптимізувати систему ТО і Р з метою зниження експлуатаційних витрат і підвищення коефіцієнта готовності, зменшивши в декілька разів витрати на регульовальні, випробувальні, регламентні та ремонтні роботи;
- зменшити чисельність обслуговуючого персоналу та кількість робочих місць;
- знизити вимоги до кваліфікації фахівців;
- забезпечити створення високомобільних переносних робочих місць, завдяки їх малим габаритам і вазі;
- виконати завдання прогнозування технічного стану і переходу на систему ТО і Р за фактичним станом, завдяки можливості накопичення в базах даних АСКД інформації про параметри об'єктів контролю.

Зазначені можливості дозволять повністю модернізувати старий парк рухомих майстерень зв'язку.

Одним із перспективних напрямків підвищення ефективності системи технічного забезпечення та її складової – ремонту техніки зв'язку в польових умовах, є впровадження агрегатного методу ремонту [4]. Його сутність полягає в тому, що несправні агрегати (вузли, блоки, плати тощо) замінюються новими або зі складу запчастин, інструментів та приладдя (ЗІП) модуля, заздалегідь відремонтованими. При цьому відновлені складові не “прив'язані” до певного об'єкта.

Технологію такого ремонту можна зобразити схемою.



Технологія ремонту техніки зв'язку агрегатним методом з використанням мобільного модуля

Функціонування мобільного модуля полягає у такому: перед початком контролю засіб зв'язку підключається до автоматизованого комплексу контролю та діагностування; проводиться ідентифікація типу засобу зв'язку; з бази даних вибирається програма діагностування визначеного типу засобу зв'язку; у разі виходу параметрів вимірних сигналів за поле допуску видається повідомлення про відмову даного агрегата, що дає підставу для його заміни.

Оскільки агрегатний ЗІП майже в 10 разів дорожче детального, після заміни несправного агрегата необхідно приступити до його ремонту. В агрегат надходять діагностичні тести, що дозволяють попередньо локалізувати місце несправності в його схемі; після попередньої локалізації місця відмови проводиться деталізація елемента відмови. З цією метою за програмою діагностування видаються команди на підключення вимірювальних приладів до відповідних проміжних точок схеми. На основі аналізу параметрів сигналів, отриманих за допомогою вимірювальних приладів, ідентифікується місце несправності або аналізуються інші ділянки електричної схеми агрегата. Процес вимірювання сигналів у проміжних точках агрегата й наступне порівнювання їх з відповідними параметрами еталонних сигналів для тих самих точок триває до повного завершення діагностування всієї схеми агрегата.

За результатами діагностування проводиться ремонт агрегата (усунення виявлених несправностей), після чого повторно відбувається його контроль. Якщо контроль проходить успішно, то агрегат визнається придатним до застосування і зберігається в ЗІП ремонтного модуля [5].

Існуючі апаратно-програмні засоби і математичне забезпечення (моделі, методи і алгоритми) дозволяють виконувати завдання оцінювання технічного стану будь-якого радіоелектронного засобу, пошуку і локалізації несправностей, прогнозування і переходу від стратегії регламентів до стратегії обслуговування за технічним станом.

Таким чином, розглянуті процедури можуть бути використані на всіх етапах життєвого циклу техніки зв'язку: проектування, виробництва і експлуатації.

Висновки

1. Застосування в польових умовах автоматизованого багатофункціонального високопродуктивного мобільного модуля дозволить змінити стратегію ТО і Р, забезпечуючи ремонт виробів зв'язку за технічним станом.

2. Застосування АСКД дозволить в декілька разів зменшити старий парк вимірювальних приладів в апаратних технічному забезпечення, скоротити час обслуговування і відновлення, забезпечити швидкий пошук несправностей і ремонт виробів зв'язку в польових умовах, скоротити кількість робочих місць і чисельність робочого персоналу.

3. Впровадження АСКД дозволить організувати систему децентралізованого ремонту на місці експлуатації, виключити витрати на відправлення засобів зв'язку в ремонтні центри, підвищити оперативну готовність техніки зв'язку до використання шляхом скорочення часу ремонтних робіт.

Список використаних джерел

1. Кривцун, В. І. Порівняльний аналіз існуючих систем технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння [Текст] / В. І. Кривцун, В. Й. Нагачевський, А. М. Баранов // Вісник машинобудування та транспорту. – К. : Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, 2015. – № 1. – С. 33–45.

2. Бархатов, А. Н. Основы теории надежности, технического обслуживания и ремонта ВВТ РТВ [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Бархатов, С. А. Пасхин, А. Н. Кудрин. – Х. : ХВУ, 1994. – 398 с.

3. Посупонько, Н. В. Автоматизированные системы контроля, диагностики и прогнозирования [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Посупонько. – Ростов н/Д : НИИСИИС, 2008. – 73 с.

4. Ксенз, С. П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств [Текст] / С. П. Ксенз. – М. : Радио и связь, 1989. – 248 с.

5. Хайкин, С. Нейронные сети [Текст] : пер. с англ. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2006. – 1104 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2017 р.

УДК 621.396

Н. А. Глущенко, И. Н. Майборода

**ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ
И ДИАГНОСТИКИ В ПЕРЕДВИЖНЫХ МАСТЕРСКИХ СВЯЗИ**

Приведены предложения по применению автоматизированной системы контроля и диагностики в составе мобильного модуля передвижных ремонтных органов военной техники связи. Рассмотрен агрегатный метод ремонта как одно из перспективных направлений повышения готовности к применению по назначению техники связи в полевых условиях.

К л ю ч е в ы е с л о в а: автоматизированная система контроля и диагностики, техническое обслуживание и ремонт, агрегатный метод ремонта.

UDC 621.396

М. О. Glushchenko, I. M. Mayboroda

**USING AUTOMATIC CONTROL AND DIAGNOSTICS SYSTEMS
IN MOBILE COMMUNICATION WORKSHOPS**

Resulted suggestion on using automatic control and diagnostics system in composition the mobile module of movable repair organs of military technique of connection. Presented aggregate method of repair, as one of perspective for their crease of efficiency of the system of hardware of connection in the field terms.

К е у w o r d s: automatic control and diagnostics system, technical service and repair, aggregate method of repair.

Глущенко Микола Олександрович – старший викладач кафедри управління діями підрозділів із засобами військового зв'язку Національної академії Національної гвардії України.

Майборода Ігор Миколайович – кандидат військових наук, доцент, завідувач кафедри управління діями підрозділів із засобами військового зв'язку Національної академії Національної гвардії України.

УДК 629.113.004



С. І. Кривошапов

МЕТОД НАБЛИЖЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ НОРМИ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО ДЛЯ МАШИН ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ

У статті розглянуто питання подальшого вдосконалення методики нормування витрат пального транспортними машинами. Розроблено метод наближеного оцінювання паливної економічності автомобілів шляхом оброблення статистичної інформації про їх технічні параметри. Розглянуто приклад нормування пального для автомобілів підвищеної прохідності.

К л ю ч о в і с л о в а: витрата пального, нормування, умови експлуатації, статистичне оброблення, регресійний аналіз, вантажні машини, транспорт.

Постановка проблеми. Витрата пального є узагальнюючим показником досконалості конструкції автомобіля, умов експлуатації та кваліфікації водія і може бути діагностичним показником загального стану автомобіля. При діагностуванні автомобіля за паливною економічністю необхідно виміряне значення витрати пального порівнювати з нормативними показниками. Однак в довідковій літературі відсутні нормативні значення витрати пального в літрах на 100 км за марками автомобілів. Заводи-виробники в технічних даних зовсім не вказують норми експлуатаційної витрати пального або наводять завищені значення паливної економічності автомобіля.

Аналіз досліджень і публікацій. Основним нормативним документом, що визначає облік і списання паливно-мастильних матеріалів, є наказ Міністерства транспорту України № 43 від 10 лютого 1998 р. зі змінами і доповненнями, останні з яких містяться у наказі Міністерства інфраструктури України № 36 від 24 січня 2012 р. [1]. Основним недоліком методики, введеної цими наказами, є те, що значення базової норми витрати пального встановлене індивідуально для кожної марки автомобіля, а кількість моделей дуже обмежена.

Існують розрахункові методи визначення витрати пального автомобілями. У різні роки вченими, такими як Н. А. Бухарін, М. Я. Говорущенко, В. В. Масковкін, А. Г. Бездомов, А. В. Дмитрієвський та інші, були визначені аналітичні залежності для розрахунку витрати пального [2].

Заслужують на увагу праці проф. Н. Я. Говорущенко. Він запропонував аналітичні залежності розрахунку витрати пального, які зв'язують основні конструктивні та експлуатаційні параметри автомобіля, властивості пального і умови експлуатації машин [3]. Пізніше були створені інші методики розрахунку витрати пального: з використанням ККД автомобіля і шуму прискорення [4] та за індикаторною витратою пального в окремих агрегатах автомобіля [5].

Всі ці методики з різним ступенем точності дозволяють розраховувати споживання пального автомобілями в умовах експлуатації. Однак для цього необхідні вихідні дані, що потребує доступу до технічної інформації заводу-виробника або довідкових ресурсів.

Метою статті є вдосконалення методики визначення норми витрати пального за технічною інформацією, що міститься у документації на автомобіль. Для цього потрібно визначити мінімальну кількість факторів, що впливають на витрату пального, та встановити між ними взаємозв'язок.

Моделювання витрати пального. У праці [6] введено поняття коефіцієнта корисної дії автомобіля – узагальнюючого показника для оцінювання ефективності конструкції автомобіля та умов його експлуатації. ККД автомобіля дорівнює відношенню потужності N_d , що витрачається на здійснення корисної роботи та підведена до дороги, до потужності N_T , яка підведена до автомобіля з паливом:

$$\eta_a = \frac{N_D}{N_T} \quad (1)$$

Потужність, яка підведена до дороги, визначається з балансу

$$N_D = N_i + N_w + N_j, \quad (2)$$

де N_i , N_w , N_j – потужності на подолання ухилу дороги, опору повітря та інерції автомобіля відповідно.

Вважатимемо усталеним режим руху автомобіля, тоді $N_j = 0$. Значення інших складових потужного балансу можуть бути отримані за такими виразами:

$$N_i = \frac{G_a \cdot i \cdot V_a}{3.6}; \quad N_w = \frac{k \cdot F \cdot V_a^3}{3.6^3} \text{ Вт}, \quad (3)$$

де G_a – вага автомобіля, Н; i – ухил дороги, %; k – коефіцієнт опору повітря, Н·с²/м⁴; F – лобова площа автомобіля, м²; V_a – швидкість руху автомобіля, км/год.

Потужність, зосереджену у пальному, можна визначити через часову витрату (G_T , кг/год) та нижчу теплоту згоряння (H_u , кДж/кг) пального [2]:

$$N_3 = \frac{3.6}{H_u \cdot G_T} \text{ Вт}. \quad (4)$$

Своєю чергою годинну витрату пального можна визначити через шляхову витрату пального (Q , л/100 км), швидкість автомобіля (V_a , км/год) і густину пального (ρ_T , кг/л) за формулою:

$$G_T = 0.01 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot Q. \quad (5)$$

З урахуванням залежностей (2–4) остаточно коефіцієнт корисної дії автомобіля розраховується за формулою

$$\eta_a = \frac{100 \cdot (G_a \cdot i + 0.077 \cdot k \cdot F \cdot V_a^2)}{H_u \cdot \rho_m \cdot Q}. \quad (6)$$

Згідно з другим законом Ньютона вага автомобіля дорівнює добутку маси автомобіля M_a на прискорення вільного падіння $g = 9.81 \text{ м/с}^2$. Винесемо M_a за дужку, а вираз в дужках позначимо через $K_{ш} = g \cdot i + 0.077 \cdot k \cdot \frac{F}{M_a}$, тоді формула (6) матиме такий вигляд:

$$\eta_a = \frac{100 \cdot K_{ш} \cdot M_a}{H_u \cdot \rho_m \cdot Q}. \quad (7)$$

З формули (7) можна визначити витрату пального

$$Q = \frac{100 \cdot K_{ш} \cdot M_a}{H_u \cdot \rho_m \cdot \eta_a}. \quad (8)$$

У цій формулі добуток $H_u \cdot \rho_m$ характеризує якість пального (бензин, дизельне пальне), $K_{ш}$ – шум прискорення (якість умов руху), M_a – маса автомобіля (ступінь завантаження автомобіля), η_a – ККД автомобіля (досконалість конструкції автомобіля).

Статистичний аналіз. Визначення ККД автомобіля за методикою, викладеною у авторефераті дисертації [6], є складним, тому що потребує великої кількості параметрів автомобіля.

За даними статті [4] середнє значення шуму прискорення для вантажних автомобілів дорівнює $0,11 \pm 0,01$. Показник якості пального для бензину складає $44000 \cdot 0.76 = 33440$, для дизельного пального – $43000 \cdot 0.84 = 36120$, де значення H_u та ρ_m наведені за рекомендаціями, що містяться у праці [3].

Тоді за формулою (7) для автомобіля з бензиновим двигуном $\eta_a = 3.37 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{M_a}{Q}$; для автомобіля з

дизельним двигуном $\eta_a = 2.98 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{M_a}{Q}$.

Розрахуємо значення ККД автомобілів, для яких встановлена базова норма витрати пального згідно з методикою [1]. Масу автомобіля можна взяти з довідкового джерела [7]. Витрату пального Q вважатимемо базовою нормою витрати за методикою [1]. Результати розрахунку наведені у таблиці.

Показники автомобілів підвищеної прохідності

Марка і модель автомобіля	Колісна формула	Тип пального	Споряджена маса, кг	Витрата пального, л / 100 км	ККД автомобіля
ВАЗ-21214	4×4	Б	1150	10,3	0,038
УАЗ-3151	4×4	Б	1680	16,0	0,035
УАЗ-31517	4×4	Д	1710	11,0	0,046
ПАЗ-3201	4×4	Б	4860	36,0	0,045
УАЗ-2206	4×4	Б	1850	17,8	0,035
УАЗ-3303	4×4	Б	1650	10,4	0,053
ГАЗ-66	4×4	Б	3440	28,0	0,041
ЗІЛ-131	6×6	Б	6135	41,0	0,05
ЗІЛ-157	6×6	Б	5050	39,0	0,044
Урал-375	6×6	Б	8000	50,0	0,054
Урал-4320	6×6	Д	8025	32,0	0,075
КамАЗ-43105	6×6	Д	8230	31,0	0,079
КрАЗ-255Б1	6×6	Д	11170	42,0	0,049
КрАЗ-260	6×6	Д	11750	42,5	0,082
ЗІЛ-157КДВ	6×6	Б	5070	38,5	0,044
ЗІЛ-131НВ	6×6	Б	5955	43,5	0,046
Урал-4420	6×6	Д	7765	31,0	0,075
КрАЗ-260В	6×6	Д	10900	40,0	0,081
КАЗ-4540	4×4	Д	6610	38,0	0,052
Урал-5557	6×6	Д	9075	34,0	0,079
УАЗ-3962	4×4	Б	1850	18,3	0,034

Розрахунок показав, що значення ККД різних автомобілів змінюються незначно. Для автомобілів з бензиновим двигуном можливо прийняти $\eta_a = 0.043$, а с дизельним $\eta_a = 0.072$. Ефективність автомобілів з дизельним двигуном на 40 % вище, ніж с бензиновим.

Поширимо закономірність зміни ККД автомобілів, для яких визначена базова норма витрати пального, на автомобілі, для яких ця норма не визначена [1].

З формули (8) можна приблизно встановити витрату пального у л/100 км:

– для автомобіля з бензиновим двигуном $Q = 7.83 \cdot 10^{-3} \cdot M_a$;

– для автомобіля з дизельним двигуном $Q = 4.13 \cdot 10^{-3} \cdot M_a$.

Наведені формули дозволяють приблизно розрахувати базову норму витрати пального, якщо вона не встановлена [1], знаючи тільки споряджену масу транспортного засобу.

Висновки

Результати дослідження можуть бути використані у тому випадку, коли відсутня інформація щодо витрати пального на автомобіль. Статистичний підхід дає змогу наближено встановити базову норму витрати пального для автомобілів підвищеної прохідності.

Список використаних джерел

1. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [Текст]. – К. : Мінтранс України, 1998. – 45 с.
2. Маяк, Н. М. Топливная экономичность автомобилей в сложных условиях движения [Текст] / Н. М. Маяк. – К. : Вища шк., 1990. – 215 с.
3. Говорущенко, Н. Я. Системотехника транспорта [Текст] / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Х. : ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
4. Говорущенко, Н. Я. Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД) [Текст] / Н. Я. Говорущенко, С. И. Кривошапов // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – Х. : ХНАДУ, 2004. – № 15.
5. Говорущенко, Н. Я. Методы диагностирования автомобилей по изменению общего и индикаторного расхода топлива и частных КПД в отдельных агрегатах [Текст] / Н. Я. Говорущенко, Ю. В. Горбик // Транспорт, экология – устойчивое развитие : XVI науч.-техн. конф. с междунар. участием, Варна : ТУ, 2010. – С. 442–450.
6. Кривошапов, С. І. Розробка методики та алгоритму загального діагностування автомобілів за зміною коефіцієнта корисної дії [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10. – Х., ХДАДТУ, 1999. – 20 с.
7. Краткий автомобильный справочник [Текст] / А. Н. Понизовкин, Ю. М. Власко, М. Б. Ляликов и др. – М. : ТАНКСОСАЛТИНГ : НИИАТ, 1994. – 779 с.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2017 р.

УДК 629.113.004

С. И. Кривошапов

**МЕТОД ПРИБЛИЖЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВА
ДЛЯ МАШИН ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ**

В статье рассмотрен вопрос дальнейшего совершенствования методики нормирования расхода топлива транспортных машин. Разработан метод приближенной оценки топливной экономичности автомобилей путем обработки статистической информации о их технических параметрах. Рассмотрен пример нормирования топлива для автомобилей повышенной проходимости.

К л ю ч е в ы е с л о в а: расход топлива, нормирование, условия эксплуатации, статистическая обработка, регрессионный анализ, грузовые машины, транспорт.

UDC 629.113.004

S. I. Krivoshepov

**THE METHOD OF APPROXIMATE DETERMINATION OF THE FUEL CONSUMPTION
RATE FOR OFF-ROAD VEHICLES**

In the article the question of the further perfection of a technique of rationing of the fuel consumption of transport vehicles is considered. A method is developed for an approximate evaluation of the fuel efficiency of cars on processing statistical information on the technical parameters of a car. An example of fuel rationing for off-road vehicles is considered.

K e y w o r d s: fuel consumption, rationing, operating conditions, statistical processing, regression analysis, trucks, transport.

Кривошапов Сергій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. проф. Н. Я. Говорущенко Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

УДК 629.113+656.3.44.083



В. П. Волков



І. В. Грицук



Ю. В. Волков

ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ УМОВАХ ITS

Показані особливості проведення дистанційного діагностування технічного стану в системі інформаційного забезпечення життєвого циклу транспортного засобу.

Ключові слова: алгоритм, дистанційний моніторинг, умови експлуатації, діагностичні засоби, блок управління, транспортний засіб.

Постановка проблеми. Сучасні бортові системи моніторингу параметрів технічного стану в умовах інтелектуальних транспортних систем (ITS) дозволяють здійснювати ідентифікацію транспортних засобів (ТЗ), безперервне автоматичне вимірювання параметрів, що характеризують стан ТЗ, діагностування (контроль справності ТЗ і його складових елементів), розпізнавання і запобігання розвитку відмов у його роботі і в кінцевому результаті – забезпечення функціонування системи ТО і ремонту ТЗ за технічним станом [1–4]. Означені системи являють собою складний комплекс бортових і стаціонарних технічних і програмних засобів.

Для проведення дистанційного моніторингу параметрів технічного стану, діагностування технічного стану і визначення кодів несправності ТЗ в комплексі обладнання повинні бути об'єднані навігаційно-зв'язкові і діагностичні блоки, які технологічно зв'язані з розгалуженою мережею штатних і додаткових датчиків контролю технічного стану окремих вузлів і систем ТЗ. При цьому взаємодія бортового комплексу моніторингу технічного стану ТЗ і діагностування повинна здійснюватись в рамках єдиної ідеології мобільної інформаційно-діагностичної системи ТЗ [1–5].

Основне призначення технічного діагностування полягає в підвищенні надійності об'єктів в процесі їхньої експлуатації, а також у запобіганні виробничому браку на етапі виготовлення об'єктів та їх складових частин [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі виробники і розробники систем моніторингу і діагностування ТЗ різного призначення реалізують системи комунікацій між транспортним засобом і віддаленим засобом контролю [3, 5–8], а також розробляють системи визначення статусів несправностей в телематичній системі контролю технічного стану ТЗ в реальному часі [2–4]. Також відомі інтелектуальні комплекси для управління експлуатацією засобів транспорту [3, 8–10], які включають в себе програмне забезпечення інформаційних програмних комплексів (ІПК) [11–13]. Проведеними дослідженнями [3, 8–13] були забезпечені можливості дистанційного використання моніторингу стану ТЗ у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів (ІДК), а також можливість ідентифікації діагностичних параметрів ТЗ та визначення роботоздатності при експлуатації ТЗ в умовах інформаційних можливостей ITS. Питання визначення DTCs (діагностичних кодів несправностей ТЗ) за допомогою бортового ІДК в умовах віртуального підприємства з експлуатації автомобільного транспорту в попередніх дослідженнях на достатньому для практичного використання рівні представлені не були. Тому висвітлення цього питання при дистанційному визначенні умов експлуатації і технічного стану ТЗ в умовах ITS можна вважати доцільним.

Для здійснення моніторингу і визначення кодів DTCs у складі бортового інформаційного комплексу доцільно визначити та узагальнити наявні відомості, а також створити алгоритм, що використовує інформаційний обмін у процесі дистанційного моніторингу і визначення кодів несправностей ТЗ, що працюють в умовах ITS.

Метою статті є обґрунтування особливостей, функцій і зв'язків основних елементів для здійснення інформаційного обміну при виконанні моніторингу і визначення кодів несправностей ТЗ на всіх етапах дистанційного виконання робіт відповідно до розробленого алгоритму в системі забезпечення життєвого циклу.

Виклад основного матеріалу. Однією із складових дослідження можливості дистанційного отримання інформації про умови експлуатації ТЗ в умовах роботи ITS є формування і дослідження

можливості дистанційного діагностування параметрів стану в пам'яті запам'ятовуючого пристрою ТЗ за допомогою кодів DTCs.

На рис. 1 показаний алгоритм отримання в ІПК інформації про несправності ТЗ у пам'яті запам'ятовуючого пристрою ТЗ.

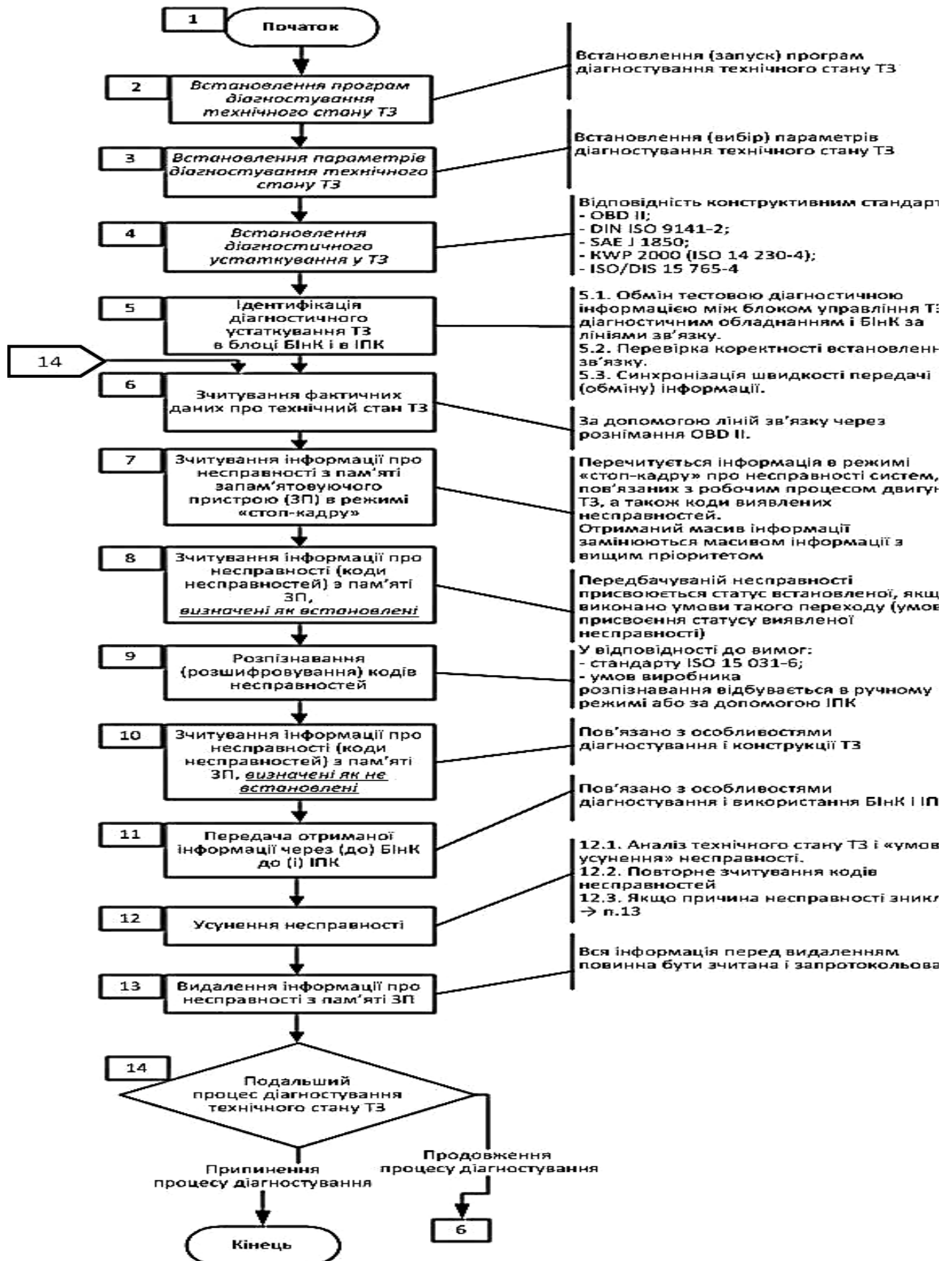


Рис. 1. Алгоритм отримання в ІПК інформації про несправності в пам'яті запам'ятовуючого пристрою ТЗ

Для забезпечення дії розробленого алгоритму (блок 1) на початку роботи потрібно в блоці 2 встановити (запустити) програми діагностування стану ТЗ в бортове обладнання забезпечення моніторингу і діагностування стану ТЗ. Після цього в блоці 3 проводиться встановлення (вибір) параметрів моніторингу і діагностування технічного стану ТЗ.

На наступному кроці алгоритму, в блоці 4, відбувається встановлення діагностичного устаткування в ТЗ. Для з'єднання ТЗ і діагностичного обладнання необхідно сполучити діагностичне обладнання або засіб моніторингу та рознімач OBD ТЗ [1, 6; 14–16]. Використовуючи перехідник (рис. 2), можливо під'єднатися через клеми 7 і 15 або 2 і 10 діагностичного рознімача тільки до блока управління системи випуску ВГ (приготування паливної суміші і запалення). Деякі автовиробники виводять на ці клеми також дроти К і L інших блоків управління. Автовиробник може розташувати дроти К і L інших блоків управління (наприклад, системи АБС, коробки передач, надувної подушки безпеки і т. д.) у рознімачі на свій розсуд (наприклад, вивести їх на клеми 1, 8, 9, 13). Кінці перехідникової коробки вставляються у гнізда, до яких під'єднують рознімачі універсального кабелю.

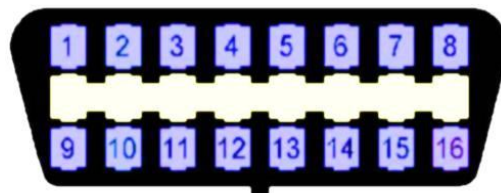


Рис. 2. Стандартний діагностичний рознімач:

клеми 7 і 15 – передавання інформації за стандартом DIN ISO 9141; клеми 2 і 10 – передавання інформації за стандартом SAE J 1850; клеми 1, 3, 8, 9, 11–13 не задіяні у системі самодіагностування OBD (розпорядження з управління передаванням даних за стандартом OBD II; клема 4 – маса транспортного засобу (кузова); клема 5 – сигнал “–”; клема 6 – сигнал CAN HIGH; клема 14 – сигнал CAN LOW; клема 16 – “+” від АКБ

На клемах 3, 11, 12 робочий контур OBD II-DV визначає шину автомобіля (шина є проводкою, до якої можуть підключатися різні блоки управління). У цьому робочому контурі європейські автовиробники та ті, хто комплектують, заміщають один одного.

Діагностичні рознімачі можуть бути встановлені на автомобілях, не обладнаних блоками управління з можливістю діагностування. Наявність діагностичного рознімача на автомобілі, таким чином, не може гарантувати можливість діагностування ТЗ з використанням спеціального програмного забезпечення.

На цьому ж етапі дії алгоритму у блоці 4 відбувається забезпечення зв'язку між блоком керування ТЗ і діагностичним (скануючим пристроєм) відповідно до стандарту ISO 9141-2. Цей стандарт, який узгоджується з американським стандартом OBD II, закріплює правила зв'язку між блоками управління автомобіля і діагностичним устаткуванням. Стандартом ISO 9141-2 визначено порядок контролю, перевірки, налаштування систем автомобіля з можливістю самодіагностування. Стандарт ISO 9141-2 відрізняється тільки способом зв'язку.

У стандарті OBD II також визначений порядок здійснення зв'язку за стандартом ISO 9141-2 як альтернатива стандарту SAE J 1850. Також допускається застосовувати стандарт KWP 2000 (ISO 14 230-4). Для стандартів OBD II і EOBD сьогодні діють такі способи передавання інформації:

- 1) за міжнародним стандартом ISO 9141-2 [6] (застосовується європейськими автовиробниками) з низькою швидкістю (5 бод);
- 2) за стандартом ISO 14 230-4 (KWP 2000) (застосовується європейськими автовиробниками) можливі висока і низька швидкості;
- 3) за стандартом SAE J 1850 (американські автовиробники);
- 4) за стандартом ISO/DIS 15 765-4 (діагностування бортового контролера зв'язку CAN та систем випуску відпрацьованих газів).

У блоці 5 алгоритму відбувається ідентифікація (ініціалізація) діагностичного устаткування ТЗ у блоці бортового інформаційного комплексу (БІНК) моніторингу і діагностування в ПК через лінії зв'язку. При діагностуванні блоків управління використовуються різні варіанти ідентифікації (ініціалізації) діагностичного устаткування. Вони описані у відповідних стандартах. Ініціалізація здійснюється через діагностичне устаткування, наприклад, через п'ятибодовий генератор адресації (стандарт ISO 9141-2). Ініціалізація при встановленні зв'язку між діагностичним приладом і блоком управління систем, пов'язаних з утворенням ВГ (запалювання, сумішоутворення), здійснюється через передавання адреси 33H (де H-гексадецимальна система) із швидкістю 5 біт/с. Потім діагностичний

прилад отримує від блока підтвердження на ініціалізацію. Воно складається зі зразка синхронізації за швидкістю бод [6] і двох ключових слів.

Для перевірки коректності встановленого зв'язку діагностичний прилад відправляє друге закодоване слово, записане у зворотному порядку (замість логічного елемента "0" пишеться "1" і навпаки). Після цього блок управління відправляє записану у зворотному порядку адресу 33H.

Наведемо зразок синхронізації за швидкістю бод. Вона складається із записаних чотири рази в одному ряду логічних рівнів "1" і "0" (прямокутний сигнал). Ці 8 біт інформації починаються і закінчуються стартовим і кінцевим бітом відповідно. Вона закінчується логічним елементом "1". Цей процес може тривати мінімум 2 мс або стільки, скільки потрібно для передавання одного біта зразка синхронізації, залежно від того, який біт довший. Зразок синхронізації швидкості передавання даних дозволяє "встановити контакт" між діагностичним приладом і блоком управління.

Комітет зі стандартизації автомобілів FAKRA надає автовиробникам і виробникам комплектуючих кодові слова, які завжди передаються парами. Для забезпечення надійного зв'язку між блоком управління і перевіроючим приладом використовуються логічні стани "0" і "1" як для передавання від перевіроючого устаткування до блока управління, так і від блока управління до перевіроючого приладу (рис. 5.16 [6]). У зв'язаних системах, наприклад, у сепаратних системах запалювання та сумішоутворення, проводи з позначками K і L з'єднані між собою. Розрізняють системи, в яких здійснюється:

- унідирекціональне передавання даних (тільки в одному напрямі) по K або L проводах;
- бідирекціональне передавання даних (у обох напрямках) по K проводу.

Після сигналу ініціалізації не допускаються збої в обміні даними між системами. За це відповідає виробник ТЗ [6].

При виконанні робіт у блоках 4 та 5 потрібно виходити з того, що описаний у стандарті ISO 15 031-4 діагностичний прилад повинен автоматично розпізнавати тип обміну інформацією з системою управління двигуном, що перевіряється. Крім того, діагностичний прилад повинен: відображати коди (DTCs) несправностей, пов'язаних з випуском ВГ; відображати фактичні параметри систем, пов'язаних з випуском ВГ; відображати технічний стан двигуна; відображати результати контролю λ-зонда; мати можливість видаляти інформацію про несправності; мати можливість виклику "підказки" під час роботи приладу. Особливості режимів роботи діагностичного приладу детально описані у працях [3, 6, 10], а особливості кодів (DTCs) несправностей – у працях [1, 3, 6, 10, 14, 15, 16].

У блоці 6 відбувається зчитування фактичних даних про технічний стан ТЗ, а в блоці 7 – зчитування інформації про несправності в пам'яті запам'ятовуючого пристрою (ЗП) в режимі "стоп-кадр". Інформація про умови експлуатації і умови навколишнього середовища необхідна для визначення несправностей, пов'язаних з утворенням ВГ, вона також фіксується у вигляді режиму "стоп-кадр" (режим роботи діагностичного приладу 2 [6]). Масив інформації, записаний у вигляді "стоп-кадру", замінюється масивом інформації, записаної у вигляді "стоп-кадру" з вищим пріоритетом, якщо код DTCs цієї несправності послідовно вноситься до пам'яті ЗП.

У блоках 8 і 10 відбувається зчитування інформації про несправності (коди DTCs) в пам'яті ЗП, визначені як встановлені (блок 8) і як не встановлені – "передбачувані" (блок 10).

Несправність ТЗ може бути класифікована як передбачувана і як визначена (гарантована). Інформація про несправність, визначену як встановлена, виводиться в режимі перевірки роботи діагностичного приладу 3 [6], а про не встановлену – в режимі роботи діагностичного приладу 7 [6]. Передбачуваній несправності присвоюється статус встановленої, якщо виконано умови такого переходу, наприклад, якщо несправність виникає періодично (кожного разу при прогріванні двигуна, під час наступних, одна за одною, поїздок) або не зникає протягом певного періоду часу.

Під час державного технічного огляду автомобіля використовується інформація тільки про виявлені несправності, тобто та, яка відображається у режимі перевірки роботи діагностичного приладу 3 [6]. Для діагностування автомобіля може виявитися корисною інформація про "передбачувані" несправності. Отже, інформація, що виводиться в режимах перевірки 3 і 7 представляє інтерес для авторемонтних станцій [6].

У блоках 9 і 11 відбувається розпізнавання (розшифровування) кодів DTCs і передавання отриманої інформації через (до) БІНК до (і) ІПК. Особливості процесу моніторингу і визначення коду DTCs безпосередньо на борту ТЗ з використанням БІНК у межах роботи ІПК детально описані у працях [1, 3, 6, 10, 14, 15, 16]. На рис. 3 показано отримання звіту про результати діагностування ТЗ при використанні програмного модулю Torque – "Коди несправностей" на основних етапах процесу. На рис. 4 показано розпізнавання кодів DTCs в процесі здійснення моніторингу і діагностування ТЗ. У блоці 12 проводиться усунення несправності з пам'яті ЗП. Якщо причина несправності зникла, то інформацію про неї можна видалити з пам'яті ЗП. Тоді говорять про "усунення несправності", у цьому випадку для кожної несправності встановлено свої "умови усунення". Умовою усунення

несправності може бути, наприклад, її відсутність протягом певної кількості поїздок. Кількість поїздок підраховується, і після досягнення певного значення, інформація про несправність видаляється з пам'яті ЗП.

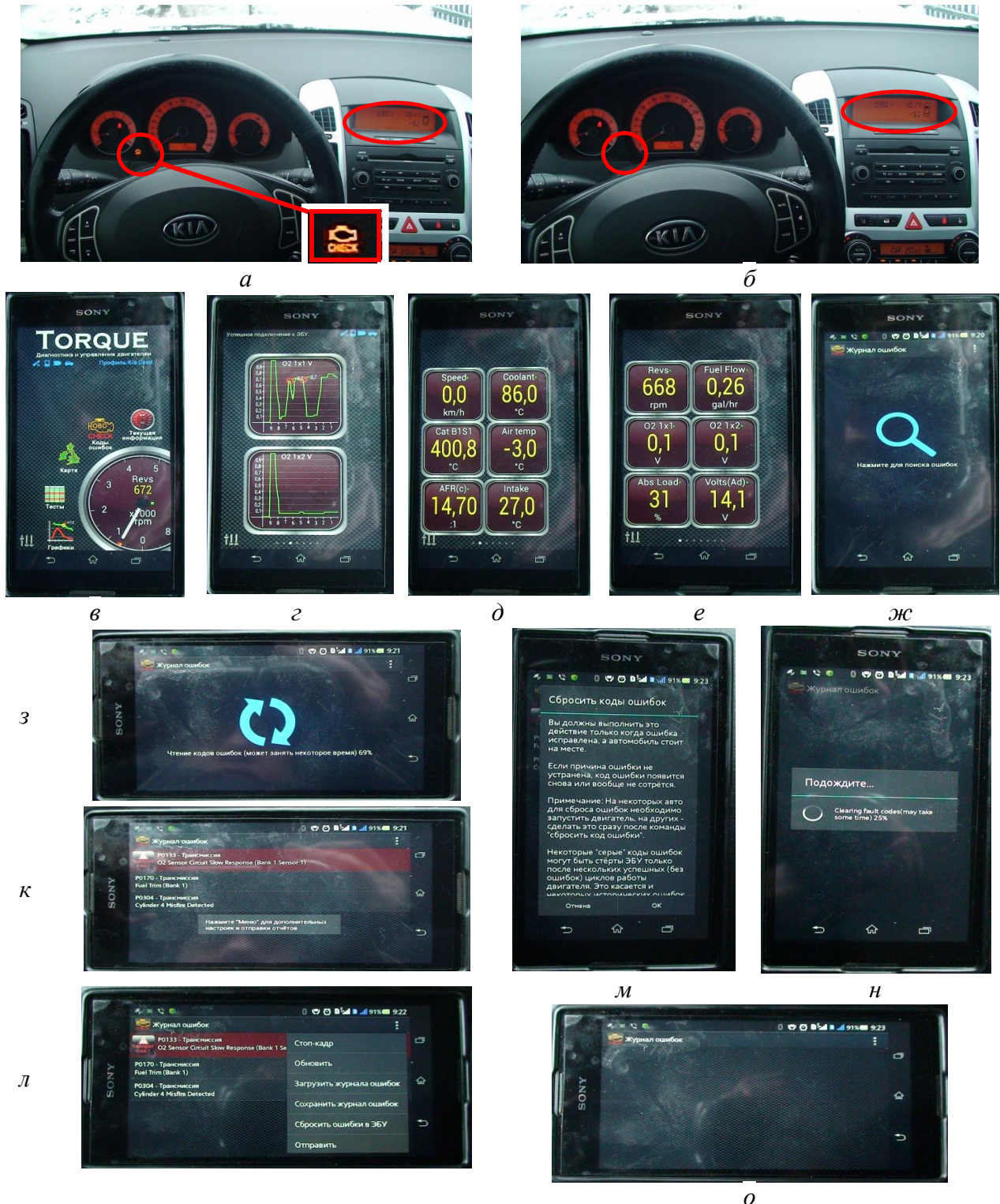


Рис. 3. Отримання звіту про результати діагностування ТЗ при використанні програмного модуля Torque – “Коди несправностей”:

а і б – панель приладів ТЗ до і після скидання кодів DTCs похибки; *в – е* – моніторинг технічного стану ТЗ; *ж, з* – пошук кодів DTCs несправностей ТЗ; *к, л* – розпізнавання отриманих кодів DTCs несправностей; *м, н, о* – скидання похибки електронного блока управління ТЗ

Итого – результаты определения DTCs	
Начало интервала	2016-01-06 16:06:32
Конец интервала	2016-01-09 10:02:19
Устройство	KIA CEE'D 2.0 5MT2 (AH3128CM) engine G4GC (4FS 8.2 / 9.35)
Пробег в поездках	131.6 Км
Время в движении	02:16:26
Выявление кода неисправности	3
Распознавание кода неисправности	3
Распознавание кода неисправности DTCs в БИПДК	
P0133 – Трансмиссия 02 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 1) P0170 - Трансмиссия Fuel Trim (Bank 1) P0304 - Трансмиссия Cylinder 4 Misfire Detected	
Предупреждение о наличии неисправности	Да / 00:26:58
Передача информации о выявленной неисправности	Да / 00:27:02
Пробег от момента выявления неисправности	116.6
Время от момента выявления неисправности	01:45:24
Сообщение сервера ИПК о распознавании DTCs	
P0133 O2 Sensor Circuit Slow Response (Sensor1)	P0133 Электрическая цепь датчика O2 – медленная реакция (ряд цилиндров 1, датчик 1)
P0170 Malfunction equalizer fuel supply (Bank 1)	P0170 Неправильная работа корректора подачи топлива (ряд цилиндров 1)
P0304 Cylinder 4-Misfire Detected	P0304 Зарегистрирован пропуск воспламенения в цилиндре №4
Предложенный ИПК вариант дальнейших действий для водителя:	
<p align="center">Для устранения ошибки(ок) необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> - остановить автомобиль, заглушить двигатель и удерживать его на месте стояночным тормозом; - устранить (исправить) самостоятельно неисправности (ошибки) в соответствии с указанными кодами ошибок. Если причина ошибки не устранена, код ошибки появится снова или вообще не сотрется; - включить зажигание автомобиля и «сбросить код ошибки» самостоятельно; - если «сбросить код ошибки» самостоятельно не удастся – обратиться для выполнения этой операции к диспетчеру; - запустить двигатель; - проверить наличие ошибок в системе или обратиться для выполнения этой операции к диспетчеру (в случае необходимости связаться с диспетчером телефоном); - если ошибка исправлена – продолжить дальнейшее движение. 	

Рис. 4. Підсумковий звіт про результати діагностування технічного стану і визначення DTCs автомобіля KIA CEE'D 2.0 5MT2 з двигуном G4GC (4FS 8.2 / 9.35) з використанням програмного модуля Torque у взаємодії з комп'ютером користувача через (від) ІПК "MonDiaFor" "HADI-15"

У блоці 13 відбувається видалення інформації про несправності в пам'яті ЗП. При цьому в режимі перевірки роботи діагностичного приладу видаляються дані про передбачувані та встановлені несправності, а також додаткова інформація (дані у вигляді "стоп-кадру", дані λ-зонда з режиму перевірки роботи діагностичного приладу); статусбітам у режимі 1 коду PID \$01 присвоюється значення "1".

Підсумковий звіт про результати діагностування технічного стану і визначення статусу несправностей при використанні програмного модуля Torque у взаємодії з комп'ютером користувача через (від) ІПК "MonDiaFor" "HADI-15" може бути доступним у вигляді зведеної таблиці діагностичних кодів несправностей ТЗ KIA CEE'D 2.0 5MT2 (AH3128CM) з двигуном G4GC (4FS 8.2 / 9.35).

Вибіркове видалення інформації неможливе і згідно із стандартом неприпустиме. Вся інформація, яка на даний момент або пізніше може бути необхідна, перед видаленням має бути зчитана і запротокольована. Якщо існує з'єднання декількох блоків управління, то команда на видалення буде видана всім блокам і одночасно усіма блоками виконана.

У блоці 14 відбувається логічна перевірка для визначення подальшого процесу діагностування технічного стану ТЗ. Якщо процес закінчено – діагностування припиняється, у іншому випадку – подальший процес відбувається у блоці 6.

Висновки

Виконано детальний опис алгоритму проведення дистанційного діагностування технічного стану транспортного засобу під час експлуатації в умовах ITS з використанням бортового інформаційного комплексу. Розглянуті варіанти визначення кодів несправностей в процесі експлуатації транспортного засобу в умовах ITS.

Список використаних джерел

1. Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу [Текст] / В. П. Волков, І. В. Грицук, А. П. Комов, Ю. В. Волков // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. – Вип. 30. – С. 51–62.

2. Ахмедов, Т. Н. Основы системы контроля состояния транспортного средства в процессе выполнения перевозок [Текст] / Т. Н. Ахмедов, С. В. Жанказиев, А. Е. Финкель // Научные аспекты развития транспортно-телематических систем. – М. : МАДИ, 2010. – С. 138 – 164.

3. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем [Текст] : монография / В. П. Волков, В. П. Матейчик, О. Я. Никонов и др.; под ред. В. П. Волкова. – Донецк : Ноулидж, 2013. – 398 с.

4. Ахмедов, Т. Н. Принципы определения статусов неисправностей в телематической системе контроля технического состояния автомобиля в реальном времени [Текст] / Т. Н. Ахмедов // Научные аспекты развития транспортно-телематических систем. – М. : МАДИ, 2010. – С. 165–180.

5. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем [Текст] / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов та ін. // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Х. : НТУ “ХПІ”, 2013. – № 29 (1002). – С. 138–144. – (Серія “Автомобіле- та тракторобудування”).

6. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля [Текст] : навч. посіб. / О. Ф. Дашенко, В. Г. Максимов, О. Н. Ніцевич та ін.; за ред. М. Б. Копитчука. – О. : Наука і техніка, 2012. – 392 с.

7. Hansen P., Wolfe V. Remote Diagnostics - the Next OEM Frontier // The Hansen Report on Automotive Electronics. Dec. 2003/Jan. 2004. Vol. 16, № 10. P. 1–3.

8. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Текст] / С. Ф. Головин. – М. : Альфа-М: ИНФРА-М, 2008. – 288 с.

9. Технічний регламент віртуального підприємства з експлуатації автомобільного транспорту “ХНАДУ ТЕСА” (основні положення) [Текст] : твір наук.-практ. характеру / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов та ін.; заявник і патентовласник В. П. Волков і ХНАДУ. – Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 53291 від 24.01.2014; заявка від 22.11.2013 № 53603.

10. Інтелектуальні системи моніторингу транспорту [Текст] : монографія / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов та ін. – Х. : НТМТ, 2015. – 246 с.

11. Технічний регламент програмного продукту “Віртуальний механік «HADI-12»” при реєстрації в ньому нового транспортного засобу [Текст] : наук. твір / В. П. Волков, П. Б. Комов, О. Б. Комов та ін.; заявник і патентовласник В. П. Волков. – Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 47233 від 15.01.2013; заявка від 15.11.2012 № 47525.

12. Технічний регламент програмного продукту “Service Fuel Eco «NTU-HADI-12»” при звичайній роботі [Текст] : твір наук.-практ. характеру / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов та ін.; заявник і патентовласник В. П. Волков і ХНАДУ. – Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 53292 від 24.01.2014; заявка від 22.11.2013 № 53604.

13. Технічний регламент і результати роботи інформаційного програмного комплексу (продукту) “MonDiaFor «HADI-15»” (monitoring, diagnosis, forecasting technical condition of the vehicle under ITS) при здійсненні моніторингу, діагностування, прогнозування параметрів технічного стану

транспортного засобу в умовах інтелектуальних транспортних систем [Текст] : твір наук.-практ. характеру / В. П. Волков, І. В. Грицук, О. В. Предко та ін. – Заявка від 04.04.2016 № 64765.

14. Хендерсон, Б. OBD-II и электронные системы управления двигателем [Текст] : руководство / Б. Хендерсон, Дж. Хейнес // СПб. : Алфамер Паблишинг, 2011. – 248 с.

15. Волков, В. П. Система формирования оптимального температурного состояния двигателя и транспортного средства в условиях ITS: мониторинг, диагностирование и прогнозирование параметров [Текст] / В. П. Волков, И. В. Грицук // Инновации и исследования в транспортном комплексе : мат-лы III междунар. науч.-практ. конф. 4–15 июня 2015 г., Курган; в 2-х ч. – Курган : Курганский ин-т железнодорожного трансп., 2015. – Ч. 2. – С. 36–42.

16. Мониторинг, диагностирование и прогнозирование параметров технического состояния транспортных средств в условиях ITS [Текст] / А. В. Предко, Ю. В. Грицук, И. В. Грицук, В. П. Волков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования : сб. науч. тр. по мат-лам ежегодных конф. – Воронеж, 2015. – Вып. 2. – С. 126–131.

Стаття надійшла до редакції 10.03.2017 р.

УДК 629.113+656.3.44.083

В. П. Волков, И. В. Грицук, Ю. В. Волков

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В ИНФОРМАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ ITS

Показаны особенности проведения дистанционного диагностирования технического состояния в системе информационного обеспечения жизненного цикла транспортного средства.

К л ю ч е в ы е с л о в а: алгоритм, дистанционный мониторинг, условия эксплуатации, диагностические средства, блок управления, транспортное средство.

UDC 629.113+656.3.44.083

V. P. Volkov, I. V. Gritsuk, Yu. V. Volkov

FINDING TECHNICAL STATE VEHICLE INFORMATION UNDER ITS

The features of the remote diagnosing of a technical condition of the system of information support of the vehicle lifecycle.

K e y w o r d s: algorithm, remote monitoring, operating conditions, diagnostics, control unit vehicle.

Волков Владимир Петрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Грицук Ігор Валерійович – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Волков Юрій Володимирович – аспірант кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

УДК 621.8



В. М. Нечипоренко



В. А. Сало



П. І. Літовченко



Л. П. Іванова

МЕТОД АНАЛІТИЧНОГО ОПИСУ КІНЦЕВОЇ МНОЖИНИ ПРИДАТНИХ ПОСАДОК З НАТЯГОМ В ОБЛАСТІ ІСНУВАННЯ ЇЇ n -ПАРАМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ

У статті розроблений математичний опис n -параметричної моделі області існування посадок з натягом у двовимірній системі координат на прикладі з'єднання з натягом за допомогою методики застосування теорії R -функцій. На базі отриманих залежностей перевірена відповідність аналітичної моделі реальній області існування раціональних посадок при автоматизованому проектуванні бандажних з'єднань.

К л ю ч о в і с л о в а: математичний апарат теорії R -функцій, посадка з натягом, автоматизований розрахунок, n -параметрична модель, питомий тиск, граничний натяг, остаточне проектне рішення.

Постановка проблеми. В умовах ведення бойових дій та підвищеної бойової готовності суттєве значення має технічне забезпечення військ. Якість і ефективність будь-яких технічних виробів, у тому числі військового призначення, залежить не тільки від складу й структури кожної деталі, а й від правильно вибраного технологічного способу складально-монтажних операцій. У цьому сенсі до сучасної бойової техніки висуваються підвищені вимоги, що пов'язано з модернізацією існуючих і створенням нових зразків з урахуванням бойового досвіду в зонах військових конфліктів.

Одним із способів складання технічних виробів, які широко застосовуються у машинобудівній галузі, зокрема у військовій техніці і озброєнні, є фрикційні з'єднання з натягом по гладкій поверхні. Прискорити розрахунок і вибір таких виробів, а також підвищити продуктивність процесу технологічної підготовки виробництва та скоротити терміни їх випуску дозволяє впровадження автоматизованого проектування. Тому проектування фрикційних з'єднань для складальних одиниць і вузлів військового призначення сьогодні є цілком актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Авторами наукових праць [1, 2] за допомогою розроблених програмних засобів для автоматизованого розрахунку посадок з натягом (комп'ютерної програми "Pressing boarding") проаналізовано результати чисельно-аналітичних досліджень отриманих даних. На їх основі здійснено синтез шляхом графоаналітичної побудови у тривимірній системі координат lpN та отримано n -параметричну модель геометричного образу, що є об'ємною областю існування посадок з натягом (ОПЗН).

У подальшому аналізі результатів досліджень моделі, описаної на основі використання математичного апарату теорії R -функцій [3], авторами розглянута задача подальшого удосконалення методики розрахунку і вибору посадок за допомогою згаданих програмних засобів. Спочатку запропоновано аналітичний опис допустимих рішень плоскої моделі pN ОПЗН у зазначеному дискретному перерізі n -параметричної моделі для певного значення l . Як розвиток досліджень, виконаних за допомогою того ж апарату R -функцій, аналітично описано сформовану комп'ютерною програмою Pressing boarding можливу кінцеву множину придатних стандартних посадок з натягом – КМПСПЗН. Вони повинні перетинати кожний такий сукупний набір паралельних плоских моделей pN у перерізах об'ємної моделі ОПЗН, відповідних дискретним значенням l . З множини цих посадок необхідно вибирати раціональне проектне рішення, що знаходиться всередині границь плоскої моделі pN ОПЗН.

Опис такої аналітичної моделі КМПСПЗН показав високу ефективність отриманої авторами методики та її відповідність геометричній плоскій моделі (поки що вона не описана повністю), в якій на наступному етапі слід відшукати раціональне і, нарешті, оптимальне проектне рішення.

Мета статті полягає у подальшій модернізації методики аналітичного опису КМПСПЗН геометричної n -параметричної моделі в області її існування залежно від питомого тиску і натягу у визначеному діапазоні значень робочої довжини. Вказаної мети доцільно спробувати досягти за допомогою використання математичного апарату теорії R -функцій при застосуванні програмних засобів Pressing boarding [1, 2, 4] для автоматизованого розрахунку у процесі проектування пресових фрикційних з'єднань з натягом.

Виклад основного матеріалу. Розв'язування сформульованої задачі на прикладі пресового фрикційного з'єднання зубчастого колеса розглянуто у праці [4]. Як зазначено вище, за допомогою теорії R -функцій авторами розглянуто опис сукупності прямих відрізків (тобто можливої КМПСПЗН), які відповідають кожному допуску ймовірного натягу i -ї табличної посадки та обмежені початковою $N_{i\min}$ і кінцевою $N_{i\max}$ точками, що потрапляють у границі ОПЗН між значеннями граничних питомих тисків $[p_{\min}]$ і $[p_{\max}]$ та натягів $[N_{\min}]$ і $[N_{\max}]$.

Також описані прямокутник $ktnq$ (рис. 1) та верхня границя області КМПСПЗН – діагональ mq , яка обмежує відрізки допусків ймовірного натягу стандартних посадок і дотикається до їх максимальних значень $N_{i\max}$. На наступному етапі необхідно описати нижню границю мінімальних значень $N_{i\min}$ у вигляді ламаної кривої $DEFGHKL$, а також всю область КМПСПЗН ($ABCDEFGHIJKLMNQST$ на рис. 1 і 2), яку позначимо Ω .

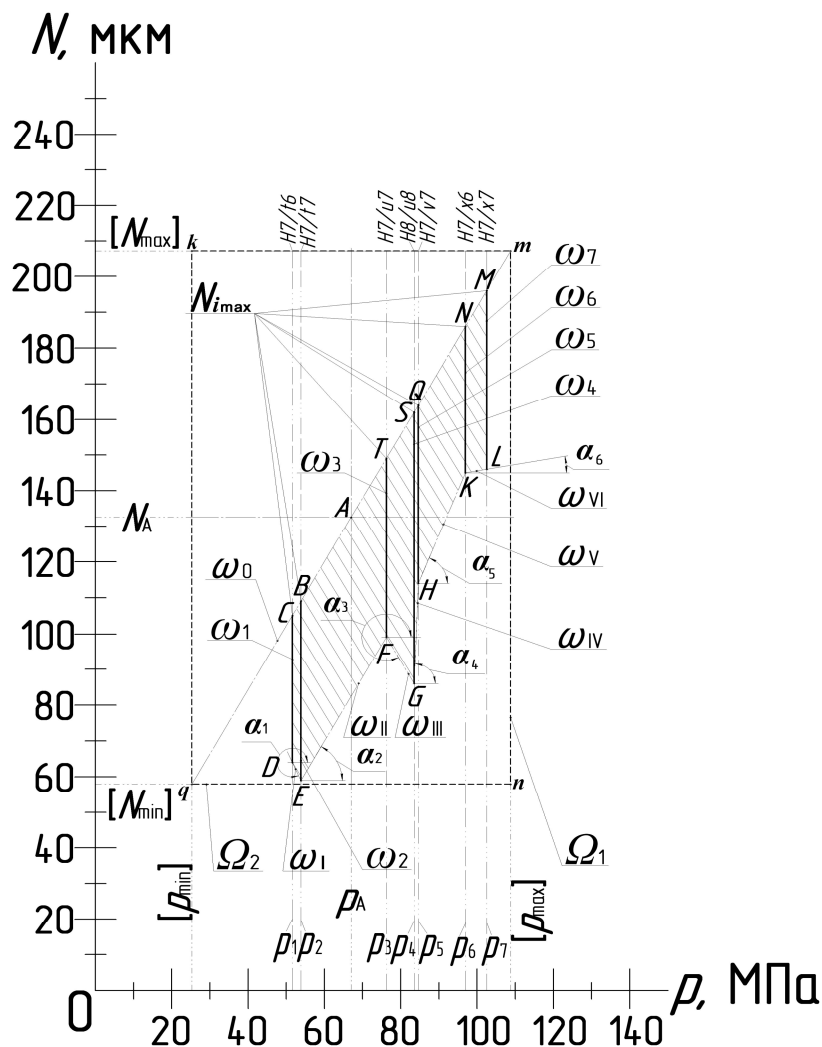


Рис. 1. Область кінцевої множини раціональних придатних стандартних посадок з натягом для залежності натягу від питомого тиску $N = f(p)$ при діаметрі $d = 85$ мм

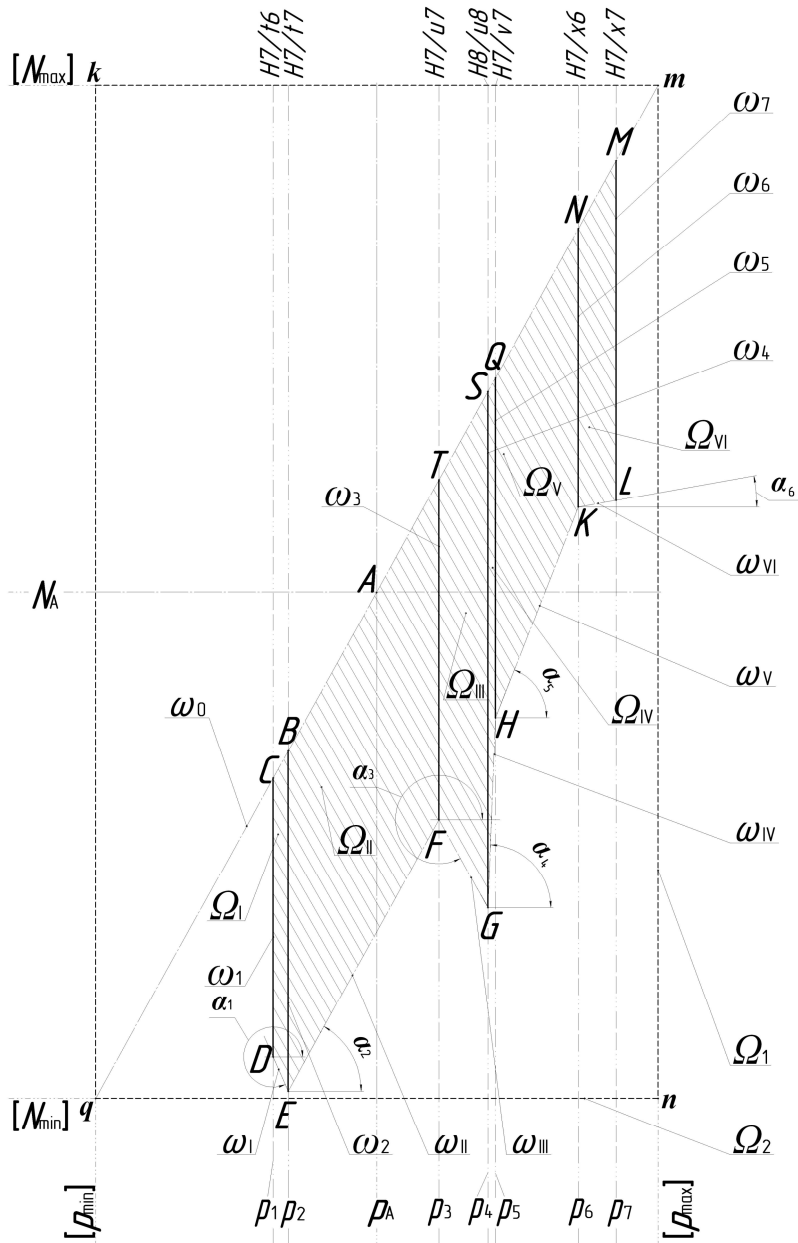


Рис. 2. Вигляд окремих ділянок області Ω між питомими тисками p_i і p_{i+1} сусідніх придатних стандартних посадок

Для математичного опису досліджуваної області Ω розіб'ємо її на окремі ділянки у вигляді чотирикутників – областей $\Omega_I, \Omega_{II}, \Omega_{III}, \Omega_{IV}, \Omega_V, \Omega_{VI}$ (рис. 2). Тоді загальну область Ω на основі властивостей об'єднання множин можна описати у вигляді:

$$\Omega = \Omega_I \vee_0 \Omega_{II} \vee_0 \Omega_{III} \vee_0 \Omega_{IV} \vee_0 \Omega_V \vee_0 \Omega_{VI}, \quad (1)$$

де \vee_0 – символ R -диз'юнкції [3]

$$f \vee_0 g = f + g + \sqrt{f^2 + g^2}; \quad (2)$$

Ω_I – ділянка $CDEB$ області Ω між питомими тисками p_1 і p_2 для стандартних посадок $H7/t6$ і $H7/t7$ відповідно;

Ω_{II} – ділянка $BEFT$ області Ω між питомими тисками p_2 і p_3 для стандартних посадок $H7/t7$ і $H7/u7$ відповідно;

Ω_{III} – ділянка $TFGS$ області Ω між питомими тисками p_3 і p_4 для стандартних посадок $H7/u7$ і $H8/u8$ відповідно;

Ω_{IV} – ділянка $SGHQ$ області Ω між питомими тисками p_4 і p_5 для стандартних посадок $H8/u8$ і $H7/v7$ відповідно;

Ω_V – ділянка $QHKN$ області Ω між питомими тисками p_5 і p_6 для стандартних посадок $H7/v7$ і $H7/x6$ відповідно;

Ω_{VI} – ділянка $NKLM$ області Ω між питомими тисками p_6 і p_7 для стандартних посадок $H7/x6$ і $H7/x7$ відповідно.

Аналітична формула окремої ділянки області Ω_{k_i} між питомими тисками p_i і p_{i+1} сусідніх придатних стандартних посадок визначається на основі властивостей перетину множин:

$$\begin{aligned} \Omega_{k_i} &= \omega_0 \wedge_0 \omega_1 \wedge_0 \omega_{i+1} \wedge_0 \omega_{k_i} = \left(\omega_0 + \omega_1 - \sqrt{\omega_0^2 + \omega_1^2} \right) \wedge_0 \left(\omega_{i+1} + \omega_{k_i} - \sqrt{\omega_{i+1}^2 + \omega_{k_i}^2} \right) = \\ &= \omega_0 + \omega_1 - \sqrt{\omega_0^2 + \omega_1^2} + \omega_{i+1} + \omega_{k_i} - \sqrt{\omega_{i+1}^2 + \omega_{k_i}^2} - \sqrt{\left(\omega_0 + \omega_1 - \sqrt{\omega_0^2 + \omega_1^2} \right)^2 + \left(\omega_{i+1} + \omega_{k_i} - \sqrt{\omega_{i+1}^2 + \omega_{k_i}^2} \right)^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

У формулі (3) \wedge_0 – символ R -кон'юнкції [3]:

$$f \wedge_0 g = f + g - \sqrt{f^2 + g^2}; \quad (4)$$

ω_0 – верхня границя максимальних значень натягів $N_{i\max}$ допуску стандартних посадок (діагональ mq), загальна для Ω , вона має такий аналітичний вигляд [4]:

$$\omega_0 = \left(p - \frac{[p]}{[N]} N + [p] \right); \quad (5)$$

ω_i (аналогічно ω_{i+1}) – аналітична формула i -ї придатної стандартної посадки області КМПСПЗН, яка описана у праці [4]:

$$\omega_i = p - p_i + \left(N - (N_{i\max} + N_{i\min}) \right)^2 - \left(\frac{N_{i\max} - N_{i\min}}{2} \right)^2 + \sqrt{\left(p - p_i \right)^2 + \left(N - (N_{i\max} + N_{i\min}) \right)^2 - \left(\frac{N_{i\max} - N_{i\min}}{2} \right)^2}; \quad (6)$$

ω_{k_i} – нижня границя (відрізки ω_I , ω_{II} , ω_{III} , ω_{IV} , ω_V і ω_{VI}) мінімальних значень натягів від $N_{i\min}$ до $N_{(i+1)\min}$ для відповідних сусідніх допусків стандартних посадок області КМПСПЗН між питомими тисками p_i і p_{i+1} .

Слід зазначити, що функції ω_s визначають рівняння $\omega_s = 0$ елементів Γ_s границі досліджуваної області Ω_s та задовольняють умови [3]:

$$\omega_s > 0 \text{ усередині } \Omega_s; \quad \omega_s = 0 \text{ і } |\text{grad } \omega_s| = 1 \text{ на } \Gamma_s. \quad (7)$$

У загальному вигляді рівняння похилої прямої ω_{k_i} має вигляд:

$$\omega_{k_i} = p_k \cdot p + N_k \cdot N + c_k, \quad (8)$$

де p_k і N_k – точки перетину напрямних відрізків ω_{k_i} з координатними осями p і N відповідно, які нахилені під кутами α_{k_i} до горизонту, тобто $p_k = p_i - p$ є відстань між питомим дійсним тиском p_i i -ї посадки та початком координати p , а $N_k = N_{i\min} - N$ – відстань між мінімальним імовірнісним натягом $N_{i\min}$ тієї ж посадки та початком координати N ;

c_k – стала величина у рівнянні прямої (8).

Залежно від кута нахилу α_{k_i} до горизонту можливі три випадки математичного опису відрізка ω_{k_i} .

1. Для кута нахилу $\alpha_{k_i} \geq 180^\circ$ (α_1 і α_3 відповідно) напрямні відрізків ω_I і ω_{III} перетнуть координатні осі у точках $(0, N_k)$ і $(p_k, 0)$, тобто при $p = 0, N = N_k$ і $p = p_k, N = 0$. Зведемо рівняння (8) до канонічного вигляду:

$$\omega_{k_i} = p + \frac{N_k}{p_k} N + \frac{c_k}{p_k} = p + a_{1k} \cdot N + a_{2k}. \quad (9)$$

При $a_{1k} = \frac{p_k}{N_k} = \text{ctg}(\alpha_{k_i})$, $a_{2k} = -p_k$ рівняння (9) остаточно набуває такого вигляду:

$$\omega_{k_1} = p + \frac{p_k}{N_k} N - p_k = p + \frac{p_i - p}{N_{i\min} - N} N - (p_i - p) = 2p + \frac{p_i - p}{N_{i\min} - N} N - p_i = 2p + N \cdot \text{ctg}(\alpha_{k_1}) - p_i. \quad (10)$$

2. Для кута нахилу α_{k_2} (α_2 , α_4 і α_5 відповідно) у діапазоні $45^\circ \leq \alpha_{k_2} \leq 90^\circ$ напрямні відрізків ω_{k_2} (ω_{II} , ω_{IV} і ω_V відповідно) перетнуть координатні осі $(0, -N_k)$ і $(p_k, 0)$, тобто при $p = 0$, $N = -N_k$ і $p = p_k$, $N = 0$. Після зведення рівняння прямої (9) до канонічного вигляду отримаємо:

$$\omega_{k_2} = p - \frac{p_k}{N_k} N - p_k = 2p - \frac{p_i - p}{N_{i\min} - N} N - p_i = 2p - N \cdot \text{ctg}(\alpha_{k_2}) - p_i. \quad (11)$$

3. Для кута нахилу α_{k_3} (α_6) $\leq 45^\circ$ напрямна відрізка ω_{k_3} (ω_{VI}) перетне точки $(0, N_k)$ і $(-p_k, 0)$, тобто при $p = 0$, $N = N_k$ і $p = -p_k$, $N = 0$. Канонічний вигляд рівняння прямої ω_{k_3} має такий вигляд:

$$\omega_{k_3} = p - \frac{p_k}{N_k} N + p_k = p_i - \frac{p_i - p}{N_{i\min} - N} N = p_i - N \cdot \text{ctg}(\alpha_{k_3}). \quad (12)$$

Тоді окремі ділянки Ω_{k_i} досліджуваної області Ω між питомими тисками p_i і p_{i+1} сусідніх придатних стандартних посадок, які зазначені у рівнянні (3), набувають, залежно від кута нахилу α_{k_i} , такого вигляду:

$$\begin{aligned} \Omega_{k_1} &= \left(p - \frac{[p]}{[N]} N + [p] \right) \wedge_0 \omega_i \wedge_0 \omega_{i+1} \wedge_0 \left(2p + \frac{p_i - p}{N_{i\min} - N} N - p_i \right); \\ \Omega_{k_2} &= \left(p - \frac{[p]}{[N]} N + [p] \right) \wedge_0 \omega_i \wedge_0 \omega_{i+1} \wedge_0 \left(2p - \frac{p_i - p}{N_{i\min} - N} N - p_i \right); \\ \Omega_{k_3} &= \left(p - \frac{[p]}{[N]} N + [p] \right) \wedge_0 \omega_i \wedge_0 \omega_{i+1} \wedge_0 \left(p_i - \frac{p_i - p}{N_{i\min} - N} N \right). \end{aligned} \quad (13)$$

Згідно з працею [4] $[p] = \frac{[p_{\max}] - [p_{\min}]}{2}$; $[N] = \frac{[N_{\max}] - [N_{\min}]}{2}$. Щодо аналітичного виразу

формули (1), то його необхідно використати на останньому етапі отримання остаточного математичного рівняння, що повністю характеризує геометрію всієї досліджуваної області Ω (рис. 1 і 2) кінцевої множини раціональних придатних стандартних посадок.

Висновки

У статті розроблено алгоритм математичного опису кінцевої множини стандартних посадок з натягом в області її існування із застосуванням теорії R -функцій. Результати даного дослідження дозволяють прогнозувати створення ефективного алгоритму n -параметричного аналітичного моделювання області існування посадок з натягом та модернізації на цій основі програми Pressing boarding.

Список використаних джерел

1. Новий науково обґрунтований метод автоматизованого проектування посадок з натягом [Текст] / П. І. Літовченко, В. М. Нечипоренко, В. А. Сало, Л. П. Іванова // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2013. – Вип. 1. – С. 74–79.
2. Універсальний алгоритм вибору посадки з натягом на основі нового методу автоматизованого розрахунку її раціональних параметрів [Текст] / В. М. Нечипоренко, П. І. Літовченко, В. А. Сало, Л. П. Іванова // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2013. – Вип. 2. – С. 72–75.

3. Рвачев, В. Л. Геометрические приложения алгебры логики [Текст] / В. Л. Рвачев. – К. : Техника, 1967. – 212 с.

4. Використання теорії R -функцій для створення раціональних посадок з натягом [Текст] / В. М. Нечипоренко, П. І. Літовченко, В. А. Сало та ін. // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НА НГУ, 2016. – Вип. 2. – С. 72–76.

Стаття надійшла до редакції 13.03.2017 р.

УДК 621.8

В. Н. Нечипоренко, В. А. Сало, П. И. Литовченко, Л. П. Иванова

МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ КОНЕЧНОГО МНОЖЕСТВА ПРИГОДНЫХ ПОСАДОК С НАТЯГОМ В ОБЛАСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЕЕ n -ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В статье разработано математическое описание n -параметрической модели области существования посадок с натягом в двухмерной системе координат на примере соединения с натягом с помощью методики применения теории R -функций. На базе полученных зависимостей проверено соответствие аналитической модели реальной области существования рациональных посадок при автоматизированном проектировании бандажных соединений.

Ключевые слова: математический аппарат теории R -функций, посадка с натягом, автоматизированный расчет, n -параметрическая модель, удельное давление, предельный натяг, окончательное проектное решение.

UDC 621.8

V. M. Nechiporenko, V. A. Salo, P. I. Litovchenko, L. P. Ivanova

METHOD OF THE ANALYTICAL DESCRIPTION OF THE FINAL LOT OF SUITABLE OF INTERFERENCE FIT IN THE AREA OF EXISTENCE OF ITS n -PARAMETRIC MODEL

Mathematical description of the n -parametric model of the area of existence of interference fit in a two-dimensional coordinate system is developed in the paper using the example of a compound with interference using the technique of applying the theory of R -functions. On the basis of obtained dependencies, has been verified the correspondence of the analytical model of the real area of existence of rational fits to the automated design of bandage compounds.

Keywords: mathematical apparatus of the theory of R -functions, an interference fit, automated calculations, n -parametric model, specific pressure, limited interference, the final design solution.

Нечипоренко Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України.

Сало Валентин Андрійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України.

Літовченко Петро Іванович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України.

Іванова Лариса Петрівна – старший викладач кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України.

УДК 621.923



О. В. Тігаренко

МОЖЛИВОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВОГО ПІДХОДУ ДО ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНИХ УМОВ ОБРОБКИ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДОЗИМЕТРІВ

Розглянуто базові принципи експериментально-теоретичного дослідження фізичного процесу поширення тепла при обробці чутливих полімерних елементів радіаційних детекторів. Розроблена математична модель спрямована на прогнозування стану заготовки за різних умов обробки для обґрунтованого вибору матеріалу та геометрії ріжучого інструмента і розширення технологічних можливостей процесу. Запропоновані варіанти розробки та вдосконалення чисельної моделі для скорочення часу розрахунків. Спираючись на термографічні дослідження для інструмента із надтвердого композиційного матеріалу та твердосплавного матеріалу із різною геометрією, визначені межі поширення температурних полів по поверхні та у глибину шару, що обробляється. Дані практичні рекомендації щодо корегування значень параметрів режиму різання для забезпечення мінімального теплового навантаження чутливих полімерних виробів.

К л ю ч о в і с л о в а: іонізуючі випромінювання, сцинтилятор, дозиметр, полімерні матеріали, обробка різанням, математичне моделювання, поверхневий шар, торцеве фрезерування, термографія, температурне поле, теплове джерело, ріжучий інструмент, інструментальні матеріали, якість.

Постановка проблеми. З жовтня 2014 року функцією Національної гвардії України є охорона ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів та інших джерел іонізуючого випромінювання державної власності. У перспективі є наміри заснування окремих підрозділів для проведення радіаційної розвідки. Успішна реалізація поставлених завдань значною мірою залежить від укомплектованості особового складу сучасними приладами (бажано вітчизняного виробництва), які з високою точністю зможуть реєструвати іонізуючі випромінювання різного типу та інтенсивності.

Виявлення випромінювань базується на їх здатності іонізувати та збуджувати атоми і молекули середовища, в якому вони поширюються. Одним з проявів зараження середовища є люмінесценція деяких речовин. Такі світлові спалахи можливо зареєструвати за допомогою сцинтиляційних пристроїв – дозиметрів. За призначенням їх поділяють на ті, що використовуються для контролю ступеня зараження середовища та контролю опромінення, і для радіаційної розвідки місцевості. Активною речовиною таких пристроїв частіше за все є термопластичні полімерні оптичні матеріали. Вони легкі, корозійно- та атмосферостійкі і за умови чіткого дотримання технології полімеризації, кожного з етапів механічної обробки та норм експлуатації можуть прослужити десятки років.

Надійність і безпечність функціонування засобів радіаційного контролю визначається і повністю залежить від безвідмовної роботи активних реєструючих речовин. Оскільки підвищена температура під час обробки полімерних матеріалів може незворотно змінити їх властивості і тим самим скоротити термін використання, актуальність пошуку шляхів для її контролю не викликає сумнівів. Застосування виключно експериментального підходу для такого роду теплових досліджень потребує використання декількох принципово різних методик, що доповнюють одна одну. Такі дослідження завжди пов'язані з великою кількістю кропітких вимірювань, їх подальшим аналізом та врахуванням обмежень. При цьому отримані результати не дають уяви про повну картину поширення тепла в тілі заготовки, а саме: про глибину проникнення та розподіл у поверхневому шарі. Використання методів математичного моделювання без експериментальних даних теж не дозволяє достовірно відобразити теплову картину розподілу температури у заготовці під час обробки. Саме тому розробка сумісного

розрахунково-експериментального підходу має не тільки більш повно висвітлити особливості теплової взаємодії інструменту з заготовкою, а й дозволити ефективно прогнозувати стан поверхневого шару при зміні умов обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі наукові праці, в яких обґрунтовано доводяться можливості застосування математичного моделювання для дослідження процесів обробки різанням металевих сплавів [1–4, 7, 8]. Постійний розвиток апаратного та програмного забезпечення дозволяє з високою достовірністю відстежувати процеси силової взаємодії, деформації, поширення тепла в інструменті та заготовці, які за звичайних умов фізичного експерименту дослідити надзвичайно складно. Для цього сама обробка різанням представляється як процес зміни форми з великою швидкістю. Головна проблема моделювання таких складних перетворень полягає у великій локалізації прикладених навантажень, що потребує встановлення малого кроку сітки із кінцевих елементів і відповідно значного часу для розрахунків. Фокус інженерних досліджень тривалий час знаходився у площині розробки моделей інструменту та деталі, які б могли враховувати їхні фізико-механічні властивості та відтворювати процес утворення стружки. Залежно від об'єкта досліджень була доведена ефективність використання математичного апарату для раціонального вибору геометрії та матеріалу інструмента для фрезерування алюмінієвих сплавів [4], визначення параметрів режиму точіння та умов охолодження конструкційних сталей [1], пластичної деформації заготовки із композиційного матеріалу [5].

Попередньо у статті [6] були визначені найважливіші вхідні параметри для створення універсальної математичної моделі теплофізичних умов взаємодії інструменту та заготовки. Зазначено, що значення кожного з цих параметрів необхідно визначити експериментально в процесі обробки різанням, щоб у подальшому при верифікації і вдосконаленні чисельної моделі отримати достовірну математичну модель для всебічних досліджень. За такою логікою було запропоновано методику визначення одного з важливих параметрів математичної моделі – коефіцієнта теплообміну між заготовкою та навколишнім середовищем. Наступним кроком має бути корегування моделі з урахуванням властивостей інструментального матеріалу та геометрії інструменту.

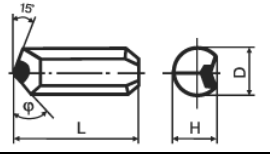
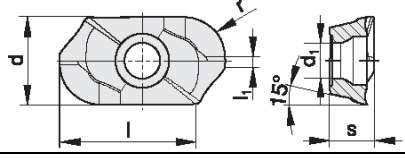
Метою статті є обґрунтування можливостей математичного моделювання щодо вибору параметрів режиму різання для різних ріжучих інструментів, при яких забезпечується висока якість полімерних детекторів.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом експериментальних досліджень вибрано найпоширеніший матеріал для виготовлення сцинтиляційних детекторів – блочний полістирол марки UPS-923A (діаметр 48 мм, товщина 18 мм) виробництва науково-дослідного підприємства Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України. Серед багатьох інших переваг цей матеріал має підвищену чутливість до випромінювань та малий час їх реєстрації ($\sim 3 \cdot 10^{-9}$ с). Всі натурні експерименти та математичне моделювання проведені для процесу торцевого фрезерування, оскільки він є найпродуктивнішим при обробці великогабаритних плоских поверхонь і належить до основних етапів технології виготовлення детекторів.

Як інструментальні матеріали використані надтвердий композиційний матеріал марки СКМ-Р (Полтавський алмазний завод) та твердосплавний вольфрамо-кобальтовий матеріал (ВК6-М) марки Н216Т (CERATIZIT, Австрія). Обидва матеріали були вибрані за їх здатність добре відводити тепло із зони різання та достатню міцність. При цьому матеріал СКМ-Р має високу зносостійкість, але дуже важко піддається формуванню ріжучих поверхонь, а матеріал Н216Т завдяки процесу спікання може набирати складну геометричну форму з необхідними поверхнями для доведення, проте, має значно меншу твердість. Фізичні властивості та геометрія інструментів представлені у таблиці.

Серед головних особливостей процесу фрезерування полімерних матеріалів, що створюють певні труднощі для їх математичного опису, можна виділити такі: нестационарність, змінну товщину шару, що зрізається, складний характер теплообміну. Тому на першому етапі моделювання ретельно досліджувалися теплофізичні процеси в зоні контакту за допомогою цифрової термографічної камери ThermoVision A20-M (FLIR Systems, США). При цьому для різних параметрів режиму різання реєструвалася повна теплова картина взаємодії, з відеоряду вибирався момент обробки з максимальною температурою на поверхні заготовки (див. рис. 1, а), за допомогою програмного забезпечення ThermoCAM Researcher 2.8 розраховувався розподіл тепла у зоні контакту з визначенням згідно з даними профілограми найбільшого значення температури за весь час спостереження (див. рис. 1, б).

Геометричні параметри та фізичні властивості ріжучих інструментів

Основні властивості	Тип ріжучої вставки	
	СКМ-Р	Твердий сплав
		
Геометричні параметри		
Передній кут γ , °	0	22
Задній кут α , °	15	15
Головний кут у плані ϕ , °	45	90
Допоміжний кут у плані ϕ_1 , °	10	2
Радіус при вершині r , мм	0,5	0,4
Довжина вставки L (ріжучої крайки l), мм	25,00	10,00
Довжина додаткової ріжучої крайки l_1 , мм	-	2,0
Висота різця H (пластини s), мм	6,5	3,97
Діаметр різця D (ширина пластини d), мм	8	6,8
Фізичні властивості інструментального матеріалу		
Середній розмір зерна, мкм	10	1
Щільність, г/см ³	3,5	15,00
Твердість за Вікерсом, МПа	10000	1630
Теплопровідність, Вт/м·К	120	100

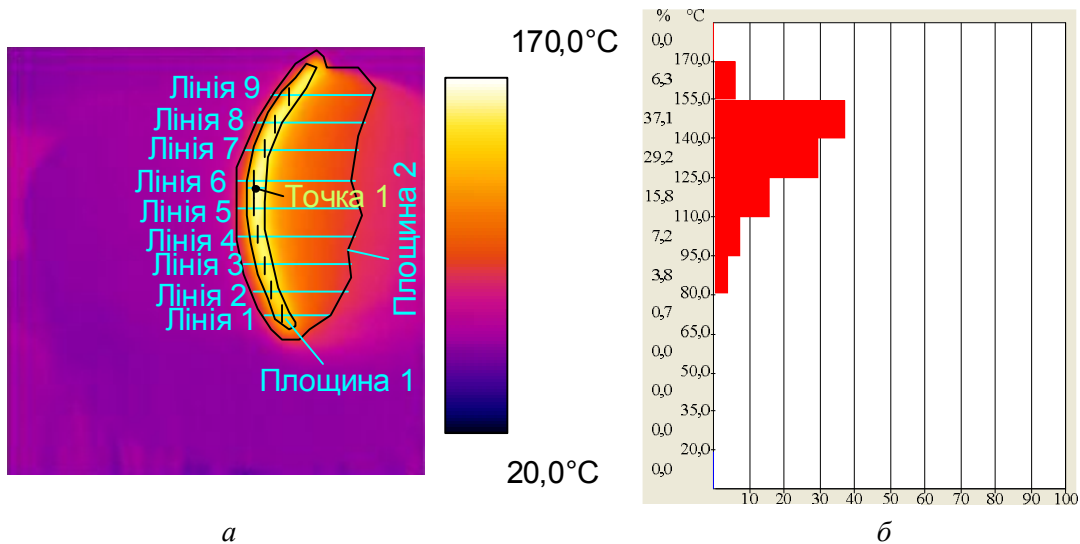


Рис. 1. Аналіз теплового стану заготовки за термографічними даними:
а – тепловий стан поверхні різання; б – розподіл тепла по поверхні різання

Другим етапом моделювання було розроблення відповідної до умов експерименту геометричної моделі з урахуванням розмірів заготовки та ріжучої частини інструменту. Вже на цьому етапі для спрощення та скорочення майбутніх розрахунків необхідно було передбачити варіанти поділу моделі на кінцеві елементи (див. рис. 2). Так, використання згущення сітки у трьох вимірах дозволило у декілька разів скоротити кількість кінцевих елементів та досягти необхідної точності розрахунків у певній зоні контакту.

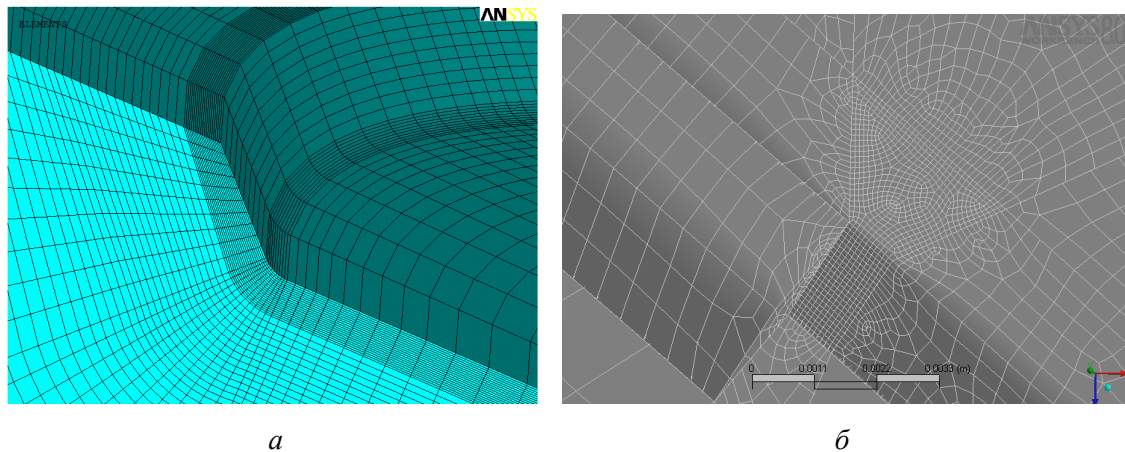


Рис. 2. Геометрична модель з поділом на кінцеві елементи зони контакту полімерного матеріалу з ріжучим інструментом: *a* – інструмент СКМ-Р; *б* – інструмент Н216Т

Оскільки за експериментальними даними найбільш суттєве накопичення тепла спостерігається в середині зони контакту (див. рис. 1), то на третьому етапі побудови вже чисельної моделі було передбачене найбільше згущення сітки саме в цій зоні (рис. 3). При цьому для уникнення “конфлікту” між мінімальним розміром кінцевого елемента та їх кількістю вибирався різний крок сітки із заданням на границях елементів умов сумісного деформування (coupling).

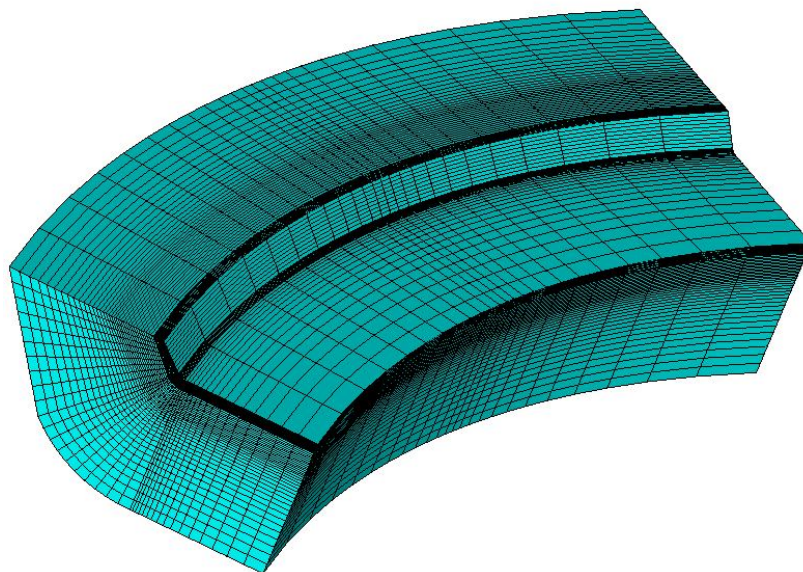


Рис. 3. Чисельна модель зони контакту з 40 000 кінцевих елементів

Останнім етапом побудови математичної моделі є верифікація чисельних рішень з експериментальними даними фізичного експерименту. А саме – відтворення теплової картини поширення температурних полів по поверхні заготовки.

Для відображення у моделі процесу поширення тепла у динаміці використані різні варіанти багатоциклового покрокового прикладення навантаження зі швидкістю переміщення теплового джерела, що дорівнювала швидкості різання v . Параметрами варіювання були розміри сітки з кінцевих елементів, їх кількість та спосіб задання теплового навантаження. Загалом первинні геометрична та чисельна моделі зазнали більше ніж 10 варіантів вдосконалення.

У результаті були отримані математичні моделі зони контакту полімерного матеріалу з інструментами СКМ-Р та Н216Т з широкими можливостями детального дослідження теплового стану заготовки в процесі обробки фрезеруванням. Так, при обробці полімерних заготовок зі швидкістю $v = 400$ м/хв, подачею $S = 0,01$ мм/об та глибиною різання $t = 0,5$ мм за експериментальними термографічними даними максимальна температура на поверхні різання $\Theta_{\text{пов.екс}}$ склала 150 °С.

Математичне моделювання цього режиму різання для двох інструментів демонструє таку картину поширення тепла (рис. 4).

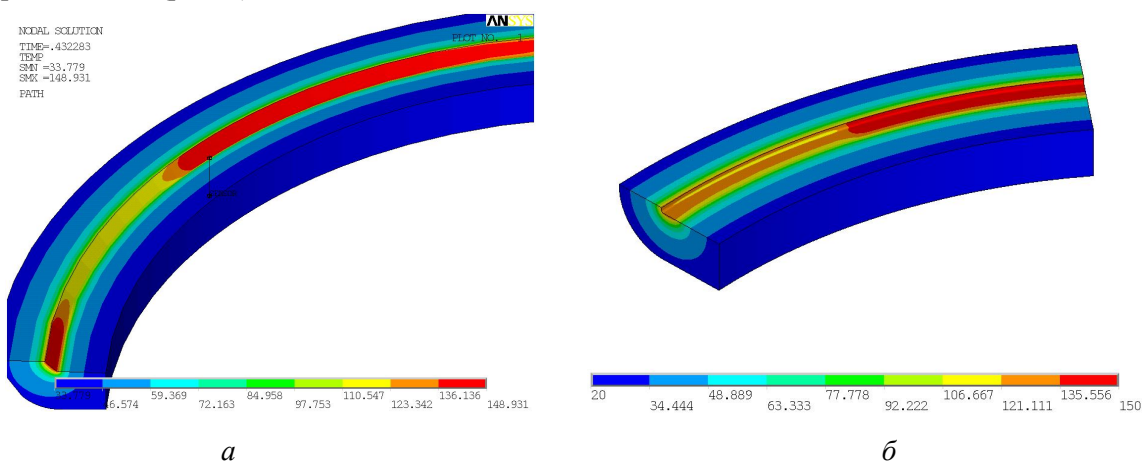


Рис. 4. Поширення тепла у зоні контакту при обробці полістиролу:
 а – інструмент СКМ-Р; б – інструмент Н216Т

Детальний розгляд теплової картини у розрізі у зоні найбільшого навантаження надав можливість дослідити не тільки форму і розміри температурних полів, а й глибину їх проникнення у поверхневі шари полімерної заготовки. Так, за однакових умов експерименту маємо: глибина проникнення тепла при використанні інструмента СКМ-Р складає 6,3 мм, а при використанні інструмента Н216Т – 4,6 мм; ширина зони тепла на обробленій поверхні на 10,8 мм більша у інструмента Н216Т. Тобто геометрично і фізично різні умови взаємодії двох інструментів з однаковим матеріалом по-різному впливають на стан поверхневого шару, що слід враховувати при призначенні параметрів режиму різання. А саме: для інструмента СКМ-Р необхідно збільшити значення подачі і зменшити глибину різання, а для інструмента Н216Т – тільки збільшити значення подачі.

Важливим результатом моделювання є отримана можливість дослідження зміни температури за переміщенням теплового джерела з часом. Для інструмента СКМ-Р результати розрахунків показують перепад температури у 50 – 60 °С від початку врізання і до виходу із зони контакту за один прохід, а для інструмента Н216Т – 30 – 42 °С. Цей діапазон зміни температури з часом (через 10–12 с) зменшується внаслідок ефективного відведення тепла розігрітим інструментом. Практично це означає, що для зменшення нерівномірності термічного навантаження на поверхневий шар заготовки слід або значно зменшувати швидкість різання, тим самим не створюючи значного розігріву зони контакту, або її значно підвищувати, зменшуючи час взаємодії інструмента і заготовки. У будь-якому разі при виготовленні пластин детекторів із суцільних блоків необхідно враховувати напрям обробки і по можливості більш ретельно перевіряти якість виробів, вирізаних з бокових частин заготовки.

Висновки

Дослідження процесів утворення та поширення тепла при наданні необхідних форми та розмірів чутливим елементам дозиметрів пов'язане з аналізом великої кількості різної інформації, отриманої в ході фізичних та розрахункових експериментів. Створення віртуальних моделей, максимально подібних до реальних об'єктів, дозволяє прогнозувати стан чутливого елемента за різних умов обробки і вибирати найбільш оптимальні з них. Такий підхід може бути використаний для обґрунтованого вдосконалення технологічного процесу обробки і більш ефективного використання сучасних нових інструментальних матеріалів та верстатного обладнання.

За допомогою методики термографічних досліджень механічної обробки фрезеруванням отримані фізичні дані теплового стану полімерної заготовки, які покладені в основу моделювання. Розроблена математична модель не тільки доповнює фізично зафіксовану теплову картину поширення температурних полів, а й дозволяє визначити товщину зміненого поверхневого шару заготовки, який необхідно видалити для забезпечення високої якості виробу. Саме ці дані мають бути основою для

обгрунтованої зміни кількості етапів обробки та підвищення продуктивності механічної обробки взагалі.

Список використаних джерел

1. Методология расчета тепловых деформаций заготовки при точении с применением различных видов охлаждения [Текст] / Ф. Лиерат, В. А. Сукайло, А. И. Грабченко, Н. В. Везуб // Вестник НТУ “ХПИ”: темат. вып. “Технологии в машиностроении”. – Х. : НТУ “ХПИ”, 2003. – № 9. – Т. 1. – С. 19–28.
2. Aurich J. C., Bil H. 3D Finite Element Modelling of Segmented Chip Formation // Annals of CIRP. – 2006. – Vol. 55. Iss. 1. – P. 47–51.
3. Komanduri R., Hou Z.B. Thermal modeling of the metal cutting process // Int. J. of Mechanical Sciences. – 2000. – V.42. Iss. 9. – P. 1715–1752.
4. Grams J. V. Untersuchungen zum Fräsen mit CVD-diamantbeschichteten Werkzeugen: Diss. Dr.-Ing. - Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2003. – 179 S.
5. Guo Q., Liu X., Hu G. Micromechanical modeling of local field distribution for a planar composite under plastik deformation // Acta Machanika. – 2006. – Vol. 5. Iss. 8. – P. 19–30.
6. Титаренко, О. В. Забезпечення надійності функціонування детекторів іонізуючих випромінювань для спеціальних підрозділів Національної гвардії України [Текст] / О. В. Титаренко // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НА НГУ, 2015. – Вип. 2 (26). – С. 75–81.
7. Основы теории резания материалов [Текст] : учебник / Н. П. Мазур, Ю. Н. Внуков, А. И. Грабченко и др. ; ред. Н. П. Мазур, А. И. Грабченко. – 3-е изд. – Х. : НТУ “ХПИ”, 2012. – 540 с.
8. ANSYS в руках инженера [Текст] : практ. руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.

Стаття надійшла до редакції 14.03.2017 р.

УДК 621.923

О. В. Титаренко

ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНОГО ПОДХОДА К ПОИСКУ РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДОЗИМЕТРОВ

Рассмотрены базовые принципы экспериментально-теоретического исследования физического процесса распространения тепла при обработке чувствительных полимерных элементов радиационных детекторов. Разработанная математическая модель направлена на прогнозирование состояния заготовки при различных условиях обработки для обоснованного выбора материала и геометрии режущего инструмента, а также расширения технологических возможностей процесса. Предложены варианты разработки и усовершенствования числовой модели для сокращения времени расчетов. Опираясь на термографические исследования для инструмента из сверхтвёрдого композиционного материала и твердосплавного материала с различной геометрией, определены границы распространения температурных полей по поверхности и глубине обрабатываемого слоя. Даны практические рекомендации по корректированию значений параметров режима резания для обеспечения минимальной тепловой нагрузки чувствительных полимерных изделий.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ионизирующие излучения, сцинтиллятор, дозиметр, полимерные материалы, обработка резанием, математическое моделирование, поверхностный слой, торцевое фрезерование, термография, температурное поле, тепловой источник, режущий инструмент, инструментальные материалы, качество.

UDC 621.923

O. V. Titarenko

THE POSSIBILITY OF EXPERIMENTALLY ESTIMATED APPROACH TO SEARCH FOR RATIONAL MACHINING CONDITIONS FOR SENSITIVE ELEMENTS OF DOSIMETERS

The basic principles of experimental and theoretical studies of physical heat distribution process during machining sensitive polymer elements of radiation detectors are described. Developed mathematical model focused on forecasting the workpiece in various processing conditions for informed choice of material and geometry of cutting tools, and for expand the technological capabilities of cutting. Proposed options for the development and improvement of numerical model for shortening the calculations. Based on thermographic study for the tool of extra-hard composite material and carbide material with different geometry, defined the boundaries of temperature fields distribution on surface and depth of the processed layer. The practical recommendations to adjust the values of the parameters of the cutting regime are given for ensure minimal thermal load sensitive polymer products.

Key words: ionising radiation, scintillator, dosimeter, polymeric materials, machining, mathematical modeling, surface layer, face milling, thermography, temperature field, heat source, cutting tool, instrumental materials, quality.

Тітаренко Оксана Валеріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України.

УДК 539.3



В. П. Раківненко



О. М. Кириченко



Л. А. Гребеник

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ МІЦНОСТІ ДИСКІВ З ФІЗИЧНО НЕЛІНІЙНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У ЗРАЗКАХ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Стаття є продовженням попередньої [3], на відміну від якої, в цій розглядається динамічна міцність дисків з фізично нелінійною характеристикою матеріалу в полі вимушених коливань.

Ключові слова: вимушені коливання диска, дотичне навантаження, метод Генки – Каудерера, рівняння Дуфінга, амплітудно-частотні характеристики.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задачі динамічної міцності в будівельній механіці описуються, як правило, неоднорідними диференціальними рівняннями високого порядку. Аналітичне розв'язання їх складне і громіздке, проблема ускладнюється ще більше при розгляді вимушених коливань [2].

До таких задач належать, наприклад, дослідження динамічної міцності дисків осевих турбін і компресорів авіаційних турбореактивних двигунів, вимоги до надійної роботи яких надзвичайно високі.

Лопаткові вінці цих дисків, окрім тангенціальної складової аеродинамічної сили газового потоку, зазнають дію високих температур, що призводить до зміни властивостей конструкційних матеріалів і робить їх фізично нелінійними. Цей факт також необхідно враховувати при складанні розрахункової схеми задачі. Тому у дослідженнях аналітичних залежностей використовують деякі спрощення, наприклад, методи Генки – Каудерера [1] і Дуфінга [2].

Метою статті є розроблення методики дослідження динамічної міцності швидкообертових дисків при їх дотичному навантаженні.

Виклад основного матеріалу. Вимушені коливання диска з фізично нелінійною характеристикою матеріалу розглядаються на основі доповіді [3], у якій оприлюднені результати дослідження дотичних вільних коливань диска з пружного ізотропного матеріалу, який має слабку фізичну нелінійність, що описується законом Генки – Каудерера.

Відповідно до відомих положень праці [2] з використанням полярних координат $\rho, \theta, 0 \leq \rho \leq r$ і координати часу t у доповіді [3] було виведене диференціальне рівняння руху елемента диска в кутових переміщеннях $\varphi(\rho, t)$:

$$\left[1 + i \cdot 3\rho^2 (\varphi^1)^2 \right] \cdot \varphi^{11} + 3\rho^{-1} \varphi^1 + i \cdot 5\rho (\varphi^1)^3 - C_\lambda^{-2} \cdot \varphi + C_\lambda^{-2} \cdot \rho \cdot q = 0, \quad (1)$$

де ρ – питома маса диска;

q – збуджуюче навантаження на питому масу;

$C_\lambda = \sqrt{G\rho^{-1}}$ – лінійна швидкість поширення дотичного збудження у диску;

$i = J \cdot G^{-1}$ – стала;

G – модуль зсуву;

J – параметр фізичної нелінійності матеріалу для закону деформування

$$\sigma_{\rho,\theta} = G\gamma + J\gamma^3. \quad (2)$$

У доповіді [3] також були розглянуті вільні гармонічні коливання диска з амплітудною функцією

$$\varphi = \Phi(\rho) \cdot T(t), \quad \Phi(\rho) = \psi \cdot J_0(\nu\rho); \quad (3)$$

отримано вираз нелінійної частоти основного тону для його контуру

$$\omega_n = \sqrt{7648,10 \frac{J}{\mu r^2} \psi^2 + 32,14 \frac{G}{\mu r^2}} \quad (4)$$

або

$$\omega_n^2 = v_n^2 \cdot \psi^2 + \omega_{л}^2,$$

де $\omega_n = 5,67 C_n \cdot r^{-1}$ – лінійна частота вільних коливань диска;

$v = 84,45 \sqrt{i} \cdot C_n \cdot r^{-1}$ – частотний параметр нелінійності;

ψ – амплітуда при значенні характеристичного числа $v = 3,83r^{-1}$ для функції Бесселя першого роду J_0 .

Для побудови часткового рішення рівняння (1) при вимушених коливаннях диска неоднорідність $q(\rho, t)$ як розподілене в площині диска дотичне навантаження представимо у вигляді зосередженого (точкового) моменту інтенсивністю $m(t)$ [4]. Тоді з урахуванням першого члена розкладання навантаження в ряд за власними функціями диска будемо мати деякий функціонал

$$\psi(\rho) = \mu \beta \cdot J_0 - \frac{m}{\pi \varepsilon^2} = 0, \quad (5)$$

де $\mu q = \frac{m}{\pi \varepsilon^2}, \frac{m}{\pi \varepsilon^2} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{m}{\pi \varepsilon^2} = q = \beta \cdot J_0(v\rho)$.

Тут передбачається згортка за радіусом $\varepsilon: \lim \int \psi \cdot d\rho, \varepsilon \rightarrow 0$. Мінімізація функціонала за Ханкелем приводить до інтегрального рівняння

$$2\pi \int_0^\rho \rho \cdot \psi(\rho) \cdot J_0(v\rho) \cdot d\rho = 0. \quad (6)$$

Після аналітичних операцій з формулою (6) отримаємо коефіцієнт розкладання β і функцію приведенного навантаження

$$\beta = \frac{5,82m}{\pi r^2 \cdot \mu}, \quad g(\rho, t) = \frac{5,82m(t)}{\pi r^2 \cdot \mu} J_0(v\rho). \quad (7)$$

Згідно з виразами (7) і (3) шукаємо розв'язок рівняння (1) у вигляді

$$\varphi = \Phi(\rho) \cdot \Gamma(t), \quad (8)$$

де $\Phi(\rho) = J_0(v\rho), \quad \psi = 1$.

Після аналітичних перетворень рівняння (1) без гармонічної лінеаризації рішення за часом отримано деякий функціонал

$$F(\rho) = \zeta(v, C_n, r; \rho, J_0, J_1; \Gamma, \ddot{\Gamma}; m) + i\zeta(v; \rho, J_0, J_1, \Gamma) \approx 0. \quad (9)$$

Мінімізація цього функціонала за методом, який використовувався у доповіді [3], з усіма вказаними там аналітичними операціями, дозволила отримати для фазової функції $\Gamma(t)$ таке неоднорідне рівняння нелінійного (кубічного) осцилятора:

$$\ddot{\Gamma} + 32,14 C_n^2 r^{-2} \cdot \Gamma + 10209,54 \cdot i \cdot C_n^2 r^{-2} \cdot \Gamma^3 = 2,5 \frac{m}{\mu r^3} = M(t). \quad (10)$$

Розв'язок рівняння (10) типу Дуфінга відомий [2], але інтерпретуємо його таким чином. Для слабкої нелінійності і малих переміщень в зоні амплітудних значень $\Gamma \rightarrow \varphi_{\max}$ у виразі частоти ω_n

для точного розв'язування рівняння (10) еліптичний інтеграл $K(k) \frac{\pi}{2} \rightarrow \text{const}$. Тому, використовуючи прийом прямої лінеаризації, рівняння (10) з урахуванням φ вважаємо формально лінійним:

$$\ddot{\Gamma} + \left(\omega_{л}^2 + \frac{4}{3} v_n^2 \cdot \Gamma^2 \right) \cdot \Gamma = \ddot{\Gamma} + \omega_n^2 \cdot \Gamma = 2,5 \frac{m}{\mu r^3} = M(t). \quad (11)$$

Проводячи реплантацію значення власної частоти (4), отримаємо:

$$\bar{\omega}_H^2 = \omega_L^2 + \frac{4}{3} v_H^2 \cdot \Gamma^2. \quad (12)$$

Таким чином,

$$\ddot{\Gamma} + \bar{\omega}_H^2 \cdot \Gamma = M(t). \quad (13)$$

Інтеграл рівняння (13) як лінійного у формі Дюамеля – Грина має таку структуру:

$$\Gamma(t) = (\omega_H)^{-1} \cdot \int_0^t M(t) \cdot \sin[\omega_H(t - \tau)] \cdot d\tau. \quad (14)$$

Тоді з урахуванням формул (8) і (11), оскільки $\Gamma_{\max} \rightarrow \varphi$, запишемо загальне рішення:

$$\varphi(\rho, t) = 2,5 (\mu r^3 \omega_H)^{-1} \cdot \Phi(\rho) \cdot \int_0^t M(t) \cdot \sin[\omega_H(t - \tau)] \cdot d\tau, \quad (15)$$

що справедливе для довільного збудження $M(t)$.

При безмасовому одиничному збуджуючому навантаженні $M=1 \rightarrow \text{const}$ з виразу (15) отримуємо наступний вираз нелінійної динамічної функції впливу Γ_H , функції Грина і коефіцієнта впливу z_H , бо на контурі диска при $\rho \rightarrow r$ $\Phi_{\max} = J_0 = 3,5$:

$$\Gamma_{H(\rho)} = \frac{2,5}{\mu r^3 \omega_H^2} [1 - \cos(\omega_H t)] \cdot \Phi(\rho); \quad (16)$$

$$z_{H(t)} = \frac{8,75}{\mu r^3 \omega_H^2} [1 - \cos(\omega_H t)].$$

В операційному просторі з оператором часу $\rho \leftrightarrow t$ при однорідних початкових умовах з формули (16) після перетворень отримаємо в статичній постанові ($\rho \rightarrow 0, \omega_H \rightarrow \omega_L$) коефіцієнт впливу для центра диска:

$$z_L = \frac{8,75}{\mu r^3 \omega_L^2} \cong \frac{0,0787}{rG}. \quad (17)$$

У випадку дії v площині диска в його центрі гармонічного збуджуючого моменту $M(t) = m \cdot \sin(\Theta t)$ ($m \leftarrow \text{const}$) відповідно до виразу (15) запишемо:

$$\varphi(\rho, t) = \frac{2,5}{\mu r^3 \omega_H} m \cdot \Phi(\rho) \cdot \int_0^t \sin(\theta t) \cdot \sin[\omega_H(t - \tau)] \cdot d\tau, \quad (18)$$

де θ – частота збудження.

Після визначення інтеграла (18) отримаємо функцію переміщень площини диска в канонічній формі:

$$\begin{aligned} \varphi(\rho, t) = & -\frac{m}{z} \cdot \frac{\theta}{\omega_H} \cdot \frac{7,87 ghr^{-1}}{\omega_H^2 - \theta^2} \cdot J_0(v\rho) \cdot \sin(\omega_H t) + \\ & + \frac{m}{z} \cdot \frac{7,87 ghr^{-1}}{\omega_H^2 - \theta^2} \cdot J_0(v\rho) \cdot \sin(\theta t) = -\varphi_{\text{ввл}} + \varphi_{\text{вим}}, \end{aligned} \quad (19)$$

де $z = \pi r^2 \cdot \mu gh$.

При цьому компонента чисто вимушеного руху з амплітудним значенням для елемента контуру диска $\rho = r$ має такий вигляд:

$$\varphi_{\text{вим}}^{\max} = \frac{m}{z} \cdot \frac{7,87 ghr^{-1}}{\omega_H^2 - \theta^2} = \psi. \quad (20)$$

Визначивши з формули (20) вираз ω_H і дорівнявши його до виразу (4), отримаємо нелінійне алгебраїчне рівняння для опису амплітудно-частотної характеристики процесу вимушених коливань контуру диска:

$$\psi^3 + \alpha\psi + \beta = 0, \quad (21)$$

$$\text{де } \alpha = \frac{\omega_{\text{Л}}^2}{\vartheta_{\text{Н}}^2} \cdot \left(1 - \frac{\theta}{\omega_{\text{Л}}^2} \right), \quad \beta = -7,87 \frac{gh}{r\vartheta_{\text{Н}}^2} \cdot \frac{m}{z}.$$

При цьому функція переміщень має такий вигляд:

$$\varphi_{\text{взм}}(\rho, t) = \psi J(\nu\rho) \cdot \sin(\theta t). \quad (22)$$

У випадку дії на диск високих температур, що характерне для теплових двигунів, у вираз переміщень (22) додається складова температурного поля $\alpha \cdot T$ (α – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу, T – температура).

Висновки

1. У результаті проведеного дослідження отримана математична залежність у вигляді нелінійного алгебраїчного рівняння для опису амплітудно-частотних характеристик вимушених коливань дисків, які знаходяться під дією дотичних навантажень.

2. У подальшому за допомогою спеціально розробленої комп'ютерної програми передбачається можливість використовувати отримані результати для оцінювання в режимі експрес-аналізу технічного стану та безпечної експлуатації турбокомпресорних силових установок, якими оснащені багато видів озброєння і військової техніки.

Список використаних джерел

1. Каудерер, Г. Нелинейная механика [Текст] / Г. Каудерер. – М. : НИИ, 1962. – 670 с.
2. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории упругих колебаний [Текст] / Я. Г. Пановко. – М. : Машиностроение, 1967. – 315 с.
3. Раківненко, В. П. Дотичні вільні коливання диска з фізично нелінійною характеристикою матеріалу [Текст] / В. П. Раківненко // Матеріали наук.-практ. конф. ВІВВ МВС України, 1–2 лют. 2005 р. м. Харків. – Х. : ВІВВ МВС України, 2005.
4. Бойко, Б. Т. Уравнения математической физики [Текст] / Б. Т. Бойко, Л. В. Курпа, Ю. Ф. Сенчук. – Х. : Бизнес Информ. НТУ “ХГЦ”, 2002. – 288 с.

Стаття надійшла до редакції 14.03.2017 р.

УДК 539.3

В. П. Раківненко, А. Н. Кириченко, Л. А. Гребеник

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ДИСКОВ С ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОБРАЗЦАХ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Статья является продолжением предыдущей [3], в отличие от которой, в этой рассматривается динамическая прочность дисков с физически нелинейной характеристикой материала в поле вынужденных колебаний.

К л ю ч е в ы е с л о в а: вынужденные колебания диска, касательная нагрузка, метод Генки – Каудерера, уравнение Дуффинга, амплитудно-частотные характеристики.

UDC 539.3

V. P. Rakivnenko, O. M. Kirichenko, L. A. Grebenik

STUDY OF DYNAMIC STRENGTH OF DISCS FROM THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF NONLINEAR MATERIALS, TAKE-NYAEMYH IN AME SAMPLES

The work is a continuation of the previous [3], in contrast to that seen in the dynamic strength of the discs are physically non-linear characteristic of the material in the field of forced oscillations.

К e y w o r d s: disk forced oscillations, tangential stress, Genky-Kauderer's method, Dufing's equation, amplitude-frequency characteristics.

Раківненко Валерія Павлівна – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України.

Кириченко Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України.

Гребеник Лариса Анатоліївна – доцент кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України.

- Берека Валерій Веніамінович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу першого науково-дослідного управління військової частини А1906 (с. 22–26)
- Бірюков Ігор Юрійович** – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри озброєння та спеціальної техніки Національної академії Національної гвардії України (с. 41–47)
- Волков Володимир Петрович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (с. 89–96)
- Волков Юрій Володимирович** – аспірант кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (с. 89–96)
- Глуценко Микола Олександрович** – старший викладач кафедри управління діями підрозділів із засобами військового зв'язку Національної академії Національної гвардії України (с. 81–84)
- Горелишев Станіслав Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності Національної академії Національної гвардії України (с. 52–58)
- Гребеник Лариса Анатоліївна** – доцент кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України (с. 110–113)
- Греков Володимир Пилипович** – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник наукового центру Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (с. 64–69)
- Грицук Ігор Валерійович** – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (с. 89–96)
- Заєць Олександр Володимирович** – науковий співробітник відділу першого науково-дослідного управління військової частини А1906 (с. 22–26)
- Іванець Григорій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри піротехнічної та спеціальної підготовки Національного університету цивільного захисту України (с. 52–58)
- Іванова Лариса Петрівна** – старший викладач кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України (с. 97–102)
- Кайдалов Руслан Олегович** – кандидат технічних наук, доцент, докторант Національної академії Національної гвардії України (с. 15–21)
- Калита Олександр Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент, викладач кафедри підготовки студентів за програмою підготовки офіцерів запасу Національної академії Національної гвардії України (с. 64–69)
- Кириченко Олександр Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України (с. 110–113)
- Кондратенко Олександр Павлович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України (с. 9–14)
- Кривошапов Сергій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. проф. Н. Я. Говоруценко Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (с. 85–88)
- Крюков Олександр Михайлович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри озброєння та спеціальної техніки Національної академії Національної гвардії України (с. 33–40)
- Кудімов Сергій Анатолійович** – викладач кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України (с. 77–80)
- Літвінов Олексій Володимирович** – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України (с. 48–51)

- Літовченко Петро Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України (с. 97–102)
- Майборода Ігор Миколайович** – кандидат військових наук, доцент, завідувач кафедри управління діями підрозділів із засобами військового зв'язку Національної академії Національної гвардії України (с. 81–84)
- Мельников Сергій Михайлович** – викладач кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України (с. 9–14)
- Мокреєв Валерій Іванович** – старший викладач кафедри озброєння та стрільби Національної академії Національної гвардії України (с. 64–69)
- Морозов Олександр Олександрович** – доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності НГУ Національної академії Національної гвардії України (с. 70–76)
- Мудрик Вадим Геннадійович** – кандидат технічних наук, викладач кафедри озброєння та стрільби Національної академії Національної гвардії України (с. 33–40)
- Нечипоренко Володимир Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України (с. 97–102)
- Пастушенко Олександр Миколайович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник відділу першого науково-дослідного управління військової частини А1906 (с. 22–26)
- Пісарєв Валерій Петрович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України (с. 5–8)
- Подригало Михайло Абович** – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності НГУ Національної академії Національної гвардії України (с. 15–21)
- Поспелов Борис Борисович** – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Національного університету цивільного захисту України (с. 52–58)
- Радченко Ігор Олександрович** – кандидат військових наук, доцент, завідувач кафедри підготовки студентів за програмою підготовки офіцерів запасу Національної академії Національної гвардії України (с. 64–69)
- Раківненко Валерія Павлівна** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України (с. 110–113)
- Руденко Віктор Валерійович** – тимчасово виконуючий обов'язки командира військової частини А1906 (с. 22–26)
- Сало Валентин Андрійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України (с. 97–102)
- Склярів Микола В'ячеславович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України (с. 60–63)
- Стрельбіцький Михайло Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент, докторант Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького (с. 27–32)
- Тітаренко Оксана Валеріївна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України (с. 103–109)
- Шаша Ігор Костянтинівич** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України (с. 77–80)

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

Випуск 1 (29) / 2017

Відповідальний за випуск: *І. Є. Морозов*

Редактор: *Ф. М. Сирнєв*

Коректор *Г. М. Підлозна*

Комп'ютерне складання і верстання: *А. О. Теплова, С. А. Малишкін*

Формат 60×90¹/₈. Ум. друк. арк. 13,48

Тираж 100 прим. Зам. № 14

Видавець і виготовлювач Національна академія Національної гвардії України.

Майдан Захисників України, 3, м. Харків-1, 61001.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4794 від 24.11.2014 р.