

УДК 623.486

М. О. ШИШАНОВ,*доктор технічних наук, професор,***А. В. ГУЛЯЄВ,** *кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,***М. М. ШЕВЦОВ,** *старший науковий співробітник (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Обґрунтування методу моделювання процесу функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки угруповання військ

Запропоновано метод моделювання на основі комплексного підходу, що базується на побудові і дослідженні математичної моделі системи забезпечення боєздатності парку озброєння та військової техніки (ОВТ) угруповання військ. Математична модель розроблена з урахуванням усієї можливої сукупності зовнішніх чинників, які впливають на систему, що характерні для умов воєнного часу, в першу чергу чинників, які обумовлюють завдання пошкоджень зразкам ОВТ і різке зростання потреб у боєприпасах і елементах комплектів ЗІП.

Предложен метод моделирования на основе комплексного подхода, базирующегося на создании и исследовании математической модели системы обеспечения боеспособности парка вооружения и военной техники группировки войск. Математическая модель разработана с учетом всей возможной совокупности внешних факторов, влияющих на систему, характерных для условий военного времени, в первую очередь факторов, обуславливающих нанесение поврежденных образцам вооружения и военной техники и резкое возрастание потребностей в боеприпасах и элементах комплектов ЗИП.

Відомо [1], що на систему відновлення покладається багато різноманітних за змістом і складністю робіт з відновлення працездатності ОВТ: ліквідація експлуатаційних відмов і відновлення зразків ОВТ, що отримали бойові пошкодження слабкого і середнього ступенів, виконання ремонту в об'ємі поточного і середнього відповідно, а також ліквідація пошкоджень малої і середньої складності, отриманих в аварійних ситуаціях.

Виникнення вимог до виконання того або іншого виду відновлення є нерегульованим потоком подій, більшість з яких є випадковими. Тому ефективність виконання робіт з обслуговування таких вимог прийнято оцінювати мірою імовірності. Для організаційно-технічних систем як така міра використовують, як правило, вірогідність обслуговування вимог, що поступають, за час, не перевищуючий заданий [2]. Такий показник ефективності обслуговування вимог приймається як узагальнений. Для систем військового призначення узагальнений показник відновлення ОВТ не може бути прийнятним в оперативних розрахунках, за результатами яких необхідно ухвалювати конкретні рішення з використанням однозначних початкових даних щодо вимог до підсистеми відновлення. Такими даними для оперативних розрахунків є необхідні значення допустимих термінів виконання ремонтних робіт на зразках ОВТ, що для підсистеми відновлення є її параметрами [1, 2]. Обґрунтування вимог до параметрів системи відновлення дворівневе, спочатку на основі розробки і дослідження математичної моделі першого рівня обґрунтовуються вимоги до узагальненого показника ефективності системи відновлення, а потім на основі розробки і дослідження моделей другого рівня обґрунтовуються вимоги до параметрів системи відновлення.

У ряді відомих робіт [1, 2] рішення задачі обґрунтування вимог до ефективності функціонування системи відновлення ОВТ здійснюється шляхом вичленування задачі відновлення із сукупності заходів щодо забезпечення боєздатності ОВТ з використанням кінцевих співвідношень теорії масового обслуговування необхідної інтенсивності відновлення об'єктів ремонту, приймаючи циркулюючі потоки в системі обслуговування найпростішими.

Такий підхід застосовується лише для орієнтовних оцінок, достовірність яких, через прийняття вищевказаних обмежень, низька [3]. Як показано в [2, 4], необхідна достовірність, що відповідає встановленому допустимому рівню ризику ухвалення нераціонального варіанта витрачання засобів на створення нової або вдосконалення існуючої системи відновлення, може бути досягнутий на основі комплексного підходу, заснованого на побудові і дослідженні математичної моделі системи забезпечення боєздатності парку ОВТ угруповання військ, розглядаючи відновлення як складову взаємопов'язаних процесів забезпечення боєздатності ОВТ угруповань військ.

Обґрунтування методу моделювання процесу відновлення ОВТ, як правило, здійснюється в прикладному аспекті стосовно угруповання БТОТ типового військового формування Сухопутних військ – механізованого з'єднання. У цілому, згідно з [1], до складу системи забезпечення боєздатності угруповання військ входять:

підсистема управління;
 підсистема відновлення, на яку покладаються задачі переведення ОВТ (при необхідності) у готовність до застосування з режиму зберігання, виконання заходів щодо технічного обслуговування ОВТ, його військового ремонту, технічної розвідки, евакуації, відновлення ОВТ у бойових порядках військ при їх бойових пошкодженнях, поповнення військових комплектів ЗІП;

підсистема забезпечення частин ОВТ, боєприпасами.
 Математична модель розробляється з урахуванням усієї можливої сукупності зовнішніх чинників, які впливають на систему, що характерні для умов воєнного часу, у першу чергу чинників, які обумовлюють завдання пошкоджень зразкам БТОТ і різке зростання потреб у боєприпасах і елементах комплектів ЗІП. Така модель досить узагальнююча, і при певних обмеженнях на сукупність взаємодіючих зовнішніх чинників легко трансформується в модель, на основі дослідження якої можливо визначити вимоги до ефективності відновлення ОВТ для умов мирного часу.

Як показано в [4, 5, 6], для даної системи доцільним є підхід, заснований на розробці моделей двох рівнів: макрорівня, як параметри якої використовуються узагальнені показники забезпечення кожного виду, і мікрорівня, параметрами яких є показники компонентів кожного виду забезпечення.

На основі дослідження моделі макрорівня відшукується раціональний набір значень узагальнених показників по видах забезпечення, за критерієм досягнення заданого рівня ефективності функціонування макросистеми в цілому. На основі дослідження моделі мікрорівня за критерієм забезпечення заданого рівня узагальнених показників кожного з видів забезпечення відшуковуються раціональні набори значень показників, що характеризують параметри підсистем забезпечення по кожному з її видів.

Аналіз відомих методів математичного моделювання складних систем показує [3, 4], що найприйнятнішим методом для моделювання системи досліджуваного класу є метод агрегативного моделювання. Під агрегатом при цьому розуміють об'єкт, що характеризується внутрішнім станом $Z(t)$, вхідним сигналом $x(t)$, управляючим сигналом $g(t)$, вихідним сигналом $y(t)$, а також операторами переходів станів H і виходів G . Оператори переходів і виходів є складовими і визначаються за допомогою операторів H' , H'' і G' , G'' відповідно.

Оператор переходів виражає залежність внутрішнього стану агрегату в будь-який момент часу від вхідних і управляючих сигналів:

$$Z(t+0) = H'\{t, Z'(t+0), g(t), x(t)\}, \quad (1)$$

де

$$Z'(t+0) = H''\{t, Z'(t+0), g(t)\}. \quad (2)$$

Оператор виходів агрегатів визначає вихідний сигнал агрегату, залежний від внутрішнього стану, а також від управляючого сигналу:

$$y(t) = \begin{cases} G''\{t, Z(t), g(t)\}, & Z(t) \in Z_g^o \\ \hat{O}, & Z(t) \notin Z_g^o \end{cases} \quad (3)$$

де Z_g^o – множина внутрішніх станів агрегату, при яких видається вихідний сигнал.

Момент t_i видачі чергового порожнього вихідного сигналу визначається оператором

$$t_i = G'\{t_i, Z(\tau), g(\tau), x(\tau)\}, \quad (4)$$

$$t_{i-1} < \tau \leq t_i,$$

де t_{i-1} і t_i – сусідні елементи впорядкованої часової послідовності моментів видачі агрегатом вихідних сигналів.

До теперішнього часу не розроблені загальноприйняті правила, що дозволяють здійснити оптимальну декомпозицію будь-якої модельованої складної системи на складові частини для формального опису їх у вигляді агрегатів. Вважається, що ці операції знаходяться у сфері творчості і професійного мистецтва розробника математичної моделі. Разом з тим, вже зараз можна вказати деякі загальні міркування, якими доцільно керуватися при розробці агрегативної математичної моделі взаємодії системи забезпечення із забезпечуваним угрупованням військ.

Оскільки для побудови модельованого алгоритму необхідно визначити оператори агрегативної математичної моделі функціонування системи технічного забезпечення з'єднання БТОТ у вигляді явної математичної залежності, доцільно окремими агрегатами представляти такі частини реальної системи, що піддаються автономним теоретичним і експериментальним дослідженням, а їх причинно-наслідкові зв'язки з іншими частинами мають зрозумілий фізичний зміст і можуть бути легко подані у вигляді кінцевої множини незалежних напрямів передачі дій.

Цим вимогам найбільшою мірою відповідає декомпозиція модельованої системи забезпечення на частини за функціональними ознаками [3]. Елементами такої декомпозиції є: зовнішнє середовище; управління забезпеченням; види забезпечення. У даному випадку видами забезпечення, що підлягають детальному дослідженню, є технічне забезпечення і забезпечення боєприпасами.

З урахуванням викладеного, агрегативна модель системи забезпечення угруповання ОВТ може бути подана у вигляді, показаному на рис. 1.

У наданій моделі агрегат A_{II} моделює процеси зовнішніх дій (зовнішнє середовище і супротивник), агрегат A_I моделює процеси функціонування угруповання військ ОВТ як об'єкта забезпечення, агрегати $A_{об'}$, $A_{СВ}$, A_y моделюють процеси управління видами забезпечення і управління угрупованням ОВТ.

Зокрема, агрегат $A_{об'}$ моделює процеси функціонування підсистеми забезпечення угруповання військ боєприпасами (процеси накопичення боєзапасу в частинах і підрозділах), агрегат $A_{СВ}$ моделює процеси функціонування підсистеми відновлення.

Розглянемо загальний підхід до агрегативного моделювання процесів забезпечення угруповання військ. Як показано в [2], для кожного об'єкта забезпечення (зразка ОВТ), що входить до складу угруповання військ, можна вказати набір параметрів, які визначають готовність об'єкта забезпечення за ознакою їх відповідності необхідним значенням.

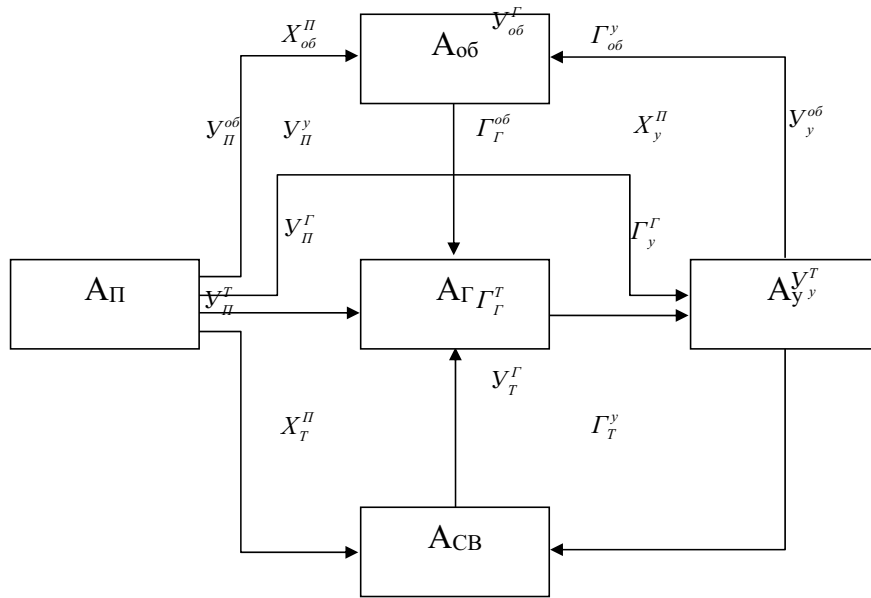


Рис. 1. Структура системи забезпечення боєздатності угруповання військ

Для кожного конкретного угруповання ОВТ (сукупності об'єктів забезпечення) ефективність забезпечення, зокрема, може бути визначена із співвідношення

$$W_G = F[\underline{B}_1(t), \underline{B}_2(t), \dots, \underline{B}_j(t), \dots, \underline{B}_v(t)], t \in (0, T) \quad (5)$$

де $\underline{B}_j(t) = [\beta_{j1}(t), \beta_{j2}(t), \dots, \beta_{jv}(t)]$ – вектор параметрів, що характеризують готовність j -го зразка ОВТ виконати свої функції в складі угруповання військ; $j \in (1, j^*)$ – номер зразка ОВТ у складі угруповання; T – даний часовий інтервал; v кількість параметрів, що визначають готовність зразка ОВТ до виконання своїх функцій.

Вплив системи забезпечення на ефективність угруповання ОВТ полягає в безперервній компенсації випадкових змін (поступових і стрибкоподібних) параметрів об'єктів забезпечення, обумовлених дією внутрішніх і зовнішніх чинників.

Для адекватного відображення реальних процесів взаємодії системи забезпечення з угрупованням ОВТ у моделі повинні імітуватися такі процеси, як забезпечення боєприпасами; витрата боєприпасів у ході бойових дій; виникнення відмов ОВТ; бойові пошкодження ОВТ; процеси технічного обслуговування і поточного ремонту ОВТ; технічної розвідки; евакуації; відновлення ОВТ, що отримали бойові пошкодження; приведення (при необхідності) в боєздатний стан ОВТ з режиму зберігання і тих, що надходять з арсеналів і ремонтних підприємств (заводів промисловості); поповнення військових комплектів ЗІП.

Імітовані процеси в моделі можуть бути відтворені за допомогою датчиків випадкових чисел, якщо відомі закони зміни параметрів об'єкта забезпечення в результаті дії зовнішніх і внутрішніх випадкових чинників, а також закони розподілу випадкового часу виконання різних видів робіт за кожним з параметрів.

У даній агрегативній моделі дії зовнішніх і внутрішніх чинників на агрегати моделі задаються агрегатом АП відповідно до певної програми. Програми зміни параметрів агрегатів моделі складаються на основі використання даних досвіду бойових дій угруповань військ у

локальних війнах, тактичних навчаннях і обстановки, що імітується, для виконання поставленої задачі.

Висновки. Таким чином, метод моделювання, що пропонується, дозволяє відобразити детальну структуру процесів, які відбуваються в системі і її підсистемах, у першу чергу таких процесів, як технічне обслуговування і поточний ремонт озброєння, розгортання і приведення в готовність до використання за призначенням озброєння із режиму довгострокового зберігання, забезпечення експлуатації озброєння необхідними матеріальними засобами і боєприпасами, відновлення працездатності озброєння при бойових пошкодженнях.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Технічне забезпечення Збройних Сил України в бою та операції. К. : НАОУ, 1997. 186 с.
2. Ковтуненко А. П., Шишанов М. А., Зубарев В. В. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем : моногр. К. : Книжное изд-во НАУ, 2007. 296 с.
3. Раскин Л. Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления. М. : Сов. радио, 1986. 344 с.
4. Бусленко Н. П. Лекции по теории сложных систем. М. : Сов. радио, 1973. 96 с.
5. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. М. : Наука, 1978. 356 с.
6. Шишанов М. О., Яблоков В. В., Малюх О. В. Реформування Збройних Сил і проблема підтримки бойового потенціалу ОВТ // Підвищення ефективності функціонування виробничих систем ремонту і технічного забезпечення ОВТ : зб. наук. праць. К. : КІСВ, 1998. С. 34–39.

Рецензент М. І. Васьківський, д-р техн. наук, проф. (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)