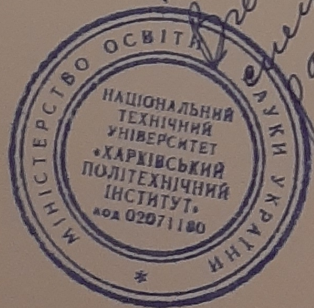


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ УКРАИНЫ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР АРТИЛЛЕРИЙСКО-СТРЕЛКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

# АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И СТРЕЛКОВОЕ ВООРУЖЕНИЕ

Международный научно-технический сборник  
Выпуск 2



Київ НТЦ АСВ  
2000



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО И СТРЕЛКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

Орлов В.Н., Мицитис А.К., Чичкин В.В. Обоснование оптимальных тактико-технических характеристик корабельной автоматической зенитной пушки калибра 76 мм ..... 68

Гацек Й., Лечиевски Э., Фурманек В. Система с замедленным открытием затвора ..... 75

Рудаков С.В., Фролов В.Я., Яковлев М.Ю. Завдання метрологічних вимог до складних технічних систем артилерійського озброєння на стадії проектування ..... 77

Гордиенко В.И., Борисюк А.А. Выбор основных характеристик компонентов системы управления огнем с учетом человеческого фактора ..... 80

Ворошил С., Цеплински А., Ситек Я. Динамика подвижных частей винтовки с приводом от порохового газа, поступающего через боковое отверстие в стволе ..... 85

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АРТИЛЛЕРИЙСКОГО И СТРЕЛКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

Чекотило Л.В. Производство заготовок казенников артиллерийских орудий ..... 94

Гладкий Е.Д., Марченко А.М. Адаптивное регулирование процесса электрошлаковой выплавки заготовок стволов артиллерийских орудий ..... 102

Бондаренко Л.И., Пузрин Л.Г. Аргоно-дуговая поверхностная закалка как средство упрочнения артиллерийских стволов ..... 105

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Бондаренко Л.И., Родский С.Ю., Еленский В.М., Павленко А.В., Горащенко С.В. Военно-техническое сотрудничество со странами-членами НАТО в области совместной разработки, испытания вооружений и переход на стандарты НАТО ..... 108

Эсибян Э.М. Воздух режет металл ..... 111

Патенты в области артиллерийского вооружения ..... 113

По зарубежным журналам ..... 115

## ИЗ ИСТОРИИ АРТИЛЛЕРИИ

А.Д. Засядко ..... 117

Л.Н. Гобято ..... 117

## ХРОНИКА

Б.И. Медовар ..... 118

Н.Д. Сытник ..... 120



The successful implementation of the delayed blowback system with dumping delay concept require ammunition with a very precise and repeated ignition mechanism and repeated conditions of powder combustion.

This paper is supported by Polish Research Committee.

1. *Głowicki H.* Rules of small arm construction. — Warsaw; Military University of Technology, 1987.
2. *Prochazka S.* Roller delay blowback analysis // III-rd conf. on barrel weapon systems. — Brno 20 - 22 Oct. 1998. — P. 72 - 91.
3. *Torecki S.* Internal Ballistics. — Warsaw; Military University of Technology, 1980.

УДК 623.4-94

## ЗАВДАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ДО СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

*С.В. Рудаков, В.Я. Фролов, М.Ю. Яковлев*  
(Харківський військовий університет)

Розглянуто вплив точності вимірювання параметрів артилерійського озброєння на вихідні тактико-технічні характеристики об'єкта проектування і запропонована метрологічна модель останнього, що повинна на кожному етапі проектування доповнюватися та уточнюватися.

Рассмотрено влияние точности измерения параметров артиллерийского вооружения на выходные тактико-технические характеристики объекта проектирования и предложена метрологическая модель последнего, которая должна на каждом этапе проектирования дополняться и уточняться.

The effect of the accuracy of measurement of parameters of the artillery arms on the output strategic-tactical characteristics of a design object is considered. The metrological model of the latter, which is to be supplemented and updated at each stage of design, is suggested.

Завдання метрологічних вимог виконуються на ранніх стадіях розробки складних технічних систем, виробів, об'єктів. При цьому, як правило, відсутня їх принципова схема, а відомі лише призначення, необхідні тактико-технічні характеристики (вихідні узагальнені параметри), орієнтовна функціональна схема і принцип дії виробу.

За цих обставин для обґрунтованого завдання метрологічних вимог до артилерійського озброєння потрібна розробка метрологічної моделі об'єкта, в якій були б наявні: перелік контрольованих (вихідних) параметрів блоків функціональної схеми, похибки засобів вимірювання параметрів, статистичні характеристики параметрів, допуски на параметри. Такі дані дозволять оцінити також достовірність контролю вихідних параметрів.

Вплив точності вимірювань на вихідні тактико-технічні характеристики об'єкта можна розділити на три види. Перший пов'язаний з недостовірністю висновків щодо стану виробів у системі контролю їх працездатності. Це має місце через помилки контролю першого та другого роду, зв'язаних переважно з неповнотою контролю, похибками вимірювань й нестабільністю параметрів.

Другий вид пов'язаний з неточністю даних, що вводяться у виріб перед його застосуванням. Похибки цих даних безпосередньо впливають на якість функціонування виробу. До таких даних, наприклад, відносять температуру палива ракети, яка входить в балістичне рівняння ракети; об'єм палива в літаках. При цьому похибки вимірювання температури суттєво впливають на дальність і на точність стрільби ракетою, а від похибок вимірювання об'єму палива залежить дальність польоту літака.

Третій вид пов'язаний з помилками діагностування і регулювання виробу. Вплив цих помилок на рішення керівника щодо повторного допуску виробу до роботи здійснюється поступово: спочатку по каналу діагностування та ремонту виробу, потім — по каналу основного контролю.

У кожного з цих видів можна виділити дві групи похибок, що впливають: методичну та інструментальну. До першої відносяться похибки методу оцінки стану виробу, методичні складові похибки контролю працездатності виробу. Наприклад, при контролі працездатності виробу



досягається більша достовірність оцінки стану, ніж при контролі стану за допусками на параметри виробів. Друга складова похибок — похибки засобів вимірювання.

Оцінити вплив параметрів на стан виробу можна методами багатофакторного експерименту та аналітично. В першому випадку залежність вихідних параметрів від факторів, що впливають, описується рівнянням

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n a_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq v}^n a_{iv} x_i x_v,$$

де  $y$  — вихідний параметр;  $a$  — коефіцієнт регресивної моделі;  $x$  — параметри, що впливають. Коефіцієнти регресивної моделі визначаються за формулою

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \bar{X}^T \bar{Y},$$

де  $\bar{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_N \end{bmatrix}$  — матриця вихідних параметрів для  $N$  випробувань;  $\bar{X} = \begin{bmatrix} x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n} \\ \dots \\ x_{N1}, x_{N2}, \dots, x_{Nn} \end{bmatrix}$  —

матриця значень параметрів, що впливають;  $\bar{A} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix}$  — матриця коефіцієнтів вагомості

факторів, що впливають на параметр;  $n$  — кількість факторів, що впливають на параметр. Таким чином, вагомості коефіцієнти факторів, що впливають, можна визначити на більш пізніх стадіях розробки виробу, коли є його макет і можливість проведення випробування. На ранніх стадіях розробки виробу можна визначити вагомості коефіцієнти лише аналітичними методами. В загальному випадку можна записати

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Якщо вихідний параметр має допуск  $\Delta x$ , а впливаючі параметри  $\Delta x_i$  і, враховуючи, що в реальних системах  $\Delta y \leq \Delta y_n$  і  $\Delta x \ll \Delta x_n$ , де  $y_n$  та  $x_n$  — номінальні значення вихідного параметра і впливаючого параметра відповідно.

Якщо розкласти в ряд Тейлора вираз

$$y_n + \Delta y = F(x_{n1} + \Delta x_1, x_{n2} + \Delta x_2, \dots, x_{nn} + \Delta x_n),$$

то одержимо

$$y_n + \Delta y = y_n + \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \psi}{\partial x_i} \right)_{x_{ni}} \Delta x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_i^2} \right)_{x_{ni}} \Delta x_i^2 + \sum_{i,j=1}^n \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_i \partial x_j} \right)_{x_{ni}, x_{nj}} \Delta x_i \Delta x_j + \dots R_m, \quad (1)$$

де  $(\partial \psi / \partial x_i)$ ,  $(\partial^2 \psi / \partial x_i^2)$ ,  $(\partial^2 \psi / \partial x_i \partial x_j)$  — відповідно перша та друга похідна функції  $Y = F(x_i)$  за параметрами  $x_{ni}$  або  $x_{nj}$ .

Якщо в розкладанні Тейлора обмежитися лінійними членами, то можна оцінити середнє квадратичне відхилення вихідного параметра  $\sigma_0$ :

$$\sigma_0 = \sqrt{\left( \frac{\partial \psi}{\partial x_1} \right)^2 \sigma_1^2 + \left( \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \right)^2 \sigma_2^2 + \dots + \left( \frac{\partial \psi}{\partial x_n} \right)^2 \sigma_n^2}, \quad (2)$$

де  $\sigma_n$  — середнє квадратичне відхилення контрольованих параметрів.

Абсолютну похибку вимірювання вихідного параметра визначимо за формулою

$$\Delta y = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \psi}{\partial x_i} \right) \Delta x_i. \quad (3)$$

Якщо відомі похибки вимірювань параметрів, можна розрахувати коефіцієнт точності оцінки вихідного параметра



$$K_T = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \Psi}{\partial x_i} \right) \frac{\Delta x_i}{\Delta_i}$$

У загальному випадку метрологічна модель об'єкта має вигляд

$$Y + \Delta y = y_n + \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial Y}{\partial x_i} \right)_{x_{ni}} \Delta x_i + C$$

Метрологічна модель об'єднує контрольовані параметри, допуски на них, закони розподілу густини імовірності параметра, похибки засобу вимірювання, густину імовірності похибки вимірювання, необхідні імовірності помилкової відмови та невизначеної відмови. Якщо відомі імовірні характеристики контролю кожного параметра, тоді імовірні характеристики вихідного параметра визначаються за формулами:

$$\alpha_0 = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i),$$

$$\beta_0 = \frac{\prod_{i=1}^n [P(x_i)(1 - \alpha_i) + P(\bar{x}_i)\beta_i] - \prod_{i=1}^n P(x_i)(1 - \alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^n P(x_i)} + (1 - \pi) \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i),$$

де  $\alpha_i, \beta_i$  — умовні імовірності помилкової та невизначеної відмови контрольованих параметрів;  $P(x_i), P(\bar{x}_i)$  — імовірності знаходження значення  $i$ -го контрольованого параметра в момент вимірювання в межах поля допуску та за його межами;  $\alpha_0, \beta_0$  — умовні імовірності помилкової та невизначеної відмови вихідного параметра;  $\pi = \left( 1 - \prod_{i=1}^n P(x_i) \right) / \left( 1 - P_{\text{НК}} \prod_{i=1}^n P(x_i) \right)$  — повнота контролю, під якою розуміють методичну складову достовірність контролю;  $P_{\text{НК}}$  — імовірність безвідмовної роботи неконтрольованої частини об'єкта.

Параметри  $\alpha_i, \beta_i$  оцінюються аналітично або за графіками [1–3]. При оцінці умовних імовірностей помилкової та невизначеної відмов за графіками допускаються похибки в другому знаку, а при використанні формули (3) ці похибки будуть складатися, що призведе до значної похибки оцінок помилок першого та другого роду вихідного параметра.

Якщо використовувати метрологічну модель об'єкта та оцінювати допустиму похибку вихідного параметра  $\Delta Y$  за формулою (1), а середнє квадратичне відхилення вихідного параметру  $\sigma_0$  — за формулою (2), то в цьому разі користуватися графіками можна лише один раз, що значно зменшує похибку оцінки імовірних характеристик вихідного параметра. До того ж, відомі вагомні коефіцієнти впливаючих параметрів дозволяють визначити номенклатуру контрольованих параметрів шляхом аналізу нерівності виду:  $\partial \Psi / \partial x_i \geq C$ , де  $C$  — деяка постійна, яка обумовлює допустимий вплив фактора на вихідний параметр.

Таким чином, для завдання метрологічних вимог метрологу необхідні вихідні дані, які потрібно об'єднати в метрологічну модель об'єкта, яка на кожному етапі розробки виробу доповнюється та уточнюється.

1. Кузнецов В.А. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники. — М.: Радио и связь, 1990.
2. Крещук В.В. Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий. — М.: Изд-во стандартов, 1989.
3. Новицкий П.Ф., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. — Л.: Энергоатомиздат, 1991.