

А.М. Шатров¹, В.М. Гришин¹, О.В. Ільїна¹, О.Ю. Дроль²,

¹Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

²Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

У статті представлено методичний підхід щодо оцінки стійкості складних технічних систем військового призначення до факторів ураження боєприпасів в умовах бойових дій.

Показано, що для усунення бойових пошкоджень та приведення складної технічної системи військового призначення до технічно справного стану необхідно провести відновлювальний ремонт, одним із основних показників якості якого є оперативний час відновлення, який залежить від експлуатаційних властивостей системи щодо бойових умов. При цьому важливою властивістю таких систем є живучість, яка визначає можливість їх відновлення у випадку ураження та фактично визначає строк служби в умовах активних бойових дій.

Для оцінки можливості виникнення бойових пошкоджень, запропоновано, використовуючи зонну методичку оцінки ефективності застосування засобів ураження, розподіляти пошкодження складної технічної системи військового призначення по градаціях, що залежать від показників стійкості й живучості простих об'єктів.

Враховуючи взаємозв'язок між відновлюваністю і живучістю, пропонується враховувати положення наведеного методичного підходу при обґрунтуванні вимог до ремонтпридатності складних технічних систем військового призначення.

Ключові слова: відновлювальний ремонт, живучість, засоби ураження, оперативний час відновлення, приведена зона ураження, ремонтпридатність, складні технічні системи військового призначення, фактори ураження.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку армій багатьох країн світу характеризується знаходженням на озброєнні майже всіх видів збройних сил складних технічних систем військового призначення (СТС ВП), що суттєво підвищило їх бойові можливості. Зазначимо, що відповідно до їх розвитку, вони стають більш складними, що у свою чергу, ускладнює завдання щодо їх утримання в постійній бойовій готовності до застосування за призначенням. Для вирішення цих завдань передбачається виконання певного комплексу організаційно-технічних заходів, до числа яких відносяться заходи з відновлення експлуатаційних властивостей зазначених систем, втрачених внаслідок впливу засобів ураження противника.

Експлуатаційні властивості СТС ВП, погіршені або втрачені внаслідок дії засобів ураження противника, можуть бути відновлені

виконанням відновлювального ремонту [1, с. 3...6], раціональна організація і виконання якого може звести до мінімуму її знаходження у непрацездатному стані та витрати на відновлення. Таким чином, одним із основних експлуатаційних показників СТС ВП можна вважати стійкість до факторів ураження боєприпасів різноманітного призначення, що застосовуються противником в умовах бойових дій. При цьому оцінка можливості появи пошкоджень і відмов внаслідок дії засобів ураження носить випадковий характер, що обумовлює необхідність застосування ймовірно-статистичних методів для їх прогнозування.

Зазначимо, що більшість сучасних зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) складаються з великої кількості складових (елементів, блоків, агрегатів, систем тощо), кожна з яких виконує свої функції, побудована на використанні певних фізичних принципів та має зв'язки з іншими. Кожен зразок має певну структуру, яка визначається

бойовим призначенням. При цьому вони мають спільні риси щодо організації побудови, що дає підстави вважати їх представниками складних технічних систем та розглядати з позицій теорії складних систем в організаційному і функціональному аспектах [2, с. 14...17].

Отже, раціональна організація процесу виконання відновлювального ремонту, яка враховує можливі бойові пошкодження, живучість та відновлюваність ОВТ, дає змогу в умовах бойових дій підвищити його ефективність, мінімізувати затрати проведення і час знаходження системи у непрацездатному стані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню питань стійкості, живучості та відновлюваності ОВТ присвячено багато робіт вітчизняних і закордонних вчених. При цьому фахівці з надійності досить повно розробили математичний апарат щодо впливу ремонту на показники функціонування складних технічних систем (СТС), при цьому ремонтпридатність розглядалася як некерована властивість. І навпаки, фахівці з ремонту детально аналізували їх технологічність при обслуговуванні, не розглядаючи цю проблему щодо отримання пошкоджень і відновлення справності в бойових умовах.

Так, у роботі [1, с. 3...6, 156...199] викладено основи теорії відновлення експлуатаційних властивостей складних технічних систем, запропоновано класифікацію видів ремонту, викладено методики і приклади рішення задач розрахунку можливих пошкоджень апаратури та обладнання радіоелектронних систем від дії засобів. Там же наведено методику рішення задач розрахунку імовірного характеру їх пошкодження від найбільш поширених засобів ураження та оптимізації у цьому аспекті необхідного складу ремонтних сил і засобів. Теоретичні аспекти управління системою відновлення ОВТ щодо обґрунтування критеріїв оцінки ефективності прийняття рішень та методика комплексного розрахунку показників ефективності складних систем, а також зміст і завдання відновлювального ремонту, розглядається в [3, с. 43...80, 94...95].

Методичний підхід щодо оцінювання ефективності відновлення систем ОВТ на основі математичної моделі їх функціонування запропоновано у роботі [4, с. 87...94], який використовує інформацію про кількість відновлених зразків на кожному рівні ієрархії та кількість неохоплених ремонтно-відновлювальними роботами зразків у кожній ланці, їх надійність та кількість працездатних на кожен добу операції (бойових дій). Основні принципи організації та

управління складними організаційно-технічними системами, та також необхідність використання методології структурного синтезу при формалізації задач коригування основних параметрів системи відновлення наведено у [5, с. 3...13].

За результатами аналізу типових наземних цілей у роботі [6, с. 26...32] визначено, що переважна їх більшість є розосередженими на деякій площі. Там же показано, що найбільш повним показником оцінки ефективності дії авіації по наземних об'єктах доцільно вважати математичне очікування величини збитку наземним об'єктам. При цьому багато уваги приділяється раціональній організації вогневих впливів.

Обґрунтування підходів щодо прогнозування очікуваних пошкоджень ОВТ зенітних ракетних військ від впливу засобів ураження ударної дії, розглядаються у роботі [7, с. 50...56]. При цьому якісним показником прогнозування рівня пошкоджень зразка ОВТ обрано ознаку ступеня його пошкодження. У роботі [8, с. 116...118] розглянуто метод прогнозування величини втрат ОВТ під час ведення бойових дій та деякі питання, які впливають на її відновлюваність.

Порядок проведення комплексної оцінки можливості відновлення складних технічних систем військового призначення запропоновано у роботі [9, с. 85...94]. При цьому, зокрема, обґрунтовано взаємозв'язок між ураженістю, живучістю та їх відновлюваністю. У роботі [10, с. 563...565] розглянуто систему технічного забезпечення військ зв'язку Збройних Сил України за досвідом проведення бойових дій, складовою якої є підсистема відновлення. Концептуальні основи розробки програм забезпечення ремонтпридатності СТС наведено у роботі [11, с. 91...98], при цьому підкреслено, що вимоги до ремонтпридатності повинні бути необхідною складовою програми їх розробки.

Мета статті – розробка методичного підходу щодо оцінки стійкості й живучості складних технічних систем військового призначення до засобів ураження з використанням зонної методики оцінки їх ефективності.

Виклад основного матеріалу

Відомо, що відновлювальний ремонт проводиться для усунення несправностей і бойових пошкоджень, характер яких залежить від особливостей конструкції СТС ВП та кількість уражень [1, с. 3...6]. При цьому, враховуючи, що він є характерним для умов військового часу, а терміни його проведення завжди обмежені, підготовка до нього повинна проводитися завчасно. Це обумовлює доцільність прогнозування його складності з урахуванням можливого характеру

очікуваних пошкоджень та попереднього визначення складу ремонтних сил і засобів, розробити варіанти організації робіт тощо, що наприкінці дасть змогу мінімізувати час знаходження системи у непрацездатному стані.

В умовах бойових дій найбільш поширеною причиною виникнення несправностей ОВТ є вплив на них факторів ураження снарядів, ракет, бомб тощо різноманітного призначення. Наслідками такого впливу можуть бути пошкодження і руйнування складових (деталей, вузлів, агрегатів, систем тощо).

Для усунення бойових пошкоджень і відмов та приведення ОВТ до технічно справного стану виконується відновлювальний ремонт, який значно відрізняється від ремонту в стаціонарних умовах. У загальному випадку він характеризується часом, необхідним для:

- проведення технічної розвідки;
- евакуації непрацездатних зразків;
- власне ремонту;
- доукомплектування та повернення для використання за призначенням.

Таким чином, як показник, що характеризує відновлювальний ремонт, приймемо оперативний час відновлення СТС ВП ($T_{ОВ}$), що розраховується як [9, с. 85...94]

$$T_{ОВ} = T_{ТР} + T_E + T_P + T_{ПЕ}, \quad (1)$$

де $T_{ТР}$ – час ведення технічної розвідки щодо пошуку непрацездатних зразків та попередньої оцінки можливості їх відновлення; T_E – час евакуації; T_P – час виконання ремонту; $T_{ПЕ}$ – час повернення до використання за призначенням (в експлуатацію) відновлених зразків.

У цьому аспекті основною властивістю СТС ВП, що визначає термін їх служби в умовах бойових дій, можна вважати живучість [9, с. 85...94, 11, с. 91...98], яка, у свою чергу, характеризується можливістю відновлення у випадку ураження. При цьому відновлюваність характеризується такими ж показниками, що і ремонтпридатність, тобто часом відновлення T_B та імовірністю відновлення у заданий термін $P_B(t)$. У ряді випадків для оцінки живучості доцільно використовувати узагальнений показник, що об'єднує стійкість і відновлюваність. Таким показником, що враховує імовірність відмови системи у випадках ураження (пошкодження) та імовірність її відновлення, є показник живучості, який розраховується за формулою [9, с. 85...94]:

$$V = \frac{K_B^2 W_C}{1 + (K_B^2 - 1) W_C}, \quad (2)$$

де W_C – показник стійкості системи в бойових умовах; K_B – показник, що оцінює можливість відновлення системи у випадку її ураження.

Ймовірність виникнення таких несправностей залежить від типу боєприпасів, їх потужності та точності стрільби. У загальному випадку, при відомих законах ураження і розсіювання, імовірність ураження елементарної цілі визначається як [12, с. 20...32, 6, с. 26...32]

$$W = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(X, Z) f(X, Z) dX dZ,$$

де $G(X, Z)$ – координатний закон ураження цілі, який характеризує вразливість цілі, характеристики дії факторів ураження боєприпасів та показує залежність імовірності її ураження від координат точки вибуху (x, z); $f(X, Z)$ – закон розсіювання боєприпасів, який визначається характеристиками точності наведення та показує щільність ймовірності розподілу координат точок вибуху відносно цілі.

У прямокутній системі координат це прямокутник зі сторонами l_X , l_Z і площею $S = l_X \cdot l_Z$, у полярній – круг радіусом R і площею $S = \pi R^2$. Тоді площа приведеної зони ураження визначається як:

$$S_{\Pi} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(X, Z) dX dZ = \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} G(r, \varphi) r dr d\varphi.$$

Для спрощення розрахунків використовують апроксимацію координатного закону ураження ступінчатою функцією:

$$G^*(X, Z) = \begin{cases} 1, & (X, Z) \in \Omega_{\Pi} \\ 0, & (X, Z) \notin \Omega_{\Pi} \end{cases}, \quad (3)$$

де Ω_{Π} – приведена зона ураження, в якій елементарна ціль уражається з імовірністю одиниця (майже достовірно).

Зазначимо, що поняття приведеної зони ураження і площа приведеної зони ураження широко використовується в прикладних дослідженнях.

Для дослідження стійкості окремої СТС ВП до факторів ураження боєприпасів скористуємося окремими положеннями зонної методики оцінки ефективності застосування авіаційних засобів ураження по одиночних, групових і розподілених цілях [6, с. 26...32, 13, с. 67...92].

Застосування засобів ураження завжди має метою припинити функціонування цілі на час, не менш заданого. При цьому несправності, що виникли внаслідок нанесених пошкоджень (V), і час, протягом якого система не функціонує (T), пов'язані співвідношенням:

$$T = \varphi(V),$$

де φ – неспадна функція.

Приймаючи декілька різних значень T , можна встановити різні ступені ураження СТС ВП, використовуючи таке правило. Якщо $T_1 > T_2 > \dots > T_m$, то відповідні ступені ураження називають ураженнями по типу I, II, III, і так далі. Відповідність між фактичними пошкодженнями (v) і часом припинення функціонування системи T_i визначається на основі експертних оцінок фахівців.

При цьому, для простого об'єкту, шкала пошкоджень не є двоступінчатою, тобто “об'єкт уражено” або “об'єкт не уражено”. Відповідно до наведеного підходу, він може бути взагалі не ураженим, ураженим по типу I, але ураженим по типу II, і так далі. При цьому накопичення шкоди не враховується.

Для складних об'єктів завдане ураження завжди накопичується. Процес такого накопичення є дискретною випадковою функцією незалежних вогневих впливів N , при фіксованому кількості яких N отримуємо випадкову величину V – долю уражених простих об'єктів (що входять у склад СТС ВП) за типом ураження, що розглядається.

Отже, під ураженням СТС ВП за типом ураження I, будемо розуміти появу події, при якій не менш $v\%$ простих об'єктів в його складі уражено за типом I. Аналогічно визначаються ураження складних систем за типами I, II, III тощо. Відповідно імовірності ураження та пов'язані з ними події $A, B, C, \dots, M$ щодо градацій пошкодження, можна записати як

$$\begin{aligned} I^* &\rightarrow P(A^*) = P(A); \\ II^* &\rightarrow P(B^*) = P(B) - P(A); \\ III^* &\rightarrow P(C^*) = P(C) - P(B) \\ &\dots \dots \dots \\ M^* &\rightarrow P(M^*) = P(M) - P(M-1). \end{aligned} \quad (4)$$

Під градаціями пошкоджень СТС ВП розуміють, що певна доля простих об'єктів (v), яка входить в її склад, буде уражена типу I^* або II^* або III^* тощо. Завдання полягає у визначенні характеру, кількості пошкоджень та величині заданих збитків.

Для захищених СТС ВП закон ураження має ступінчатий вигляд, тобто в межах певної дальності вибуху від цілі ймовірність ураження вважається рівною одиниці, а за її межами – нулю. Ймовірність ураження в цьому випадку також визначається за рівнянням (3). Радіус ураження для конкретних боєприпасів при їх дії по різних цілях визначається емпіричним шляхом та приводиться у відповідній документації.

Імовірність ураження системи одним пострілом (G_i) можна представити як відношення площі її проекції, попадання в яку призводить до її ураження (S_{yp}) до площини розсіювання (S_p) [12, с. 39]

$$G_i = \frac{S_{yp}}{S_p}. \quad (5)$$

Очевидно, що для оцінки S_{yp} необхідно знати конструкцію СТС ВП і характеристики засобів ураження. Це дасть змогу визначити границі площі, при попаданні в яку пошкоджується деяка важлива складова частина системи. Таким чином можна оцінити S_{yp} для всіх її окремих складових, а потім їх сумою оцінити стійкість у цілому. За величиною площі ураження окремих складових можна оцінити їх стійкість щодо дії на них засобів ураження різного типу та провести градації пошкоджень за різними типами (I^* , II^* , III^* тощо), відповідно до виразу (3).

Якщо СТС ВП є розосередженою, для оцінки стійкості необхідно знати показник розосередженості щодо застосування по ньому засобів ураження (R), який показує, на яку кількість компактних об'єктів необхідно умовно поділити систему при багатократному вогневому впливі на неї [6, с. 72...77]. Тобто число R показує рівень практичної незалежності ураження компактних об'єктів, які можна виділити із досліджуваної системи, та розраховується як

$$\begin{aligned} R &= R_X \cdot R_Z = \\ &= \max \left\{ 1; \frac{C_X^*}{l_X^* + L_X^* + 3} \right\} \cdot \max \left\{ 1; \frac{C_Z^*}{l_Z^* + L_Z^* + 3} \right\}, \end{aligned} \quad (6)$$

де C_X^* , C_Z^* – відносні розміри СТС ВП щодо імовірних відхилень по відповідних осях; L_X^* , L_Z^* – приведені розміри зони розсіювання боєприпасів щодо імовірних відхилень по відповідних осях; l_X^* , l_Z^* – приведені розміри зони ураження боєприпасів по відповідних осях.

Якщо $r=1$, то всі компактні об'єкти у складі системи можуть бути уражені при одному вогневому впливі. Якщо $r \geq N_0$, де N_0 – кількість компактних об'єктів (елементарних цілей) у складі системи, то кожний компактний об'єкт системи фактично є окремою ціллю, а сама система – розосередженою. У випадку $1 < r < N_0$, число r визначає кількість компактних об'єктів, які необхідно пошкодити (уразити) для повного пошкодження (ураження) всієї системи. При цьому

пошкодження окремих компактних об'єктів є фактично незалежними один від одного.

Розподіл СТС ВП на r компактних об'єктів (цілей) при організованому цілерозподілі забезпечує накопичення пошкоджень системи зі зростанням кількості вогневих впливів засобів ураження, а математичне очікування кількості уражених компактних об'єктів від N незалежних вогневих впливів визначається лінійно-показовим законом:

$$M_N[X] = \eta N_u [1 - (1 - M_{1r}[V]^{\xi+1})] + (r - \eta) N_u [1 - (1 - M_{1r}[V]^{\xi})], \quad (7)$$

де $M_N[X]$ – математичне очікування кількості уражених компактних об'єктів системи при N незалежних вогневих впливах; N_u – кількість компактних об'єктів на груповій цілі;

$M_{1r}[V] = M_{1r} \left[\frac{X}{N_u} \right]$ – математичне очікування частки уражених компактних об'єктів при одному вогневому впливі; $\xi = \left[\frac{N}{r} \right]$; $\eta = N - \xi r$; $N_u = \frac{N_0}{r}$.

Формула (7) дає змогу розраховувати значення математичного очікування кількості уражених компактних об'єктів системи при N незалежних вогневих впливах.

Отже, імовірність ураження СТС ВП визначається математичним очікуванням отримання пошкоджень найбільш важливими її складовим, які визначають основні тактико-технічні властивості. На основі ймовірностей виникнення пошкоджень і відмов визначаються з'являється можливість визначити структуру відновлювального ремонту та розрахувати його основні параметри.

Відомо, що критерієм ефективності стрільби може служити ймовірність ураження цілі, що характеризує, з одного боку, ефективність елементу ураження, з іншого – її стійкість до впливу факторів ураження, тобто живучість [9, с. 85...94]. Тому для дослідження живучості окремої СТС ВП визначимо ймовірність її ураження (W_{yp}), для чого скористаємося формулою [13, с. 26...32]

$$W_{nop} = P_{mn} G_m, \quad (8)$$

де P_{mn} – ймовірність попадання в об'єкт m елементів ураження з n пострілів; G_m – умовний закон ураження, який пов'язує ймовірність ураження об'єкту та кількість елементів ураження m , що його урадили.

Визначення ймовірності ураження СТС ВП за формулою (8) дає можливість оцінку можливість її ураження та визначити стійкість у цілому за величиною окремих площин, які займають певні складові частини із своїми показниками живучості. При цьому такі складові вже вважаються компактними (простими) об'єктами.

Для представлення СТС ВП у вигляді деякої сукупності компактних (простих) об'єктів доцільно скористатися відомою процедурою декомпозиції [14, с. 98...112], яка дасть змогу представити її у вигляді певної структури, що включає в себе кілька рівнів, і провести розподіл її складових на групи за визначеними ознаками. У результаті отримаємо упорядковану ієрархічну сукупність, яка може бути представлена у вигляді однокорінного ієрархічного графу, таблиці, структурованої схеми тощо. Це дасть змогу знизити розмірність задачі, розробити для кожної групи науково-обґрунтовані методичні рекомендації щодо оцінки ремонтпридатності СТС ВП та відновлювального ремонту.

Загальний алгоритм оцінки стійкості (живучості) СТС ВП до факторів ураження боеприпасів показано на рис. 1.

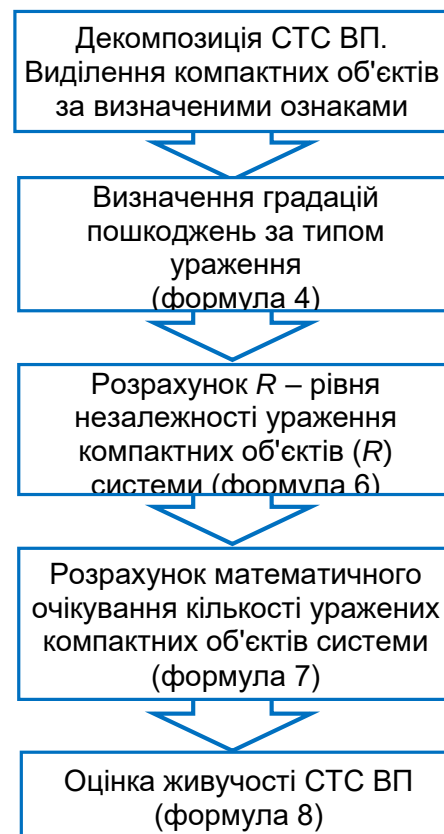


Рис. 1. Блок-схема алгоритму оцінки стійкості (живучості) СТС ВП до факторів ураження.

Джерело: розроблено авторами.

Висновки

Досвід використання СТС ВП, до яких відносяться багато виробів ОВТ показав, що одним із основних їх експлуатаційних показників необхідно вважати стійкість до засобів ураження різноманітного призначення. При цьому можливість появи пошкоджень і відмов внаслідок їх дії, обумовлює необхідність застосування ймовірно-статистичних методів для їх прогнозування.

Для усунення бойових пошкоджень і відмов та приведення ОВТ до технічно справного стану виконується відновлювальний ремонт, який значно відрізняється від ремонту в стаціонарних умовах. Як показник, що його характеризує, було прийнято оперативний час відновлення системи ($T_{ОВ}$), який розраховується за формулою (1).

Визначення ймовірності ураження СТС ВП за формулою (8) дає можливість оцінити ймовірність ураження та визначити стійкість у цілому за величиною окремих площин, які займають певні складові частини зі своїми показниками живучості. При цьому такі складові вже вважаються простими (компактними) об'єктами.

Розробка заходів щодо забезпечення ремонтпридатності СТС ВП щодо відновлювального ремонту на етапах розробки технічних завдань

дасть змогу підвищити його ефективність, мінімізувати затрати і час знаходження системи у непрацездатному стані.

Використання основних положень зонної методики дає змогу порівнювати та оцінювати ефективність застосування боєприпасів різного типу на визначеному об'єкті; визначати пошкодження, що накопичуються у системі при незалежних вогневих впливах; одноманітно оцінити наслідки вогневих впливів по об'єктах різного типу.

Розглянутий методичний підхід доцільно використовувати при обґрунтуванні вимог до ремонтпридатності СТС ВП ще на етапі розробки, що дасть змогу врахувати вплив факторів ураження боєприпасів різного типу на показники їх відновлюваності.

У подальших дослідженнях доцільно розглянути можливість застосування наведеного методичного підходу при реалізації концепції “Країна-фортеця”, яка спрямована на забезпечення інтегрального захисту території України [15, с. 69...79] в аспекті стійкості систем державного та воєнного управління, життєзабезпечення, цивільний захист, безпеку міського середовища тощо.

Список літератури

1. Ковтуненко А.П., Зубарев В.В., Шишанов М.А. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем. Монография. – К.: книжное издательство НАУ, 2007. – 294 с.
2. Артюшин Л.М., Зиятдинов Ю.К., Попов И.А., Харченко А.В. Большие технические системы: проектирование и управление. – Харьков: Факт, 1997. – 400 с.
3. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения (Монография). Том 12. Научные основы системного подхода при решении задач восстановления вооружения и военной техники / И.Б. Чепков, С.В. Лапицкий, В.В. Зубарев, М.А. Шишанов, С.С. Трегубенко, В.И. Коцуруба, А.В. Кучинский, А.А. Веретнов, И.И. Деркач, А.Н. Шатров, И.В. Звершковский / под ред. И.Б. Чепкова – К.: Видавничий дім Дмитра Бураго, 2022. – 304 с.
4. Дачковський В.О., Стрельбицький М.А. Математична модель функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та озброєння*, 2020. №2(38). С. 87-94. DOI:10.33099/2311-7249/2020-38-2-87-94.
5. Шишанов М.О., Шевцов М.М., Чеченкова О.Л. Методологічні основи структурного синтезу систем відновлення озброєння та військової техніки угруповання військ. *Озброєння та військова техніка*, 2017. № 3 (15). – С. 3–13.
6. Башинський В.Г., Телевний І.В., Нікітченко В.І. Методичний підхід щодо визначення величини збитку військам противника штурмовою авіацією з урахуванням ефективності застосування авіаційних засобів ураження. *Зб. наук. праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. 2019. Вип. № 2. – С. 26–32. <http://doi:10.37701/dndivsovt.2.2019.04>.
7. Запара Д.М., Бровко М.Б., Старцев В.В., Кушпета Р.Ю., Дудко М.В. Впровадження процедури прогнозування пошкоджень ОВТ від впливу осколкової дії засобів ураження в перспективну АСУ матеріально-технічного забезпечення. *Зб. наук. праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 2018, №4(58). – С. 50–56.
8. Павловський О.В. Прогнозування величини втрат озброєння та військової під час бойових операцій (бойових дій). “Системи озброєння і військова техніка”, 2015, №4(44). – С.116–118.
9. Шишанов М.О., Кондратюк І.В., Веретнов А.О. Методичні основи комплексного обґрунтування вимог до відновлювальності складних технічних систем. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, 2021, № 1(40). – С. 85–94. <http://doi:10.33099/2311-7249/2021-40-1-85-94>.

10. Гришина Н.С., Білий О.А., Побережець Т.В., Новак А.О. Ткач В.О. Оптимізація системи технічного забезпечення військ зв'язку ЗС України за досвідом проведення бойових дій. *“Молодий вчений”*, 2018. №12(64). – С. 563–565.

11. Шишанов М.О., Веретнов А.О., Кондратюк І.В., Горбавский С.А. Концептуальні основи розробки програм забезпечення ремонтпридатності складних технічних систем. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, 2020, № 3(39). – С. 91–98. <http://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-39-3-91-98>.

12. Чепков И.Б., Лапицкий С.В., Кучинский А.В., Оленович И.Ф., Шишанов М.О., Васильковский М.И., Гурнович А.В., Бисык С.П., Куприенко А.Н. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Т.9. Прикладные аспекты испытаний и теоретико-экспериментальный исследований вооружения и военной техники. Монография. – К.: Видавничий дім Дмитра Бураго, 2016. – 433 с.

13. Козир А.Г., Башинський, Д.В. Аналіз факторів, що визначають пріоритетність обрання наземних цілей під час антитерористичної операції. *Зб. наук. праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*, 2019, №1(1), – С. 87–92.

14. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения (Монография). Т.11 Синтез системы поддержания исправности средств поражения / Б. П. Креденцер, Б. Н. Ланецкий, С. В. Лапицкий, А. А. Любарев, И. В. Одноралов, А. Н. Шатров, М. А. Шишанов / под ред. О. П. Коростелева. – К.: Видавничий дім Дмитра Бураго, 2019. – 332 с.

15. Коцюруба В. І., Білик А. С., Бзот В. Б., Дзевєрін І. Г. Захист об'єктів критичної інфраструктури України від прямих влучань ракет за допомогою підземного розташування. *Ядерна та радіаційна безпека* 2(98).2023. – С. 69–79. [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2\(98\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2(98).07)

Надійшла до редколегії 10.12.2023

Схвалена до друку 20.12.2023

Відомості про авторів

Шатров Андрій Миколайович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3070-7483>

Гришин Володимир Михайлович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3353-7819>

Ільїна Олена Вікторівна

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1172-0057>

Дроль Олександр Юрійович

магістр
старший викладач
Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5472-208X>

Information about the authors

Andrii Shatrov

Candidate of Technical Science
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3070-7483>

Volodymyr Grishin

Candidate of Technical Science
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3353-7819>

Olena Ilyina

Research Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1172-0057>

Oleksandr Drol

Master
Senior Instructor
of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5472-208X>

A METHODOLOGICAL APPROACH TO DETERMINING THE SURVIVABILITY OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS FOR MILITARY PURPOSE IN COMBAT CONDITIONS

A. Shatrov, V. Grishin, O. Ilina, O. Drol

The article presents a methodical approach to assessing the stability of complex technical systems of military use to the factors of munitions damage in combat conditions.

The experience of using complex technical systems for military purposes, which includes many weapons and military equipment, has shown that one of their main operational indicators should be considered resistance to various means of destruction. At the same time, the possibility of damages and failures as a result of their action determines the need to use probabilistic statistical methods for their forecasting.

To eliminate combat damage and failures and bring weapons and military equipment to a technically serviceable state, restorative repair is performed, which is significantly different from repair in stationary conditions. As an indicator that characterizes it, the operative time of system recovery.

Suggested order makes it possible to assess the possibility of its damage and to determine the stability in general by the size of individual planes that occupy certain component parts with their survivability indicators for the Determining the probability of damage to complex technical systems of military purpose. At the same time, such components are already considered simple objects.

The development of measures to ensure the maintainability of complex technical systems of military use regarding restorative repair at the stages of developing technical tasks will allow to increase its effectiveness, minimize costs and the time the system is in an inoperable state.

The use of the main provisions of the zone methodology allows: to compare and evaluate the effectiveness of the use of different types of ammunition at a specified object; determine damage accumulated in the system during independent fire effects; uniformly assess the consequences of fire effects on objects of various types.

The considered methodical approach is expedient to use when substantiating the requirements for the maintainability of complex technical systems for military purposes at the development stage, which will allow taking into account the influence of ammunition damage factors on their reparability indicators, as well as in the implementation of the "Fortress Country" concept, which is aimed at ensuring the integral protection of the territory of Ukraine in aspects of the stability of the state and military administration systems, life support, civil protection, security of the urban environment, etc.

Keywords: restorative repair, survivability, means of damage, operational recovery time, reduced damage zone, reparability, complex technical systems of military purpose, damage factors.