

О.В. Сухін, Б.О. Дем'янчук, А.В. Косенко

Військова академія, Одеса

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ

Запропоновано модель дискретних марківських процесів для системи технічного забезпечення бойового застосування зразків ракетно-артилерійського озброєння. Система перебуває у станах: підготовки зразків до застосування за призначенням; бойового застосування зразків; технічного обслуговування зразків; відновлення зразків, у разі пошкодження або відмов під час маршу, оборони або наступу впродовж заданого інтервалу бою. Модель дозволяє визначити ймовірності перебування системи забезпечення, зразків озброєння в указаних станах. Оцінюється показник ефективності системи технічного забезпечення у вигляді відношення ймовірності перебування системи, а саме, зразків озброєння, у стані бойового застосування до суми ймовірностей перебування їх у неготовому стані. Пропонується застосування радіопоглинаючих феритових матеріалів для зменшення помітності озброєння та військової техніки.

Ключові слова: модель системи технічного забезпечення, ефективність функціонування, показник ефективності, зразки ракетно-артилерійського озброєння, відновлення озброєння у разі пошкодження, радіопоглинаючі феритові матеріали.

Вступ

Постановка проблеми. Система технічного забезпечення бойових дій ракетно-артилерійських підрозділів частини є структурою, яка складається з тих, що спільно функціонують, об'єднані єдиною метою і видами функцій: підготовки особового складу; матеріального забезпечення; організації експлуатації; відновлення пошкоджених зразків озброєння.

Вхідні параметри системи технічного забезпечення є наступними:

- заходи організації підготовки озброєння до застосування, технічного обслуговування, забезпечення застосування озброєння і відновлення пошкоджених зразків озброєння у разі пошкодження противником або поломки техніки, через помилки особового складу, або у разі відмови техніки, через фізичний знос;

- кількість нових (відремонтованих) зразків озброєння для підрозділів для заміни безповоротних втрат;

- періодичність постачання резервів до позицій ракетно-артилерійського озброєння;

- структура і дислокація ракетно-артилерійського озброєння і підрозділів забезпечення;

- наявність і номенклатура резервів зразків озброєння і блокових комплектів для відновлення;

- наявність резервів особового складу технічних підрозділів;

- можливості бази живлення ракетами і боеприпасами і засобами ремонту озброєння;

- координати основних і запасних позицій ракетно-артилерійських зразків.

Вплив вхідних параметрів обумовлює кількість зразків, які переходять в той або інший стан. До того ж необхідно враховувати сумарні відмови, тобто і бойові пошкодження зразків, і експлуатаційні відмови зразків озброєння, і відмови зразків із-за помилок особового складу. До того ж сумарні відмови зразка ракетно-артилерійського озброєння зазвичай відбуваються на усіх етапах: зберігання, підготовки до застосування, обслуговування і бойового застосування за призначенням та на етапі відновлення.

Підсистема відновлення ракетно-артилерійських зразків частини повинна містити: сили і засоби для забезпечення швидкого відновлення зразків озброєння, які є слабо і в середньої ступені пошкодженими; містити ремонтну базу пошкодженого озброєння для звільнення підрозділів від зразків, ремонт яких в підрозділах є неможливим або недоцільним; ремонтне підприємство для ремонту або для розбирання зразків, які є сильно пошкодженими, або втраченими безповоротно.

Вказана безліч вхідних даних, функцій і завдань сприяє пошуку і застосуванню нетрадиційних шляхів, методів ефективного математичного апарату для науково-обґрунтованої побудови системи ефективного технічного забезпечення бойового застосування ракетно-артилерійських зразків озброєння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науково-технічне завдання аналізу організації і здійснення заходів та оцінки ефективності функціонування системи технічного забезпечення бойового застосування ракетно-артилерійського озброєння, наприклад, ракетних зразків військової частини, є досить складним.

Відомо, що безліч чинників, які впливають на результати технічного забезпечення бойового застосування будь-яких зразків озброєння, супроводжуються невизначеністю випадкового і антагоністичного типу [1]. Тому доцільний вихід з цієї ситуації – це зменшення розмірності проблеми аналізу станів системи за допомогою деякого загального показника, наприклад, ймовірності перебування зразків ракетно-артилерійського озброєння, а саме, системи технічного забезпечення в кожному стані при виконанні завдань забезпечення бойових дій вказаних зразків впродовж бою. Після визначення критичного стану сукупності зразків, а саме, системи забезпечення, доцільним є подальше дослідження і вжиття заходів для виправлення ситуації [2].

В цій ситуації доцільним є здійснення кількісного аналізу параметрів готовності сил і засобів системи забезпечення в кожний конкретний момент часу бойових дій з метою своєчасної корекції готовності стану системи забезпечення до відновлення пошкодженого або непрацездатного озброєння.

Саме такий прийом є ефективною реакцією складної системи на збурення. Це підтверджується основою сучасного “мистецтва управління” (від др. грец. “kybernetike”), Законом необхідної різноманітності, кібернетичним законом (The Law of Requisite Variety), який сформулював Вільям Росс Ешбі (1903–1972) та довів в його роботі “Вступ в кібернетику”.

Це відповідає також відомим семи правилам військової логістики, за умови своєчасної підготовки і реалізації маневру в системі силами і засобами забезпечення в системі [3].

Важливим є ранжирування завдань технічного забезпечення бойового застосування озброєння, які повинні вирішувати посадовці частини, з метою визначення на основі основних, тобто найбільш ймовірних, а, отже, невідкладних для виконання завдань, які є характерними в сучасних умовах бойових дій.

Указане ранжирування завдань і необхідних заходів забезпечення доцільно здійснювати за допомогою моделі на основі результатів застосування апарату дискретних марківських процесів у вигляді сукупності типових станів і переходів в різні стани зразків ракетно-артилерійського озброєння військової частини, а саме і системи, яка забезпечує їх бойове застосування за призначенням.

Аналіз параметрів готовності сил і засобів системи забезпечення бойового застосування сукупності зразків ракетно-артилерійського озброєння сприяє уточненню цих результатів, що отримані за допомогою цього апарату, та визначенню об’єктивних показників ефективності функціонування нової системи технічного забезпечення, а саме, надійності тех-

нічних об’єктів у вигляді зразків ракетно-артилерійського озброєння [4–5].

Саме цей підхід, що заснований на більш ретельному урахуванні та на практичному застосуванні принципів військової транспортної логістики, сприяє цілеспрямованому і ефективному вирішенню завдань системи технічного забезпечення в умовах суттєво обмежених можливостей системи військової логістики.

Мета статті – розробка моделі процесу функціонування системи технічного забезпечення бойового застосування ракетно-артилерійських зразків озброєння для обґрунтованої оцінки ефективності та надійності функціонування цієї системи і визначення напрямів її удосконалення шляхом застосування математичного апарату дискретних марківських процесів.

Виклад основного матеріалу

Стани системи технічного забезпечення бойового застосування ракетно-артилерійських зразків під час їх застосування за призначенням пов’язані між собою переходами із стану в стан. Кожен з переходів характеризується деякою інтенсивністю і ймовірністю. Це представлення системи є типовим графом станів і переходів системи технічного забезпечення в процесі її функціонування в часі протягом забезпечення бойового застосування зразків ракетно-артилерійського озброєння за призначенням.

Адекватність застосування цієї моделі для процесів без післядії, якою є процес технічного забезпечення бойового застосування озброєння, пояснюється тим, що ця модель відображає систему у разі, коли поточний її стан не залежить від того, в якому стані система знаходилася до цього моменту. Саме такою є система технічного забезпечення бойового застосування ракетно-артилерійських зразків. Варіант графа станів і переходів цієї системи в різні стани представлений на рис. 1.

Перелік інтенсивностей переходів і відповідних ймовірностей виникнення цих переходів є наступним.

f, F – інтенсивність і ймовірність переходів від стану підготовки зразків до стану бойового застосування зразків;

g, G – інтенсивність і ймовірність переходів від стану бойового застосування зразків до стану підготовки нових зразків з метою їх застосування замість попередніх;

u, U – інтенсивність і ймовірність переходів від стану відновлення зразків після пошкодження до стану їх бойового застосування;

z, Z – інтенсивність і ймовірність переходів від стану бойового застосування зразків до стану відновлення зразків після їх пошкодження;

v, V – інтенсивність і ймовірність переходів від стану бойового застосування зразків до стану їх технічного обслуговування;

u, U – інтенсивність і ймовірність переходів від стану технічного обслуговування зразків до стану їх бойового застосування.

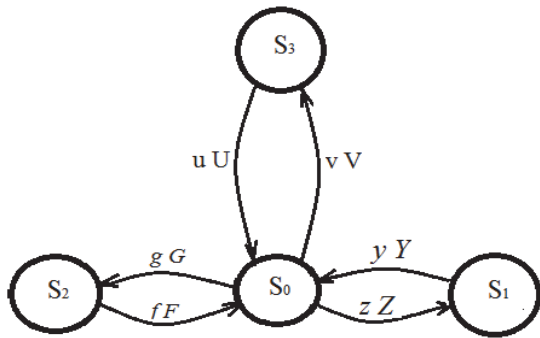


Рис. 1. Граф станів і переходів системи технічного забезпечення бойового застосування ракетно-артилерійських зразків в стани: S_0 – стан бойового застосування зразків за призначенням; S_1 – стан відновлення зразків після їх пошкодження або поломки, або відмови; S_2 – стан підготовки зразків до початку їх застосування або підготовки нових зразків до застосування після безповоротного пошкодження попередніх зразків; S_3 – стан технічного обслуговування зразків до початку або після їх бойового застосування

Цей граф містить саме циклічні (не одноразові) переходи і віддзеркалює реальні переходи системи в той або інший стан. Переходи в стан бойового застосування зразків є можливими і після їх підготовки з метою їх застосування, і після технічного обслуговування зразків, і після відновлення пошкоджених зразків. Стан відновлення пошкоджених зразків є можливим лише після їх бойового застосування або ще на етапі у готовому до застосування стані.

Неважно також уявити собі ситуацію, коли необхідно здійснити технічне обслуговування зразків після їх бойового застосування, а також ситуацію, коли бойове застосування зразків показало необхідність нової підготовки зразків з метою їх застосування, наприклад, з урахуванням незадовільних результатів бою через недостатньо ретельну попередню підготовку до застосування, а також ситуацію підготовки нових зразків до застосування замість безповоротно пошкоджених.

В процесі функціонування системи технічного забезпечення бойового застосування зразків в часі, вони знаходяться у будь-якому стані з ймовірністю:

$P_{00}(t)$ – ймовірність перебування зразків в стані їх застосування за призначенням або готовності до призначення;

$P_{01}(t)$ – ймовірність перебування зразків в стані їх відновлення після пошкодження або поломки, або відмови через їх фізичний знос;

$P_{02}(t)$ – ймовірність підготовки зразків до їх бойового застосування до початку застосування або після безповоротних втрат попередніх зразків;

$P_{03}(t)$ – ймовірність перебування зразків в стані їх технічного обслуговування після їх застосування за призначенням.

Рішення задачі визначення ймовірностей перебування системи в кожному стані. Сукупність диференціальних рівнянь, що описують процес функціонування системи забезпечення бойового застосування зразків ракетно-артилерійського озброєння у часі відносно ймовірностей $P_{00}, P_{01}, P_{02}, P_{03}$ їх перебування в кожному із 4-х станів, доцільно записати, відповідно до правила контурів для станів зразків, в оточенні кожного із станів, що досліджуються (див. рис. 1), у вигляді [2]:

$$\begin{aligned} \frac{dP_{00}(t)}{dt} &= \\ &= yYP_{01} + fFP_{02} + uUP_{03} - zZP_{00} - gGP_{00} - vVP_{00}; \\ \frac{dP_{01}(t)}{dt} &= zZP_{00} - yYP_{01}; \\ \frac{dP_{02}(t)}{dt} &= gGP_{00} - fFP_{02}; \\ \frac{dP_{03}(t)}{dt} &= vVP_{00} - uUP_{03}. \end{aligned} \quad (1)$$

Рішення цих диференціальних рівнянь мають вигляд:

$$\begin{aligned} P_{00}(t) &= [yYP_{01} + fFP_{02} + uUP_{03}] \cdot \\ &\cdot \frac{\{1 - \exp[-(zZ + gG + vV)t]\}}{zZ + gG + vV}; \\ P_{01}(t) &= [zZP_{00}] \frac{\{1 - \exp[-yYt]\}}{yY}; \\ P_{02}(t) &= [gGP_{00}] \frac{\{1 - \exp[-fFt]\}}{fF}; \\ P_{03}(t) &= [vVP_{00}] \frac{\{1 - \exp[-uUt]\}}{uU}. \end{aligned} \quad (2)$$

Умова нормування сукупної ймовірності станів зразків, а саме, системи при $t > 0$ має вигляд:

$$P_{00}(t) + P_{01}(t) + P_{02}(t) + P_{03} = 1. \quad (3)$$

В результаті перетворень (2) з урахуванням (3) отримаємо ймовірності перебування зразків ракетно-артилерійського озброєння, а саме, системи забезпечення у станах: “готовності зразків до застосування або перебування у стані застосування”; “відновлення зразків після їх пошкодження”; “підготовки зразків до їх бойового застосування”; “перебування зразків у стані їх технічного обслуговування”, у вигляді:

$$P_{00}(t) = uUyYfF \times [uUyYfF + \alpha(t)vVyYfF + \beta(t)uUzZfF + \gamma(t)uUgGyY]^{-1}; \quad (4)$$

$$P_{01}(t) = \beta(t)uUzZfF \times [uUyYfF + \alpha(t)vVyYfF + \beta(t)uUzZfF + \gamma(t)uUgGyY]^{-1}; \quad (5)$$

$$P_{02}(t) = \gamma(t)uUgGyY \times [uUyYfF + \alpha(t)vVyYfF + \beta(t)uUzZfF + \gamma(t)uUgGyY]^{-1}; \quad (6)$$

$$P_{03}(t) = \alpha(t)vVyYfF \times [uUyYfF + \alpha(t)vVyYfF + \beta(t)uUzZfF + \gamma(t)uUgGyY]^{-1}, \quad (7)$$

де позначено:

$$\begin{aligned} \alpha &= 1 - \exp(-uUt); \\ \beta &= 1 - \exp(-yYt); \\ \gamma &= 1 - \exp(-fFt). \end{aligned} \quad (8)$$

Приклад розрахунків ймовірностей перебування системи в кожному стані. Врахуємо, що зазвичай маємо наступні вихідні дані щодо інтенсивностей переходів:

z – інтенсивність переходу системи із стану у стан, яка дорівнює $1/T_{01}$;

T_{01} – середній час перебування системи у стані готовності, у даному разі, у стані відсутності пошкоджень зразків, поламак або відмов до переходу у стан їх відновлення;

u – це інтенсивність переходу зразків із стану відновлення в стан готовності до застосування, що дорівнює $1/T_1$;

T_1 – середня витрата часу на відновлення зразків після його пошкоджень, поламки, або відмов; нерівність $T_{01} > T_1$, звичайно виконується;

g – інтенсивність переходу зразків із стану бойового застосування у стан відновлення, у разі його пошкоджень під час бойового застосування, яка дорівнює $1/T_{02}$;

T_{02} – середній час перебування зразків у стані їх готовності або у стані бойового застосування до переходу в стан S_2 відновлення після їх пошкоджень;

f – інтенсивність переходу підсистеми із стану підготовки нового зразків після втрат попереднього, яка дорівнює $1/T_2$;

T_2 – середній час на підготовку зразків до бойового застосування; нерівність $T_{02} > T_2$, звичайно виконується;

v – інтенсивність переходу системи із стану готовності зразків до застосування або із стану їх застосування у стан “обслуговування після їх бойового застосування”, яка дорівнює $1/T_{03}$;

T_{03} – середній час перебування зразків у стані готовності до застосування або із стану бойового

застосування до переходу у стан обслуговування S_3 ;

u – інтенсивність переходу зразків ракетно-артилерійського озброєння із стану “обслуговування” у стан “готовності зразків до застосування або у стан його бойового застосування”; нерівність $T_{03} > T_3$, звичайно виконується.

Доцільно припустити, що ймовірності переходів зразків із стану у стан дорівнюють $Y \approx 1$; $Z \approx 1$; $F \approx 1$; $G \approx 1$; $V \approx 1$; $U \approx 1$, (реальна підсистема завжди так працює, тобто працює завжди зі зміною її станів, а саме, зі стовідсотковою ймовірністю переходів із стану у стан); крім того, маємо звичайно $\alpha \approx 1$; $\beta \approx 1$; $\gamma \approx 1$ (за умов, що термін t , після початку бойового застосування зразка, завжди дорівнює: $t \gg 1$ часу).

Тому із (4–8) одержимо ймовірності, які характеризують якість функціонування зразків у вигляді:

$$P_{00} = [1 + \alpha(t)\gamma T_3 / T_{03} + \beta(t)T_1 / T_{01} + \gamma(t)T_2 / T_{02}]^{-1}; \quad (9)$$

$$P_{01} = \beta(t)(T_1 / T_{01})[1 + \alpha(t)T_3 / T_{03} + \beta(t)T_1 / T_{01} + \gamma(t)T_2 / T_{02}]^{-1}; \quad (10)$$

$$P_{02} = \gamma(t)(T_2 / T_{02})[1 + \alpha(t)T_3 / T_{03} + \beta(t)T_1 / T_{01} + \gamma(t)T_2 / T_{02}]^{-1}; \quad (11)$$

$$P_{03} = \alpha(t)(T_3 / T_{03})[1 + \alpha(t)T_3 / T_{03} + \beta(t)T_1 / T_{01} + \gamma(t)T_2 / T_{02}]^{-1}; \quad (12)$$

де позначено:

$$\begin{aligned} \alpha &= 1 - \exp\left(-\frac{t}{T_3}U\right); \quad \beta = 1 - \exp\left(-\frac{t}{T_1}Y\right); \\ \gamma &= 1 - \exp\left(-\frac{t}{T_2}F\right). \end{aligned} \quad (13)$$

Показник зразків ракетно-артилерійського озброєння до застосування і перебування зразків у стані бойового застосування визначається формулами (9) і (13). На рівень цієї готовності та рівень ймовірності перебування зразків у стані бойового застосування суттєво впливають співвідношення T_1 / T_{01} , T_2 / T_{02} , T_3 / T_{03} . Це означає, що ці співвідношення суттєво впливають на показник ефективності функціонування системи технічного забезпечення бойового застосування зразків ракетно-артилерійського озброєння, а також суттєво впливають заходи, які спрямовані на збереження функцій зразків під час дії противника. За умов заходів системи технічного забезпечення бойового застосування будь-яких зразків ракетно-артилерійського озброєння потрібне суттєве зменшення витрат часу T_1 на відновлення, за умов їх пошкоджень противником або відмов, або поламки, витрат часу T_2 на підготовку нових зразків, у разі безповоротних втрат зразків, витрат часу

T_3 на технічне обслуговування зразків. Від цієї системи забезпечення залежать можливості збереження функцій зразків під час дії противника, тобто залежить збільшення часу T_{01} , T_{02} , T_{03} перебування зразків у готовому стані.

Ймовірності (10–13) визначають ймовірності перебування зразків у неготовому стані через їх перебування у стані відновлення у відповідному підрозділі відновлення системи технічного забезпечення протягом часу T_1 , або перебування у стані підготовки нових зразків у відповідному підрозділі підготовки зразків в системі технічного забезпечення протягом часу T_2 , або перебування у стані обслуговування у відповідному підрозділі обслуговування системи технічного забезпечення протягом часу T_3 . Ефективність дій цих підрозділів, згідно до (9–13) та ДСТУ № 2860-94, доцільно визначити наступними показниками [4]:

$$\begin{aligned} K_{Г1} &= [1 + \beta(t)T_1 / T_{01}]^{-1}; \\ K_{Г1} &= [1 + \gamma(t)T_2 / T_{02}]^{-1}; \\ K_{Г1} &= [1 + \alpha(t)T_3 / T_{03}]^{-1}. \end{aligned} \quad (14)$$

Ефективність функціонування системи технічного забезпечення бойового застосування зразків ракетно-артилерійського озброєння, згідно до (9–13), доцільно визначити у вигляді наступного відношення ймовірностей перебування озброєння і техніки у відповідних станах:

$$E = P_{00} / (P_{01} + P_{02} + P_{03}) = [\beta(t)(T_1 / T_{01}) + \gamma(t)(T_2 / T_{02}) + \alpha(t)(T_3 / T_{03})]^{-1}. \quad (15)$$

Приклад. За умов, що $T_1 / T_{01} = 0,4$; $T_2 / T_{02} = 0,4$; $T_3 / T_{03} = 0,4$, а час бойового застосування зразків значно перевищує витрати часу на відновлення зразків, тобто $t \gg T_1$, на підготовку зразків до застосування, тобто $t \gg T_2$, витрату часу на обслуговування зразків, тобто $t \gg T_3$, то з урахуванням залежностей:

$$\begin{aligned} \alpha(t) &= 1 - \exp\left(-\frac{t}{T_3}U\right) \approx 1; \\ \beta(t) &= 1 - \exp\left(-\frac{t}{T_1}Y\right) \approx 1; \\ \gamma(t) &= 1 - \exp\left(-\frac{t}{T_2}F\right) \approx 1, \end{aligned} \quad (16)$$

маємо, згідно до формули (15), що ефективність функціонування системи технічного забезпечення бойового застосування зразків ракетно-артилерійського озброєння дорівнюватиме $E(t) = 0,83$.

Приклад порівняння засобів для збільшення живучості зразків озброєння. Відомо (див. Воєн-

ний енциклопедичний словник), що живучість озброєння визначається його здатністю зберігати свої функції при діях противника і швидко відновлюватися при ушкодженнях.

Ймовірність перебування озброєння та військової техніки в стані живучості, тобто збереження бойової готовності, дорівнює:

$$P_{жс} = P_{\phi} + (1 - P_{\phi})P_e(t \leq t_3), \quad (17)$$

де позначено:

$P_{жс}$ – ймовірність перебування в стані живучості;

P_{ϕ} – ймовірність збереження функцій під час дій противника;

$P_e(t \leq t_3)$ – ймовірність відновлення озброєння та військової техніки, у разі його пошкодження противником.

Однак, процес відновлення озброєння та військової техніки при бойових пошкодженнях зразка або його транспортної бази швидко не виходить. Час усунення незначних пошкоджень вимірюється годинами, середніх пошкоджень – добами, сильних – тижнями і довше, а безповоротні пошкодження не усуваються взагалі.

Отже, більш надійним для забезпечення живучості зразків є шлях збереження їх функцій під час дій противника на основі: зниження помітності на позиції, на марші, при мобільній зміні позиції за час, що не перевищує час розвідки з боку повітряного противника і реакції його засобів вогневого ураження.

Незамінну роль тут можуть зіграти радіопоглинаючі феритові покриття, нанесені на металеву поверхню елементів зразків озброєння, з коефіцієнтом відбиття, що не перевищує потрібну, наприклад, на рівні мінус 25 децибел, або тканинні накидки, просочені радіопоглинаючими матеріалами, що вкривають техніку на марші і в черговому режимі на позиції [6–8].

Зауважимо, що RAM (за програмою STEALTH), які широко застосовується в даний час, забезпечують коефіцієнт відбиття лише на рівні мінус 14–16 децибел.

Це означає, що виявлення зразків озброєння та військової техніки противником можливе на відстані, яка перевищує потрібну у 1,78 разів.

Причинами недостатніх для практики досягнень є незадовільні електромагнітні, механічні та масогабаритні характеристики RAM-матеріалів, що застосовуються, поряд зі скромними можливостями зниження з їх допомогою помітності техніки і явним погіршенням її мобільності з радіопоглинаючими покриттями при практичному застосуванні. Впливає також дорожняча і недостатньо висока експлуатаційна надійність цих матеріалів. Після знищення

американського літака F-117 в Югославії в 1999 р., який був створений із застосуванням технології STEALTH, розробленої з фантастичними витратами, експерти прийшли до висновків про “надуманості” терміна “невидимість”

В даний час STEALTH розглядається в науковій літературі не як технологія “невидимості”, а тільки як технологія зниження радіолокаційної помітності об'єктів. Це зауваження стосується, наприклад, нового літака F-22, що здійснював демонстраційні польоти на міжнародних виставках авіаційного озброєння [9].

Інший приклад з журналу “Техніка і озброєння ППО”. Фірма “VTR material systems” розробила радіопоглинаючі матеріали “Сільвер” і “Перларам”. Однак, ці матеріали не відповідають вимогам транспортності через їх значні масові і габаритні параметри, що істотно погіршує характеристики мобільності техніки [11].

Зазвичай, забезпечення живучості техніки стикається з протиріччям між рівнем вимог до зниження її радіолокаційної помітності і необхідністю збереження вантажопідйомності, мобільності та маневреності. На практиці це протиріччя долається шляхом компромісу, а саме, застосуванням радіопоглинаючих матеріалів в поєднанні з модифікацією форми зразків техніки. Останнє, природно, не забезпечує необхідного зменшення інтенсивності відбитих сигналів, що застосовуються противником за допомогою радіолокаторів розвідки. Зменшення інтенсивності відбитої хвилі в напрямку радіолокатора тут супроводжується перевипромінюванням електромагнітного поля зразком техніки в множині інших напрямків.

В даний час, поширюються розробки нових зразків RAM-матеріалів у США, Китаї та Росії [7; 9–12].

Отже, найбільш важливою передумовою для забезпечення живучості зразків озброєння та військової техніки, на основі розробки та цілеспрямованого застосування радіопоглинаючих феритових матеріалів, є сумісне рішення задач і зниження помітності на позиції в режимі бойового чергування, і збереження його функцій при застосування за призначенням, і оперативного, скритного від противника маневрування.

Висновки

1. Розрахунки показують, що принциповою умовою для збільшення ефективності функціону-

вання системи забезпечення бойового застосування зразків ракетно-артилерійського озброєння є суттєве зменшення середнього часу відновлення зразків, у разі його пошкоджень, суттєве зменшення часу підготовки нових зразків до застосування, після безповоротної втрати попереднього, та суттєве зменшення часу обслуговування зразків в польових умовах після бойового застосування за призначенням, в порівнянні зі середнім часом збереження їх функцій під час дії противника та їх безвідмовного бойового застосування за призначенням.

2. Отримані результати аналізу показують також, що збільшення ефективності функціонування системи забезпечення бойового застосування зразків ракетно-артилерійського озброєння принципово неможливо: в умовах незадовільного рівня підготовки та виробничих можливостей підрозділів технічної розвідки, підрозділів евакуації пошкодженого в бойових умовах озброєння, підрозділів ремонту і повернення озброєння у стрій; в умовах незадовільного рівня підготовки ремонтних спеціалістів служби ракетно-артилерійського озброєння і автомобільної служби військової частини.

3. Оцінка закономірності зміни ймовірності перебування в стані “пошкоджений – невідновлений” зразків (в процесі їх застосування за призначенням) показала, що в типових умовах, через бойові пошкодження, ця ймовірність, незважаючи на заходи, що приймаються по їх відновленню, досягає рівня лише 0,5–0,7, не більше.

4. Аналіз досвіду застосування озброєння, огляд вітчизняних і зарубіжних публікацій, наукової літератури і патентної інформації показує помітне відставання реальних показників живучості зразків озброєння та військової техніки від необхідного їх рівня нині та в перспективі. В той же час перспективні нетрадиційні шляхи, що засновані на розробці і застосуванні радіопоглинаючих феритових композитних матеріалів з необхідними характеристиками, для подолання відставання, забезпечення живучості озброєння, застосовуються нечасто.

5. Застосування радіопоглинаючих матеріалів з новими властивостями, на основі методів декількох наукових напрямів і методів фізики, хімії, мікроелектродинаміки, радіолокації і матеріалознавства – реалізація завдання забезпечення живучості зразків ракетно-артилерійських озброєння, шляхом їх цілеспрямованого захисту, труднощів не представляє.

Список літератури

1. Гуляк О.В. Марківська модель для оцінки і адаптивного відновлення працездатності складної системи забезпечення. / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук, В.М. Косарев // Європейський вектор економічного розвитку. – 2016. – № 2. – С. 16-36.
2. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними: моногр. / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: Харк. військ. ун-т, 2004. – 409 с. – Бібліогр.: С. 406-407.

3. Гуляк О.В. Основи військової логістики. Прогнозні моделі забезпечення / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук, О.М. Маслій та ін. – Одеса: Військова академія, 2019. – 262 с.
4. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 64 с.
5. ДСТУ В 3576-97. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1997. – 60 с.
6. Казанцева Н.Е. Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона / Н.Е. Казанцева, Н.Г. Рывкина, И.А. Чмутин // Радиотехника и электроника. – 2003. – № 2. – С. 16-36.
7. Радиопоглощающие свойства содержащих карбонильное железо композитов на СВЧ и КВЧ / В.А. Журавлев, В.И. Суслиев, Е.Ю. Коровин, О.А. Доценко // Исследовано в России. – 2010. – № 35. – С. 404-411.
8. Дем'янчук Б.А. Синтез ферромагнитних оксидів - наповнителів радіоматеріалів / Б.А. Дем'янчук, В.Е. Полищук // Технологія і конструювання в електронній апаратурі. – 2007. – № 5. – С. 61-64.
9. Скорик А.Б. Влияние тенденций развития средств воздушного нападения и тактики их применения на процесс подготовки специалистов / А.Б. Скорик, В.В. Воронин, В.П. Квиткин // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – 2010. – № 1(23). – С. 215-218.
10. Василенко О.В. Погляди на обґрунтування вимог до технічних показників перспективних зразків озброєння / О.В. Василенко, В.В. Зубарев // Наука і оборона. – 2007. – № 4. – С. 33-34.
11. Стаховський О.В. Вирішення танковими (механізованими) підрозділами задачі маскуванія / О.В. Стаховський // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 1(21). – С. 87-90.
12. Многоцелевые радиопоглощающие материалы на основе магнитных наноструктур: получение, свойства и применение / Л.В. Луцев, Г.А. Николаичук, В.В. Петров, С.В. Яковлев // Компоненты и технологии. – 2008. – № 10. – С. 37-42.

References

1. Guliak, O.V., Demianchuk, B.O. and Kosarev, V.M. (2016), "Markivska model dlia otsinky i adaptivnogo vidnovlennia pratezdatnosti skladnoyi systemy zabezpechennia" [Markov model for evaluation and adaptive recovery of complex system security], *European vector of economic development*, No. 2, pp. 16-36.
2. Gorodnov, V.P., Drobakha, G.A., Yermoshyn, M.O., Smyrnov, S.B. and Tkachenko, V.I. (2004), "Modelyuvannia boiovykh diy viysk (syl) protypovitrianoi oborony ta informatsiynе zabezpechennia protsesiv upravlinnia nymy" [Modeling of combat operations of troops (forces) of air defense and information support of processes of their management], Kharkiv Military University, Kharkiv, 409 p.
3. Guliak, O.V., Devianchuk, O.M. and Masliy, O.M. (2019), "Osnovy viyskovoyi lohistyky. Prohnozni modeli zabezpechennia" [Fundamentals of military logistics. Predictive models of provision], Odessa Military Academy, Odessa, 262 p.
4. State Standard of Ukraine (1994), "2860-94 Nadiynist tekhniky. Terminy ta vyznachennia" [2860-94 Reliability of technology. Terms and definitions], Kyiv, Ukraine, 64 p.
5. State Standard of Ukraine (1997), "B 3576-97 Eksploatatsiia ta remont viyskovoi tekhniky. Terminy ta vyznachennia" [B 3576-97 Operation and repair of military equipment. Terms and definitions], Kyiv, Ukraine, 66 p.
6. Kazantseva, N.E., Ryvkina, N.G. and Chmutin, I.A. (2003), "Perspektivnyye materialy dlya poglotiteley elektromagnitnykh voln sverkhvysokochastotnogo diapazona" [Promising materials for microwave absorbers], *Radio engineering and electronics*, No. 2, pp. 16-36.
7. Zhuravlev, V.A., Suslyayev, V.I., Korovin, E.I. and Dotsenko, O.A. (2010), "Radiopogloshchayushchiye svoystva sodержashchikh karbonil'noye zhelezo kompozitov na SVCH i KVCH" [Radio-absorbing properties of carbonyl iron-containing composites on microwave and high-frequency], *Investigated in Russia*, No. 35, pp. 404-411.
8. Demianchuk, B.A. (2004) "Sintez ferromagnitnykh oksidov - napolnitelej radiomaterialov" [Synthesis of ferromagnetic oxides - fillers of radio materials], *Technology and Design in Electronic Equipment*, No. 1, pp. 48 – 50.
9. Skorik, A.B., Voronin, V.V. and Kvitkin, V.P. (2010), "Vliyanie tendentsiy razvitiya sredstv vozdushnogo napadeniya i taktiki ih primeneniya na protsess podgotovki spetsialistov" [Influence of Tendencies of Development of Means of the Air Attack and Tactics of Their Application on Process of Preparation of Experts], *Scientific works or Kharkiv National Air Force University*, No. 1(23), pp. 215-218.
10. Vasylenko, O.V. and Zubarev, V.V. (2007), "Pohlyady na obgruntuvannia vymoh do tekhnichnykh pokaznykh perspektyvnykh zrazkiv ozbroiennia" [Views on the justification of the requirements for the technical indicators of promising weapons], *Science and defense*, No. 4, pp. 33-34.
11. Stakhovskii, O.V. (2010), "Vyrishennia tankovymy (mekhanizovanymy) pidrozdilamy zadachi maskuvannia" [Decision Subdivisions of Tanks (Mechanized) of Task of Disguise], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(21), pp. 87-90.
12. Lutsev, L.V., Nikolaychuk, H.A., Petrov, V.V. and Yakovlyev, S.V. (2008), "Mnogotsel'nyye radiopogloshchayushchiye materialy na osnove magnitnykh nanostruktur: polucheniye, svoystva i primeneniye" [Multipurpose radar absorbing materials based on magnetic nanostructures: production, properties and applications], *Components and Technology*, No. 10, pp. 37-42.

Надійшла до редколегії 15.10.2019

Схвалена до друку 19.11.2019

Відомості про авторів:

Сухін Олег Валерійович

начальник факультету
Військової академії,
Одеса, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8953-8277>

Дем'янчук Борис Олександрович

доктор технічних наук
завідувач кафедри
Військової академії,
Одеса, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2862-9412>

Косенко Артем Віталійович

ад'юнкт
Військової академії,
Одеса, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4730-8067>

Information about the authors:

Oleg Suhin

Head of Faculty
of Military Academy,
Odesa, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8953-8277>

Boris Demianchuk

Doctor of Technical Sciences
Head of Department
of Military Academy,
Odesa, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2862-9412>

Artem Kosenko

Doctoral student
of Military Academy,
Odesa, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4730-8067>

**МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ**

О.В. Сухин, Б.А. Демьянчук, А.В. Косенко

Предложена модель дискретных марковских процессов для системы технического обеспечения боевого применения образцов ракетно-артиллерийского вооружения. Система находится в состояниях: подготовки образцов к применению по назначению; боевого применения образцов; технического обслуживания образцов; восстановление образцов, в случае повреждений или отказов во время марша, обороны или наступления на протяжении заданного интервала боя. Модель позволяет определить вероятности пребывания системы обеспечения, образцов в указанных состояниях. Оценивается показатель эффективности системы технического обеспечения в виде отношения вероятности пребывания системы, а именно, образцов в состоянии боевого применения к сумме вероятностей пребывания их в неготовом состоянии. Предлагается применение радиопоглощающих ферритовых материалов для уменьшения заметности вооружения и военной техники.

Ключевые слова: модель системы технического обеспечения, фиктивность функционирования, показатель эффективности, образцы ракетно-артиллерийского вооружения, восстановления в случае повреждений, радиопоглощающие ферритовые материалы.

PROCESS SYSTEM MODEL OF TECHNICAL SUPPORT OF COMBAT USE OF WEAPON SAMPLES

O. Suhin, B. Demianchuk, A. Kosenko

The model of discrete Markov processes for technical support system of the combat use of the samples of missile and artillery weapon systems was proposed in this article. The system functions in following the states: the preparation of samples for use according to the functions; combat use of samples; technical maintenance of samples; restoration of samples, in case of damage or failure during a march, defense or attack in time of defined battle interval. Using an adequate system model, important indicators of the system quality are determined that it directly affects the results of the combat use of weapons systems. The model contains a set of states and transitions of the system from one state to other state in the functioning process of complexes during a given battle interval. The model gives the possibility to determine the probability of finding systems, weapon samples in the mentioned states. The efficiency indicator of the technical support system is estimated in the form of the ratio of the probability of finding systems: weapon samples in a state of combat use to the sum of the probabilities of staying in the unprepared states: recovery; service; preparation for use. Model implementation into practice requires taking into account the specific functioning parameters of the support system, primarily: indicators of the operational properties of complexes; qualification indicators of personnel in technical units; the availability of block kits for the restoration of damaged weapons, as well as the availability of weapons for the replacement of sample which are irretrievably lost. It is proposed the use of radio-absorbing ferrite materials to reduce the noticeability of arms and military equipment.

Keywords: technical support system model, the efficiency of functioning, the indicator of efficiency, the samples of missile and artillery weapons, weapon restoration in case of damage, radio-absorbing ferrite materials.