

УДК 623.486

Ю.М. Черніченко, О.Є. Забула, В.А. Музичук

Національна академія Національної гвардії України, Харків

ОБҐРУНТУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПОКАЗНИКА НАДІЙНОСТІ СТРІЛЕЦЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

Розглядається поняття надійності стрілецького озброєння в сучасних умовах його експлуатації. Проведено аналіз відомих понять про надійність стрілецького озброєння з використанням останніх наукових публікацій, навчальної літератури та Державних стандартів України. Особлива увага приділена врахуванню експлуатаційних та ресурсних відмов. При наявності на сьогодні великої кількості показників надійності, які не дають можливості узагальнено оцінити рівень надійності існуючої стрілецької зброї та визначити потрібний рівень надійності перспективного озброєння, на основі виконаного аналізу запропоновано застосовувати в якості показника надійності стрілецького озброєння узагальнений комплексний показник, який дозволяє оцінити рівень надійності стрілецького озброєння військової частини (підрозділу) на різних етапах його експлуатації: застосування за призначенням та зберігання, а також враховувати вплив факторів на стан озброєння, намітити шляхи забезпечення необхідного рівня надійності озброєння під час проектування, виробництва та випробувань зразків зброї.

Ключові слова: надійність, стрілецьке озброєння, стрілецька зброя, показники, безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність, збережуваність.

Вступ

Однією з складових боеготовності озброєння є його надійність. Підвищення надійності стрілецької зброї є однією з найважливіших задач, які стоять перед розробниками, виробниками та особовим складом, що здійснює її експлуатацію. В умовах ведення бойових дій підвищення надійності озброєння забезпечує успіх виконання поставлених завдань.

Досвід бойового застосування стрілецької зброї показує, що зразки, які мають високі бойові властивості, не можуть отримати визнання, якщо вони не забезпечують необхідну надійність дії. В даний час силові структури віддають перевагу надійній зброї. Під надійністю озброєння розуміють її властивість зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування [1; 4; 6]. Надійність дії стрілецької зброї являє собою сукупність властивостей, які характеризують безвідмовність роботи та живучість її в бою. Надійність є комплексною властивістю і визначається: безвідмовністю дії механізмів; безпекою поведіння зі зброєю; довговічністю служби; живучістю зброї в бою; ремонтпридатністю; збережуваністю [1; 7–14].

В процесі експлуатації зброї, її властивості не залишаються постійними, а під впливом суб'єктивних та об'єктивних факторів виникають процеси зносу, корозії, деформації, поломки деталей та збірних одиниць в результаті чого зразок озброєння частково або повністю втрачає працездатність.

У зв'язку з підвищенням автоматизації стрілецької зброї, застосуванням електронно-оптичних приладів необхідне ретельне наукове обґрунтування військово-технічних рішень при розробці, випробуваннях, виробництві та експлуатації зброї. При цьому необхідно оцінити сучасний рівень надійності зброї та спрогнозувати необхідний рівень її надійності при проведенні заміни озброєння.

Вирішити задачу оцінки існуючого і забезпечення заданого рівня надійності зброї можна шляхом порівняння її показників надійності. Крім того, необхідно, щоб показники надійності озброєння задавалися в технічному завданні на проектування та контролювалися при розробці конструкції, її виготовленні та експлуатації. В цьому випадку можна порівнювати надійність різних моделей і вести роботу по підвищенню їх надійності. Однак, на теперішній час існує велика кількість як комплексних, так і одиничних показників надійності, які не дають можливості узагальнено оцінити рівень надійності існуючої стрілецької зброї і визначити потрібний рівень надійності перспективного озброєння.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Науковою основою досліджень оцінки рівня надійності стрілецької зброї і готовності її до виконання завдань є: теорія ефективності застосування озброєння, технічна експлуатація озброєння, конструкція стрілецької зброї, теорія надійності виробів техніки, теорія ймовірностей та математична статистика. Основні залежності, які використовуються при визначенні рівня надійності стрілецької зброї, наведені в роботах [1; 4]. Пропозиції з оцінки показників надійності та боеготовності сучасного озброєння, наведені в роботах [2–8]. В роботі [1] розроблені

аналітичні залежності комплексних коефіцієнтів: коефіцієнт технічного використання, коефіцієнт готовності, коефіцієнт інтегральної готовності.

Але у відомих роботах не наведені залежності та данні по узагальненій оцінці існуючого рівня надійності стрілецької зброї і визначення потрібного рівня надійності перспективного озброєння.

Метою роботи є отримання залежності для оцінки рівня надійності стрілецького озброєння та визначення впливу на неї окремих властивостей озброєння.

Основна частина

Всю сукупність властивостей стрілецької зброї поділяють на: службово-експлуатаційні та виробничо-економічні.

До службово-експлуатаційних властивостей зброї відносяться: ефективність (дійсність) стрільби, маневреність, пристосованість до місцевості, надійність дії, безпечність в поводженні, зручність обслуговування та простота утримання. Основу всіх властивостей складає надійність дії зброї.

Поняття надійності дії зброї складають такі аспекти, як: безвідмовність дії механізмів; безпека під час експлуатації зброї; живучість зброї в бою. Безвідмовність дії механізмів є однією з найважливіших експлуатаційних властивостей зброї і оцінюється кількістю затримок на 1000 пострілів. Будь яка затримка в роботі зброї різко знижує її бойові властивості. Їх намагаються звести до мінімуму за рахунок розробки вдалої конструкції зброї та жорсткими випробуваннями під час відбору зразка озброєння. Безпека поводження зі зброєю досягається за рахунок наявності надійних та ефективних запобіжників. Живучість зброї в бою забезпечується відсутністю деталей, які легко виходять з ладу під дією ударної хвилі, куль, осколків, захищеністю найбільш важливих деталей і механізмів від бойових пошкоджень, а також терміном нормальної роботи її деталей. Вона забезпечується застосуванням високоякісних сталей для відповідальних деталей, хромуванням стволів, суворим виконанням правил експлуатації і т. п.

Відмінність “ідеальної зброї” від реальної полягає в тому, що остання допускає появу відмов. Поняття відмови є одним із фундаментальних у теорії надійності і являє собою подію, пов’язану з порушенням працездатності озброєння. Можна вважати, що для фахівців, які займаються використанням зброї, її “надійність” починається з появою відмов: з того, коли вони з’являються, які вони, до яких приводять наслідків і т.п.

Сучасне стрілецьке озброєння являє собою складні технічні системи. Останнім часом у цих системах озброєння застосовуються електронно-оптичні прилади. Тому під час її використання можуть виникати відмови різних видів. Наявність да-

них про відмови зброї, розкриває можливості їх систематизації, встановлення їх причин і розробці заходів по їх усуненню, розробці методів прогнозування надійності, термінів профілактичних робіт, математичних методів моделювання надійності.

Для отримання залежності по узагальненій оцінці існуючого рівня надійності озброєння використаємо методику обґрунтування узагальненого показника надійності автомобільної техніки, яка наведена в роботі [2].

Із наукової літератури відомо, що експлуатаційні відмови виникають із-за причин, які обумовлені комбінацією не благоприємних факторів, які виникають при експлуатації виробів з низькими властивостями, які закладені при конструюванні, а частіше при виготовленні озброєння. Причинами експлуатаційних відмов є різні порушення встановлених правил експлуатації, норм конструювання, виробництва і ремонту зброї. Це відмови, яких звичайно не очікують. Експлуатаційні відмови характеризують безвідмовність.

Вважається, що на відміну від експлуатаційних, ресурсні відмови виникають як події, яких очікують, вони пов’язані з природними змінами (як правило впродовж тривалого часу), які виникають в основних (базових) вузлах озброєння та приводять до їх граничного стану, граничного зносу, поломок деталей і вузлів із-за зменшення їх міцності. При відновленні працездатності елемента, який відмовив, відновлюється початковий (або міжремонтний) ресурс основних вузлів і спряжень. Ресурсні відмови характеризують довговічність.

Необхідно відмітити, що умови використання зброї носять випадковий характер і мають імовірнісні характеристики. При цьому відмови механізмів і вузлів зброї можуть виникати як при нормальних (відмови, появу яких можна чекати), так і при екстремальних умовах експлуатації (бойові пошкодження). Тому відмови озброєння можна розподілити на ті, які прогнозуються (ресурсні), і ті, які не прогнозуються (не ресурсні).

До складових надійності стрілецької зброї відносяться наступні властивості: безвідмовність; довговічність, ремонтпридатність; збережаність.

$$K_n = P_b(t) \cdot P_p(t) \cdot P_z(t), \quad (1)$$

де K_n – узагальнений показник надійності озброєння;

$P_b(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи озброєння;

$P_p(t)$ – ймовірність відновлення працездатного стану озброєння після виникнення відмови;

$P_z(t)$ – ймовірність збереження працездатного стану озброєння при зберіганні.

1. Ймовірність безвідмовної роботи $P_b(t)$ – ймовірність того, що в межах заданого напрацювання t не трапиться відмови озброєння.

$$P_B(t) = 1 - P_B(t), \quad (2)$$

де $P_B(t)$ – ймовірність відмови озброєння.

З урахуванням того, що настання ресурсної та не ресурсної відмови озброєння, при його використанні за призначенням, – сумісні події, ймовірність виникнення відмови зразка стрілецької зброї, визначається наступним чином [3]:

$$P_B(t) = P_1(t) + P_2(t) - P_1(t) \cdot P_2(t), \quad (3)$$

де $P_1(t)$ – ймовірність настання ресурсної відмови озброєння;

$P_2(t)$ – ймовірність настання не ресурсної відмови озброєння.

Для періоду нормальної експлуатації зброї, справедливий експоненціальний закон надійності [1–2]:

$$P_1(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}, \quad (4)$$

де λ – інтенсивність відмов.

Наближене значення ймовірності P_2 може бути одержано в результаті випробувань N одиниць озброєння [2]:

$$P_2^*(t) = \frac{n(t)}{N}, \quad (5)$$

де $n(t)$ – кількість одиниць озброєння, яке відмовило за момент часу t з причин, що не прогножуються;

N – загальна кількість одиниць озброєння.

2. Ймовірність відновлення працездатного стану – це ймовірність того, що система буде відновлена після відмови за даний час і за певних умов ремонту, тобто

$$P(\tau) = P_p \{t_B \leq \tau\}, \quad (6)$$

де t_B – випадковий час відновлення системи;

τ – заданий час відновлення.

Ймовірність $P(\tau)$ становить за своїм математичним змістом функцію розподілу або інтегральний закон розподілу часу відновлення:

$$P_p(\tau) = \int_0^{\tau} f(t_B) dt_B,$$

де $f(t)$ – щільність розподілу часу відновлення.

Якщо $f(t_B) = \mu_2 \cdot e^{-\mu_2 t_B}$, то

$$P_p(\tau) = 1 - e^{-\mu_2 \tau}, \quad (7)$$

де $\mu_2 = \mu_1 + \mu_2$ – інтенсивність відновлення відмов озброєння, що становить кількість відновлень, виконаних за одиницю часу;

μ_1 – інтенсивність відновлення ресурсних відмов озброєння;

μ_2 – інтенсивність відновлення не ресурсних відмов озброєння.

3. Ймовірність збереження працездатного стану зброї при зберіганні визначається виразом:

$$P_3(t) = e^{-\lambda_3 t}. \quad (8)$$

На практиці використовують відносну величину G , яка вказує на співвідношення між інтенсивністю відмов при роботі $\lambda(t)$ та інтенсивністю відмов при зберіганні $\lambda_3(t)$.

$$G = \frac{\lambda(t)}{\lambda_3(t)}. \quad (9)$$

Ця величина залежить від умов роботи та зберігання. Для періоду нормальної експлуатації $\lambda_3(t) = \lambda_3 = \text{const}$.

$$G = \frac{\lambda}{\lambda_3} = \text{const}.$$

Звідки $\lambda_3 = \frac{\lambda}{G}$. Звичайно, $G = (10-100)$.

Висновки

1. Отримана залежність узагальненого комплексного показника надійності дозволяє оцінити рівень надійності стрілецького озброєння військової частини (підрозділу) на етапах його експлуатації: застосування за призначенням та зберігання.

2. Застосування узагальненого комплексного показника надійності дозволяє врахувати вплив факторів на стан озброєння на етапах його експлуатації і намітити шляхи забезпечення необхідного рівня надійності озброєння під час проектування, виробництва та випробувань нових зразків озброєння.

Список літератури

1. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: учеб. пос. / Л.М. Александров, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов и др. – М.: Логос, 2003. – 344 с.
2. Ковтун А.В. Обґрунтування узагальненого показника надійності автомобільної техніки / А.В. Ковтун, О.Ю. Шабалін, О.І. Шаповалов // Збірник наукових праць. – Х.: НА НГУ, 2015. – № 1. – С. 76-79.
3. Ковтун А.В. Надійність озброєння та бойової техніки: конспект лекцій / А.В. Ковтун. – Х.: Військ. ін.-т ВВ МВС України, 2005. – 86 с.
4. Анилович В.Я. Надежность машин в задачах и примерах / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко. – Х.: Око, 2001. – 319 с.
5. Моломин В.П. Модели управления надежностью авиационной техники / В.П. Моломин. – М.: Машиностроение, 1981. – 255 с.

6. Оценка параметров надежности многоканальных сегментов сложных систем / Н.В. Захарченко, Д.Ю. Ильин, С.В. Хомич, Ж.А. Торк // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Х.: НТУ "ХПІ". – 2012. – № 9. – С. 58-62.
7. Андрушко М.В. Аналіз впливу надійності виробу на ресурсні показники. Взаємна залежність / М.В. Андрушко // Науковий журнал Харківського національного університету Повітряних сил. – Х.: ХНУПС, 2016. – № 2 (46). – С. 67-69.
8. Музичук В.А. Організація експлуатації озброєння військ ППО Сухопутних військ. Ч. I. Експлуатаційно-технічні показники озброєння та методи їх оцінки: конспект лекцій / В.А. Музичук, А.В. Круглов, О.Л. Смірнов. – Х.: ХВУ, 2001. – 78 с.
9. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860. [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України 1995. – 92 с. – (Державний стандарт України).
10. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення: ДСТУ 2861. [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держстандарт України 1995. – 76 с. – (Державний стандарт України).
11. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2862. [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держстандарт України 1995. – 89 с. – (Державний стандарт України).
12. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2864. [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держстандарт України 1995. – 62 с. – (Державний стандарт України).
13. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004. [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держстандарт України 1996. – 131 с. – (Державний стандарт України).
14. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення: ДСТУ 3433. [Чинний від 1999-01-01]. – К.: Держстандарт України 1998. – 92 с. – (Державний стандарт України).

References

1. Aleksandrov, L.M., Kruglov, V.I. and Kuznetsov, A.G. (2003), "Teoreticheskie osnovy isputaniy i eksperimental'naya obrabotka slozhnykh tekhnicheskikh sistem" [Theoretical bases of tests and experimental testing of difficult technical systems], Logos, Moscow, 344 p.
2. Kovtun, A.V., Shabalin, O.J. and Shapovalov, O.I. (2015), "Obgruntuvannya uzagal'nogo pokaznyka nadiynosti avtomobil'noyi tekhniki" [The substantiation of the generalized indicator of reliability of automotive equipment], *Zbirnik nauchnikovyh prats, Kharkiv, NANGU*, No. 1, pp. 76-79.
3. Kovtun, A.V. (2005) "Nadiynist' ozbroennya ta boyovoyi tekhniki" [Reliability of armament and military equipment], Kharkiv, The troops Institute of Internal Affairs of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 86 p.
4. Anilovich, V.Ya., Grinchenko, A.S. and Litvinenko, V.L. (2001), "Nadezhnost' mashin v zadachakh i primerakh" [Reliability of machines in tasks and examples], Eye, Kharkiv, 319 p.
5. Molomin, V.P. (1981), "Modeli upravleniya nadezhnost'yu aviatsionnoy tekhniki" [The models of reliability management of aviation equipment], Mechanical engineering, Moscow, 255 p.
6. Zakharchenko, N.V., Il'in, D.Yu., Khomich, S.V. and Torq, J.A. (2012), "Otsenka parametrov nadezhnosti mnogo-kanal'nykh segmentov slozhnykh sistem" [Evaluation of reliability parameters of multichannel segments of difficult systems], *News of the National Technical University "HPI", Kharkiv, NTU "HPI"*, No. 9, pp. 58-62.
7. Andrushko, M.V. (2016), "Analiz vplyvu nadiynosti vyrobu na resursni pokaznyky. Vzaemna zalezhnist'" [Analysis of influence of product reliability on resource indexes. Mutual dependence], *The Science Journal of the Kharkiv National University of Forces, Kharkiv, HNUPS*, No. 2(46), pp. 67-69.
8. Muzichuk, V.A., Kruglov, A.V. and Smirnov, O.L. (2001), "Organizatsiya ekspluatatsii ozbroennya viys'k PPO Sukhoputnykh viys'k. Ch.I. Ekspluatatsiyno-tekhnichni pokaznyky ozbroennya ta otsinky" [Organization of exploitation of Armed Forces of Air Forces of the Land Forces. Ch.I. Operational and technical indicators of armament and methods for their evaluation], A summary of lectures, HVU, Kharkiv, 78 p.
9. Governmental standard of Ukraine (1995), "Nadiynist' tekhniki. Terminy ta vyznachenya" [Reliability of technique. Terms and Definitions]: DSTU 2860. [Effective date 1996-01-01], Derzhstandard Ukrainy, Kyiv, 92 p.
10. Governmental standard of Ukraine (1995), "Nadiynist' tekhniki. Analiz nadiynosni. Osnovni polozhennya" [Reliability of technique. Reliability analysis. Substantive provisions]: DSTU 2861. [Effective date 1997-01-01], Derzhstandard Ukrainy, Kyiv, 76 p.
11. Governmental standard of Ukraine (1995), "Nadiynist' tekhniki. Metody rozrakhunku pokaznykiv nadiynosti. Zagal'ni vymogy" [Reliability of technique. Methods of calculation of reliability indexes. General requirements]: DSTU 2862. [Effective date 1997-01-01], Derzhstandard Ukrainy, Kyiv, 89 p.
12. Governmental standard of Ukraine (1995), "Nadiynist' tekhniki. Eksperymental'ne otsinuvannya ta control' nadiynosti. Zagal'ni vymogy" [Reliability of technique. Methods of calculation of reliability indexes. General requirements]: DSTU 2864. [Effective date 1997-01-01], Derzhstandard Ukrainy, Kyiv, 62 p.
13. Governmental standard of Ukraine (1996), "Nadiynist' tekhniki. Metody otsinky pokaznykiv nadiynosti za eksperymental'nyimi danymi" [Reliability of technique. Methods of estimation of reliability indexes by experimental data]: DSTU 3004. [Effective date 1997-01-01], Derzhstandard Ukrainy, Kyiv, 131 p.
14. Governmental standard of Ukraine (1998), "Nadiynist' tekhniki. Modeli vidmov. Osnovni polozhennya" [Reliability of technique. Bounce patterns. Substantive provisions]: DSTU 3433. [Effective date 1999-01-01], Derzhstandard Ukrainy, Kyiv, 92 p.

Надійшла до редколегії 28.07.2017

Схвалена до друку 7.09.2017

Відомості про авторів:**Черніченко Юрій Миколайович**

доцент,
доцент кафедри Національної академії
Національної гвардії України
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5907-013X>
e-mail: chernichenko.y@gmail.com

Забула Олег Євгенійович

кандидат військових наук доцент,
завідувач кафедри Національної академії
Національної гвардії України
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5078-462X>
e-mail: 1968zabul@gmail.com

Музичук Володимир Антонович

кандидат технічних наук доцент,
доцент кафедри Національної академії
Національної гвардії України
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6856-1857>
e-mail: MuzichuckVA@gmail.com

Information about the authors:**Chernichenko Yura**

Associate Professor
Senior Lecturer of Department of the National Academy
of the National Guard of Ukraine
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5907-013X>
e-mail: chernichenko.y@gmail.com

Zabula Oleg

Candidate of Military Sciences Associate Professor
Head of Department of the National Academy
of the National Guard of Ukraine
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5078-462X>
e-mail: 1968zabul@gmail.com

Muzichuck Volodymyr

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Senior Lecturer of Department of the National Academy
of the National Guard of Ukraine
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6856-1857>
e-mail: MuzichuckVA@gmail.com

ОБОСНОВАНИЕ ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

Ю.Н. Черниченко, О.Е. Забула, В.А. Музичук

Рассмотрено понятие надежности стрелкового вооружения в современных условиях его эксплуатации. Проведено анализ известных понятий о надежности стрелкового вооружения с использованием последних научных публикаций, учебной литературы и Государственных стандартов Украины. Особое внимание уделено учету эксплуатационных и ресурсных отказов. При наличии в данное время большого количества показателей надежности, которые не дают возможности обобщенно оценить уровень надежности существующего стрелкового оружия и определить необходимый уровень надежности перспективного вооружения, на основе выполненного анализа предложено использовать в качестве показателя надежности стрелкового вооружения обобщенный комплексный показатель, который позволяет оценить уровень надежности стрелкового вооружения воинской части (подразделения) на разных этапах его эксплуатации: применении по назначению и хранения, а также учитывать влияние факторов на состояние вооружения, наметить пути обеспечения необходимого уровня надежности вооружения во время проектирования, производства и испытания образцов оружия.

Ключевые слова: надежность, стрелковое вооружение, стрелковое оружие, показатели, безотказность, ремонтпригодность, долговечность, сохраняемость.

JUSTIFICATION OF THE GENERALIZED INDICATOR OF RELIABILITY OF SMALL ARMS

Yu. Chernichenko, O. Zabula, V. Muzichuk

The concept of reliability of small arms in modern conditions of its exploitation is considered. The analysis of known concepts about the reliability of small arms using the latest scientific publications, educational literature and State standards of Ukraine. Newest rifle weapons are complex, many nodes technical systems. Recently in these systems weapons are used electron-optical devices. Therefore, when using it, various types of failures may occur. Particular attention is paid to the consideration of operational and resource failures. The components of the reliability of small arms include the following properties: fault-tolerance, durability, reparability, preservation. In the presence of a large number of reliability indicators that do not allow a general assessment of the level of reliability of existing small arms and to determine the desired level of reliability of promising weapons on the basis of the performed analysis, it is proposed to use a comprehensive indicator as a reliability indicator of small arms, which allows us to assess the reliability of the rifle armament of a military unit at different stages of its operation: intended use and storage, as well as to take into account the influence of factors on the state of armament, to identify ways to provide the necessary level of reliability of armaments during the design, production and testing of weapons samples.

Keywords: reliability, infantry weapons, small arms, indicators, infallibility, maintenance, durability, preservation.