

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ БОЄПРИПАСІВ ТА АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СТВОЛІВ

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

Анотація

Розроблено методики оцінювання надійності боєприпасів та артилерійських стволів за результатами випробувань за планами NUT та NUr. Також математично доведено взаємну відповідність вимог стандартів НАТО та України щодо надійності виробів озброєння та військової техніки і, зокрема, боєприпасів та артилерійських стволів.

Ключові слова: *боєприпаси; артилерійські стволи; надійність; безвідмовність; експоненційний закон розподілу імовірності безвідмовної роботи; інтенсивність відмов; параметри надійності.*

Актуальність цієї доповіді обумовлена тим, що лише в березні 2024 року набув чинності ДСТУ В 15.206:2023 [1], в якому вказано, що програму забезпечення надійності на стадії “розроблення” загалом вважають реалізованою, якщо вжито всіх заходів щодо забезпечення досягнення заданих показників надійності виробу ОВТ, а виріб ОВТ відповідає встановленим вимогам щодо надійності згідно з ДСТУ 3004-95 [2].

Мета доповіді – порівняти вимоги НАТО та ДСТУ 3004-95 до надійності виробів ОВТ і розробити методики оцінювання надійності боєприпасів та артилерійських стволів за планами випробувань NUT та NUr.

Планування випробувань на надійність передбачає визначення початкового обсягу випробувань N для оцінювання показників надійності із заданою точністю $P(T)$, тобто імовірністю безвідмовної роботи протягом часу випробувань T , і достовірністю, тобто довірчою імовірністю, q .

План випробувань NUT – план випробувань, згідно з яким випробовують певну кількість N виробів ОВТ протягом запланованого часу T , вироби, що відмовили, не відновлюють і не замінюють, випробування припиняють після закінчення часу випробувань T , тобто час випробувань є фіксованим, а кількість виробів r , що відмовили, – змінною величиною.

План випробувань NUr – план випробувань, згідно з яким випробовують певну кількість N виробів озброєння та військової техніки, вироби, що відмовили, не відновлюють і не замінюють, випробування тривають до того часу, коли число об'єктів, що відмовили, досягає r , тобто кількість виробів r , що відмовили, є фіксованою, а час випробувань – змінною величиною.

ДСТУ 3004-95 передбачає такі значення [2]: $P(T)=(0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 0,975)$ і $q=(0,8; 0,9; 0,95; 0,99)$. Стандарти НАТО передбачають такі значення для боєприпасів [3]: $P(T)=(0,97; 0,98; 0,99; 0,997; 0,999; 0,9994)$ і $q=0,95$. Тобто є лише одне співпадіння: $q=0,95$.

Стандарти НАТО (формула (1)) та ДСТУ 3004-95 (формула (2)) пропонують різні формули для обчислень, але результати обчислень кількості відмов співпадають з абсолютною точністю для $P(T)=(0,97; 0,98; 0,99; 0,997)$, і з точністю меншою 0,05% для $P(T)=(0,999; 0,9994)$, що математично доводить взаємну відповідність вимог стандартів НАТО та України щодо надійності виробів озброєння та військової техніки і, зокрема, боєприпасів та артилерійських стволів (таблиця 1) [4].

$$\sum_{x=0}^d \frac{N_d!}{x!(N_d-x)!} \cdot (1-P(T))^x \cdot (P(T))^{N_d-x} < 0,05 = 1-q. \quad (1)$$

$$N_d = N_q^{P(T)}(d) \approx \frac{d}{2} - \frac{\chi_q^2(2 \cdot d + 2)}{2 \cdot \ln P(T)}. \quad (2)$$

Таблиця 1 – Кількість боєприпасів N_1 за умови появи однієї відмови у разі плану NUT або NU1 для відповідних $P(T)$ і q .

$P(T)$, ймовірність безвідмовної роботи протягом певного часу $T / \ln P(T)$	q , довірна ймовірність/ $\chi^2_q(4)$, квантілі розподілу “хі-квадрат” для $d=1$ [2, с.33]			
	0,8/ $\chi^2_{0,8}(4)=5,992$	0,9/ $\chi^2_{0,9}(4)=7,773$	0,95/ $\chi^2_{0,95}(4)=9,492$	0,99/ $\chi^2_{0,99}(4)=13,273$
0,9/-0,1053605	⁽¹⁾ 29*	38*	46*	64*
0,95/-0,0512933	59*	77*	93*	130*
0,97/-0,0304592	99	129	157**	219
0,98/-0,020203	149	193	236**	329
0,99/-0,01005	299	388	473**	661
0,995/-0,005012	598	777	947	1325
0,997/-0,0030045	998	1295	1580**	2210
0,999/-0,0010005	2994	3889	4744 (4742**)	6637
0,9994/-0,00060018	4993	6477	7908 (7905**)	⁽²⁾ 11058

⁽¹⁾Для $P(t)=0,9$ і $q=0,8$: $N_1 \approx \frac{1}{2} - \frac{\chi^2_{0,8}(4)}{2 \cdot \ln(0,9)} = 0,5 - \frac{5,992}{2 \cdot (-0,1053605)} = 29$;

⁽²⁾Для $P(t)=0,9994$ і $q=0,99$: $N_1 \approx \frac{1}{2} - \frac{\chi^2_{0,99}(4)}{2 \cdot \ln(0,9994)} = 0,5 - \frac{13,273}{2 \cdot (-0,00060018)} = 11058$.

*Розрахунки, які співпадають зі значеннями у табл. 2 [2, с. 24].

**Розрахунки, які співпадають зі значеннями у табл. 3 [3, с.60].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ В 15.206:2023. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Програма забезпечення надійності. Основні положення. [Чинний від 01.03.2024]. Вид. офіц. Київ: ДП УкрНДНЦ, 2024. 20 с.
2. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. [Чинний від 25.01.1995]. [Чинний для виробів ОВТ від 01.03.2024]. Вид. офіц. Київ: ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 1995. 123с.
3. Colin King, Ove Dullum, Grethe Østern. M85: An analysis of reliability. *Norwegian People's Aid*, 2007. 64 с. <https://www.npaid.org/files/Mine-action-and-disarmament/m85.pdf>
4. Ярмоленко, М., Кузьменко, В., Яриш, І., & Кубашко, О. (2024). МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ БОЄПРИПАСІВ ЗА ПЛАНОМ ВИПРОБУВАНЬ NUT. *Випробування та сертифікація*, 2(4), 63-74. <https://doi.org/10.37701/ts.04.2024.08>

Ярмоленко Михайло Вікторович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна, e-mail: yarmolenko.mv@knutd.com.ua

Кузьменко Віктор Олександрович – начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна

Яриш Ігор Юрійович – старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна

AMMUNITION AND BARREL DEPENDABILITY EVALUATION METHODS

Abstract

Ammunition and barrel dependability evaluating methodology is created. It is based on test results according to the NUT or NUr plans. It is proved mathematically also that NATO and Ukraine standards requirements regarding of weapons and military equipment dependability and, in particular, ammunition reliability, are the same.

Keywords: ammunition; barrel; dependability; dependability parameters; distribution exponential law; failure intensity; reliability; reliability coefficient.

Mykhaylo Yarmolenko – PhD in Physical and Mathematical Sciences Leading Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certifications, Cherkasy, Ukraine

Viktor Kuzmenko – Head of Scientific Research Department of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certifications, Cherkasy, Ukraine

Ihor Yarysh – Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certifications, Cherkasy, Ukraine