

УДК 623.4.02

П.Є. Трофименко, В.І. Макеєв, А.Ф. Раскошний

Сумський державний університет, Суми

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАРЯДІВ У НАЗЕМНІЙ АРТИЛЕРІЇ

У статті проведено дослідження шляхів підвищення точності вимірювання температури зарядів до артилерійських пострілів самохідної артилерії, запропоновано методику та способи підвищення точності вимірювань температури металевих і реактивних зарядів у пострілах для реактивної артилерії.

**Ключові слова:** температура зарядів, температура металевих і реактивних зарядів, теплова інерційність реактивного заряду, інструментальна помилка, «свідок».

### Вступ

У самохідній артилерії питання визначення температури зарядів (ТЗ) має свої особливості. Складність їх вирішення обумовлюється тим, що боєприпаси зберігаються як на ґрунті, так і в бойових відділеннях самохідних артилерійських установок.

Умови зберігання боєприпасів у бойовому відділенні значно відрізняються від умов зберігання на ґрунті.

Під час ведення вогню температура в бойовому відділенні зростає від пострілу до пострілу.

Тобто різниця температур зарядів, що зберігаються в бойовому відділенні та на ґрунті, буде мати місце і її необхідно враховувати.

Температурні коливання у бойовому відділенні артилерійської установки інтенсивні, тому використання батареїного термометра (ТБ-15) для визначення температури зарядів прийнятим способом буде мати недостатню точність.

На разі для активно-реактивних снарядів і мін (АРС і АРМ) температуру реактивного заряду приймають рівною температурі металевих зарядів, що визначається за допомогою ТБ-15 [1]. Металеві заряди мають дрібнозернисту структуру, розміщуються зовні і тому відносно швидко приймають температуру оточуючого повітря (за 1 – 2 години). Реактивний заряд знаходиться у камері двигуна, має значну товщину й покритий шаром бронювання. Він приймає температуру оточуючого повітря значно довше, тобто теплова інерційність реактивного заряду буде значно відрізнятись від теплової інерційності металевих зарядів. Звідси випливає, що в більшості випадків температура металевих і реактивних зарядів буде різною.

**Метою статті** є пошук шляхів підвищення точності визначення та урахування температури зарядів для наземної артилерії.

### Основний матеріал

У підрозділах наземної артилерії температура зарядів перед стрільбою вимірюється через кожні

1 – 2 години безпосередньо на вогневій позиції (ВП) за допомогою ТБ-15.

Як правило, на ВП вимірюють температуру заряду одного пострілу й приймають її за температуру зарядів усіх пострілів (батареї, взводу). Тому точність урахування температури зарядів при визначенні установок для стрільби значною мірою залежить від одноманітності умов зберігання боєприпасів на ВП.

Аналіз даних, наведених в роботах [3, 4], показав, що значення температур металевих і реактивних зарядів у пострілах, виміряних штатними засобами (за допомогою ТБ-15, або за температурою оточуючого повітря в реактивній артилерії), може відрізнятись від балістичної температури на 10°C і більше. Така розбіжність у вимірюванні ТЗ призводить до значних помилок при визначенні вихідних даних для стрільби.

Вимоги [1] стосовно підготовки вихідних даних для стрільби на основі повної підготовки з обов'язковим урахуванням усіх факторів, які впливають на політ снаряда (міни), спонукають оцінити точність існуючого методу визначення температури металевих та реактивних зарядів. Та, на підставі оцінки точності вимірювання зарядів, запропонувати обґрунтовані шляхи її підвищення.

Отже урахування відхилень температури зарядів до і під час стрільби буде супроводжуватися наступними помилками:

інструментальними помилками приладу  $\delta T_{зінстр}$  ;

помилками зняття відліку  $\delta T_{звідл}$  ;

помилками за рахунок припущення про рівність балістичної температури заряду, фіксованої при рівномірному температурному полі, середньоб'ємної температури, що отримуються при нерівномірному полі заряду  $\delta T_{збал}$  ;

змінами температури оточуючого повітря  $\delta T_{зпов}$  ;

помилками, що виникають внаслідок того, що середня температура обмеженої кількості зарядів (n)

приймається рівною середній температурі усіх зарядів, призначеної для стрільби (N)  $\delta T_{з\text{сеп}}$ ;

помилками не урахування зміни температури зарядів у часі  $\delta T_{з\text{час}}$  та ін.

Якщо прийняти умову, що помилки  $\delta T_{з\text{інстр}}$ ,  $\delta T_{з\text{бал}}$ ,  $\delta T_{з\text{пов}}$ ,  $\delta T_{з\text{сеп}}$ ,  $\delta T_{з\text{час}}$  незалежні й підкоряються нормальному закону, то сумарна середина помилка може бути визначена за теоремою про дисперсію суми незалежних випадкових величин [5], звідки:

$$E'_{\delta T_z} = \sqrt{E^2_{\delta T_{з\text{інстр}}} + E^2_{\delta T_{з\text{бал}}} + E^2_{\delta T_{з\text{пов}}} + E^2_{\delta T_{з\text{сеп}}} + E^2_{\delta T_{з\text{час}}}} \quad (1)$$

Помилка  $\delta T_{з\text{відл}}$  підкоряється закону рівної ймовірності [5].

Тоді сумарна середина помилка визначення температури зарядів знайдеться на основі композиції нормального закону з серединним відхиленням  $E'_{\delta T_z}$  із законом рівної ймовірності, який має параметр  $2l = 1$  поділки шкали батарейного термометра (п.т.) [5], тоді

$$E_{\delta T_z} = \sqrt{E'^2_{\delta T_z} + 0.152 \left( \frac{\text{п.т.}}{2} \right)^2} \quad (2)$$

Кількісна оцінка деяких складових сумарної помилки визначення температури металевих зарядів наведена в роботах [2, 6].

Температура зарядів у пострілах унітарного заряджання приймається рівною температурі поверхні гільзи, яка вимірюється також за допомогою ТБ-15. У цих умовах допускаються більш суттєві похибки вимірювання.

У роботах [6, 7] досліджувалась відповідність температури гільзи і температури заряду для пострілів до 100 мм гармати БС-3. Дослідження показали, що в різних умовах експлуатації різниця цих температур може досягти  $12^\circ\text{C}$ . Отже, середина помилка визначення температури зарядів внаслідок припущення про рівність температури заряду і гільзи складає  $\delta T_{з\text{бал}} \approx 3^\circ\text{C}$  [7].

На даний момент відсутні будь-які експериментальні дані про величини серединних похибок  $\delta T_{з\text{бал}}$  для АРС, АРМ і реактивних снарядів. Тому приймемо їх рівними серединним помилкам  $\delta T_{з\text{бал}}$  для пострілів унітарного заряджання.

При вимірюванні температури заряду ТБ-15 укладають у заряд і значення знімають протягом 20-30 хв. Однак інерційність батарейного термометра, як з'ясувалось, перевищує цей час.

У роботі [6] була проведена оцінка точності вимірювання температури порохового заряду за до-

помогою ТБ-15. Результати дослідження показали, що при витримці термометра в заряді протягом 20 – 25 хв. розбіг показань термометра у порівнянні з показаннями «контрольного» термометра, що знаходився в тій же області заряду тривалий час, досягало  $4^\circ\text{C}$ , що перевищує допустиме значення. Тому контактне вимірювання температури зарядів у пострілах унітарного заряджання і реактивних снарядів за допомогою рідинних термометрів (ТБ-15) є недоцільним.

Боеприпаси на ВП можуть зберігатися в нішах, у відкритих погрібках, штабелях, транспортно-зарядних машинах та ін. Середина помилка, викликана невраховуванням відхилення температури конкретних зарядів від середньої, буде характеризуватися величиною  $2-3^\circ\text{C}$  [3, 6].

Розрахунки, проведені за залежностями (1), (2) з використанням вищевикладених даних показали, що сумарна середина помилка при визначенні температури зарядів існуючим методом буде складати для: металевих –  $2-3^\circ\text{C}$ , реактивних –  $4-5^\circ\text{C}$ .

Метод визначення температури заряду реактивних снарядів, який застосовують тепер - за температурою оточуючого повітря, характеризується серединною помилкою  $\delta T_{з\text{бал}} = 4-5^\circ\text{C}$  і більше [6, 7].

Отримані дані та дані робіт [3, 6, 7] підтверджують оцінку точності визначення температури металевих і реактивних зарядів.

Основними причинами отримання таких значень серединних помилок є:

значна теплова інерційність порохових зарядів, що складає зазвичай 3 – 4 години для артилерійських пострілів та 10 – 12 годин і більше для реактивних зарядів [3, 6];

відсутність прямого контакту чутливого елемента штатного рідинного термометра ТБ-15 не тільки з порохом реактивного заряду, але навіть з корпусом двигуна АРС, АРМ, реактивного снаряду.

Проведена оцінка точності існуючих методів визначення температури металевих і реактивних зарядів для різних видів боеприпасів викликає необхідність заміни цього способу і засобу вимірювання температури зарядів більш точним. Це обумовлюється великими помилками у дальності через низьку точність існуючого методу визначення температури зарядів. Крім того, необхідно усунути низку незручностей, які мають місце при використанні термометра ТБ-15 і, перш за все, скорочення часу одноразового вимірювання температури і забезпечення можливості контролю температури зарядів великої кількості пострілів на вогневій позиції перед стрільбою, які зберігаються у різних умовах.

Необхідна точність визначення температури зарядів може бути забезпечена шляхом застосування спеціального приладу – «свідка» зарядів [6].

Цей «свідок» являє собою металевий циліндр

діаметром 116 мм і довжиною 242 мм, в наповнювачі якого (фторопласт-4) розміщений термометр ТНБ-45, тобто є можливість прямого відліку його показань.

Принцип, покладений в основу розробки «свідка», полягає у тому, що швидкість зміни температури «свідка» ідентична швидкості зміни температури заряду.

При використанні манометричного термометра у «свідку» із сполученим капіляром достатньої довжини, його індикатор може знаходитися і за межами «свідка». Це дозволяє з його допомогою здійснювати дистанційне визначення температури заряду при знаходженні боєприпасів у сховищах, штабелях, укриттях.

Запропонований спосіб визначення ТЗ забезпечує точність, яка характеризується серединною помилкою [6]

$$E_{\delta T_3} = 1,8^{\circ}\text{C}.$$

Тоді, як серединна помилка визначення ТЗ за допомогою батареиноного термометра ТБ-15, залежно від часу перебування в заряді, складає [3, 4]:

$$E_{\delta T_3} = 2,7-4^{\circ}\text{C}.$$

Прилад-«свідок» типу ПС-1 може застосовуватися для вимірювання ТЗ і у реактивній артилерії. Точність вимірювання ТЗ, як показали розрахунки, складає

$$E_{\delta T_3} = 2^{\circ}\text{C}.$$

Таким чином, до переваг цього способу вимірювання ТЗ належать: точність, зручність користування, порівняно невелика чутливість до зовнішніх впливів, дистанційне вимірювання температури.

До недоліків належать:

необхідність чіткого графіка човникового переміщення «свідка» між снарядами;

відсутність методики вимірювання ТЗ.

## ВИСНОВОК

Запропонований спосіб визначення температури металюного і реактивного зарядів за допомогою приладу ПС-1 «свідок» забезпечує точність повної підготовки установок для стрільби [1, 8].

## Список літератури

1. Правила стрільби і управління вогнем артилерії група, дивізіон, батарея, взвод, гармата). – К.: Видавництво «Варта», 2008. – 255 с.
2. Равдин И.Ф. Внешняя баллистика неуправляемых ракет и снарядов. – МО СССР, 1976. – 184 с.
3. Орлов Б.В. и др. Внешняя и внутренняя баллистика активно-реактивных снарядов. – М.: Издательство ЦНИИ, 1978. – 134 с.
4. Балістична підготовка стрільби, методи і засоби її удосконалення / В.І. Макеев та ін. Міністерство освіти і науки України. Видавництво СумДУ, 2008. – 180 с.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1964. – 572 с.
6. Отчёт по НИР №36-72 (7-72). Исследование путей совершенствования баллистической подготовки стрельбы ствольной и реактивной артиллерии. – Л.: в/ч 48254, 1973. – 98 с.
7. Кособрюхов Н.Н. Исследование движения НРС (АРМ) и методы отстрела и составления таблиц стрельбы. дисс. ... канд. тех. наук. – Л.1976. – 188 с.
8. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии. учебн. – МО СССР, 1976. – 345 с.

Надійшла до редколегії 16.02.2011

**Рецензент:** д-р фіз.-мат. наук, проф. А.М. Черноус, Сумський державний університет, Суми.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАРЯДОВ В НАЗЕМНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

П.Е. Трофименко, В.И. Макеев, А.Ф. Раскошный

*В статье проведено исследование путей повышения точности измерения температуры зарядов к артиллерийским выстрелам самоходной артиллерии, предложена методика и способы повышения точности измерений температуры метательных и реактивных зарядов в выстрелах для реактивной артиллерии.*

**Ключевые слова:** температура зарядов, температура метательных и реактивных зарядов, тепловая инерционность реактивного заряда, инструментальная ошибка, «свидетель».

## WAYS OF INCREASE OF EXACTNESS OF MEASURING OF TEMPERATURE OF CHARGES IN SURFACE ARTILLERY

P.Ye. Trofimenko, V.I. Makeev, A.F. Raskoshniy

*The paper investigated ways to improve temperature measurement accuracy of the charges for artillery shells self-propelled artillery, the technique and ways to improve the accuracy of temperature measurements of missile and rocket propelled charge in shots for the rocket launchers.*

**Keywords:** charge temperature, the temperature of propellants and rocket-propelled charge, the thermal inertia of the active charge, the instrumental error, "witness".