

А. С. Міщенко

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

БЕЗКОНТАКТНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАРЯДІВ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ ТА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЙОГО ПОХИБОК

В статті виконано аналіз точності вимірювання температури зарядів артилерійських боєприпасів безконтактним методом на основі вимірювання температури їх поверхонь, розроблено математичні моделі впливу похибок вимірювання вхідних величин на похибки визначення темпу охолодження (нагрівання) та середньооб'ємної температури заряду.

Ключові слова: балістична підготовка, вимірювання температури, точність вимірювань.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досягнень і публікацій. В умовах сучасних бойових дій основним засобом ураження противника є артилерійські підрозділи [1]. З огляду на підвищення маневреності цілей, розвиток засобів контрбатареїної боротьби, виконання завдань по ураженню цілей поблизу розташування цивільного населення та своїх військ постійно підвищуються вимоги щодо точності та оперативності артилерії. Перед стрільбою артилерії з метою точного ураження цілі здійснюється підготовка даних. Одним із заходів, які виконуються під час підготовки даних для стрільби, є визначення температури зарядів артилерійських боєприпасів для внесення відповідних поправок в дані для стрільби [2]. Визначення температури зарядів за допомогою рідинного термометра характеризується похибками, які досягають 4 – 5°C та вимагають значних витрат часу [3]. З метою зменшення похибок вимірювання та витрат часу на його проведення в роботі [4] пропонується метод визначення температури заряду боєприпасу на підставі інформації про зміну температури на поверхні гільзи. Визначення температури заряду в цьому методі проходить на основі вирішення диференціальних рівнянь теплопровідності. Для однозначного їх вирішення необхідно мати інформацію про початкову конфігурацію температурного поля тіла, яку в більшості випадків встановити немає можливості. Для вирішення даного протиріччя може бути застосована теорія регулярного теплового режиму [5], яка базується на тому, що при нестационарному температурному режимі, через певний проміжок часу, вплив розподілу початкової температури тіла на подальшу зміну температури стає практично непомітним, температура тіла характеризується в основному темпом охолодження (нагрівання) тіла або системи тіл. Для таких умов середньооб'ємна температура заряду артилерійського арти-

лерійського може бути визначена за формулою [6]:

$$T_3 = \frac{\Delta T_{об} \left(m \Delta \tau \sum_{i=1}^{i=n} c_i \rho_i V_i + c_{об} \rho_{об} V_{об} \right)}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m \Delta \tau}} - 1 \right)} + T_c, \quad (1)$$

де T_3 – середньооб'ємна температура заряду в момент часу τ_2 ;

$\Delta T_{об}$ – зміна температури оболонки боєприпасу протягом часу $\Delta \tau$;

$\Delta \tau$ – проміжок часу між вимірюваннями;

m – темп охолодження (нагрівання боєприпасу);

c_i – питома теплоємність i -ої складової боєприпасу;

ρ_i – густина i -ої складової боєприпасу;

V_i – об'єм i -ої складової боєприпасу;

T_c – температура навколишнього середовища.

Для обґрунтування доцільності практичного застосування запропонованого в [4, 6] методу існує потреба оцінки його точності.

Метою статті є оцінка точності визначення температури заряду артилерійського боєприпасу безконтактним методом з використанням теорії регулярного теплового режиму.

Виклад основного матеріалу.

Для визначення температури заряду запропонованим методом необхідно визначити темп охолодження (нагрівання) системи тіл, з яких складається боєприпас. З цією метою здійснюється двократно вимірювання температури поверхні гільзи протягом певного часу. Темп охолодження визначається із залежності [5]:

$$m = \frac{\ln \theta_{\theta_{o\theta_1}} - \ln \theta_{\theta_{o\theta_2}}}{\tau_1 - \tau_2}, \quad (2)$$

де $\theta_{\theta_{o\theta_1}}, \theta_{\theta_{o\theta_2}}$ – різниця температур навколишнього середовища та оболонки в моменти часу τ_1 та τ_2 відповідно.

Значення фізичних величин, які входять до виразів (1) та (2) в якості змінних визначаються із певними похибками, тобто, строго кажучи, є випадковими. Для того щоб охарактеризувати точність запропонованого методу визначення температури заряду артилерійського боєприпасу необхідно визначити вплив даних характеристик на точність визначення температури T_s .

Для оцінки величини похибки визначення T_s будемо використовувати середнє квадратичне відхилення цієї випадкової величини.

Виходячи із фізичної суті процесу (різні прилади для здійснення вимірів, відносно малі значення похибок, велика кількість факторів, яка впливає на значення величини) прийемо всі випадкові величини, які входять до виразів (1) та (2) статистично незалежними та розподіленим за нормальним законом.

Для визначення середнього квадратичного відхилення функції багатьох змінних Z застосуємо вираз [7]:

$$\sigma_Z^2 = \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{\partial Z}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2, \quad (3)$$

де σ_Z – середнє квадратичне відхилення величини Z ;

k – число незалежних змінних, які визначають значення Z ;

x_i – незалежна змінна.

Розглянемо вплив на точність визначення температури заряду незалежних змінних, які входять до виразу (1). Центральним значенням для визначення температури за залежністю (1) є значення темпу охолодження Розрахуємо за залежністю (3) точність визначення m із виразу (2). Часткові похідні по незалежних змінних будуть визначатися із рівнянь (4):

$$\begin{aligned} \frac{\partial m}{\partial \theta_{\theta_{o\theta_1}}} &= \frac{1}{\theta_{\theta_{o\theta_1}} \Delta \tau}, \quad \frac{\partial m}{\partial \theta_{\theta_{o\theta_2}}} = -\frac{1}{\theta_{\theta_{o\theta_2}} \Delta \tau}, \\ \frac{\partial m}{\partial \Delta \tau} &= -\frac{\ln \theta_{\theta_{o\theta_1}} - \ln \theta_{\theta_{o\theta_2}}}{\Delta \tau^2} \end{aligned} \quad (4)$$

Підставляючи (4) в (3), отримуємо (5):

$$\begin{aligned} \sigma_m^2 &= \left(\frac{1}{\theta_{\theta_{o\theta_1}} \Delta \tau} \right)^2 \sigma_{\theta_{\theta_{o\theta_1}}}^2 + \left(-\frac{1}{\theta_{\theta_{o\theta_2}} \Delta \tau} \right)^2 \sigma_{\theta_{\theta_{o\theta_2}}}^2 + \\ &+ \left(-\frac{\ln \theta_{\theta_{o\theta_1}} - \ln \theta_{\theta_{o\theta_2}}}{\Delta \tau^2} \right)^2 \sigma_{\Delta \tau}^2, \end{aligned} \quad (5)$$

де $\sigma_m, \sigma_{\theta_{\theta_{o\theta_1}}}, \sigma_{\theta_{\theta_{o\theta_2}}}, \sigma_{\Delta \tau}$ – середні квадратичні відхилення визначення відповідних величин.

Вважаючи, що точність визначення температури оболонки під час першого та другого вимірювання однакова ($\sigma_{\theta_{\theta_{o\theta_1}}} = \sigma_{\theta_{\theta_{o\theta_2}}} = \sigma_T$), отримуємо:

$$\begin{aligned} \sigma_m^2 &= \frac{1}{\theta_{\theta_{o\theta_1}}^2 \Delta \tau^2} \sigma_T^2 + \frac{1}{\theta_{\theta_{o\theta_2}}^2 \Delta \tau^2} \sigma_T^2 + \\ &+ \frac{(\ln \theta_{\theta_{o\theta_2}} - \ln \theta_{\theta_{o\theta_1}})^2}{\Delta \tau^4} \sigma_{\tau}^2, \end{aligned} \quad (6)$$

Вплив похибок вимірювання температури і часу на похибку визначення темпу охолодження σ_m графічно наведено на рис. 1.

З графіку на рис. 1 видно, що вплив похибок вимірювання температури та часу на визначення темпу охолодження є лінійним. Більшу похибку в визначення темпу охолодження вносить похибка приладу вимірювання температури. При здійсненні вимірювань приладами з середніми квадратичними відхиленнями $\sigma_T = 1^\circ\text{C}$ для вимірювання температури, та $\sigma_{\Delta \tau} = 0,5$ с для вимірювання часу, похибки вимірювань викликать похибку визначення темпу охолодження (нагрівання) σ_m , порядку 10^{-5} .

Безпосередньо середньооб'ємна температура заряду визначається із рівняння (1). Точність визначення температури із наведеної залежності визначається точністю визначення темпу охолодження (нагрівання) та точністю вимірювання температури поверхні. Розглянемо вплив цих похибок на точність визначення середньооб'ємної температури заряду в цілому.

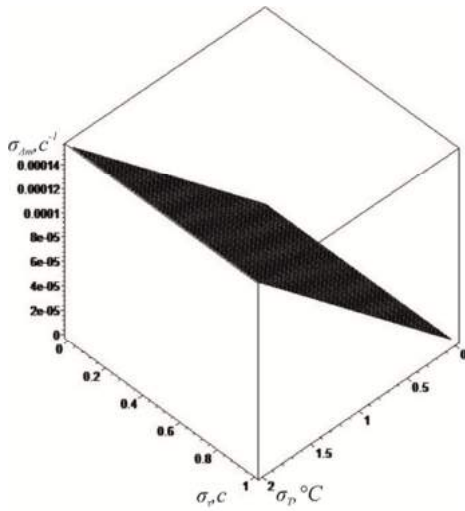


Рисунок 1 – Поверхня залежності похибки темпу охолодження σ_m від зміни похибки визначення часу $\sigma_{\Delta\tau}$ та температури σ_T

Часткові похідні по температурі і значенню темпу охолодження виразу (1) дорівнюють:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_3}{\partial \theta_{\sigma_1}} &= \frac{m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V + c_{\text{об}} \rho_{\text{об}} V_{\text{об}}}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)}, \\ \frac{\partial T_3}{\partial \theta_{\sigma_2}} &= - \frac{m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V + c_{\text{об}} \rho_{\text{об}} V_{\text{об}}}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)}, \\ \frac{\partial T_3}{\partial m} &= \frac{\Delta T_{\text{об}} \Delta\tau \sum c_i \rho_i V}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} - \\ &= \frac{\Delta T_{\text{об}} \Delta\tau (m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V_i + c_{\text{об}} \rho_{\text{об}} V_{\text{об}})}{\left(c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right) \right)^2 e^{-m\Delta\tau}}, \\ \frac{\partial T_3}{\partial \Delta\tau} &= \frac{\Delta T_{\text{об}} m \sum c_i \rho_i V}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} - \\ &= \frac{\Delta T_{\text{об}} m (m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V_i + c_{\text{об}} \rho_{\text{об}} V_{\text{об}})}{\left(c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right) \right)^2 e^{-m\Delta\tau}} \end{aligned} \quad (7)$$

З (3) та (7) отримуємо для визначення середнього квадратичного відхилення температури заряду:

$$\begin{aligned} \sigma_{T_3}^2 &= \left(\frac{m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V + c_{\text{об}} \rho_{\text{об}} V_{\text{об}}}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} \right)^2 \sigma_T^2 + \\ &+ \left(\frac{m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V + c_{\text{об}} \rho_{\text{об}} V_{\text{об}}}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} \right)^2 \sigma_T^2 + \left(\frac{\Delta T_{\text{об}} \Delta\tau \sum c_i \rho_i V}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} - \right. \\ &\left. - \frac{\Delta T_{\text{об}} \Delta\tau (m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V_i + c_{\text{об}} \rho_{\text{об}} V_{\text{об}})}{\left(c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right) \right)^2 e^{-m\Delta\tau}} \right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\Delta T_{\text{об}} m \sum c_i \rho_i V}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} - \right. \\ &\left. - \frac{\Delta T_{\text{об}} m (m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V_i + c_{\text{об}} \rho_{\text{об}} V_{\text{об}})}{\left(c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right) \right)^2 e^{-m\Delta\tau}} \right)^2 \sigma_{\Delta\tau}^2, \quad (8) \end{aligned}$$

Взаємний вплив похибок вимірювання температури і часу та похибки визначення темпу охолодження на середнє квадратичне відхилення значення температури заряду проілюстровано на рис. 2 та рис. 3. Для розрахунку використані масові та теплоємнісні характеристики заряду 122 мм артилерійського пострілу 4Б10 в сталевій гільзі 4Г5.

Отже при використанні достатньо точних приладів вимірювання температури та часу, середні квадратичні відхилення яких будуть відповідно $\pm 0,5$ с для вимірювання часу та $\pm 0,2$ °C для вимірювання температури значення середнього квадратичного відхилення визначення температури заряду буде в межах ± 1 °C.

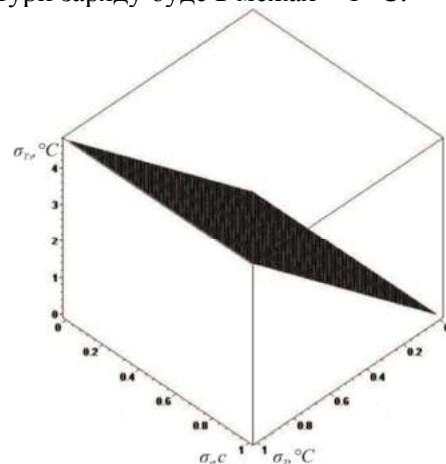


Рисунок 2 – Поверхня залежності похибки визначення температури заряду σ_{T_3} від зміни похибки визначення часу $\sigma_{\Delta\tau}$ та температури σ_T при фіксованому значенні похибки темпу охолодження

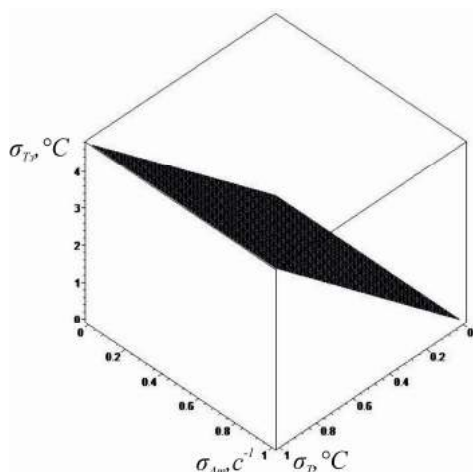


Рисунок 3 – Поверхня залежності похибки визначенні температури заряду σ_{T_3} від зміни похибки вимірювання температури σ_T та темпу охолодження σ_m при фіксованому значенні похибки вимірювання часу $\sigma_{\Delta t}$

Висновки

В статті виконано аналіз точності вимірювання температури зарядів артилерійських боеприпасів безконтактним методом на основі вимірювання температури їх поверхонь, розроблено математичні моделі впливу похибок вимірювання вхідних величин на похибки визначення темпу охолодження (нагрівання) та середньоб'ємної температури заряду. Запропонований метод дозволяє із достатньою точністю визначати температуру заряду боеприпасу, в будь-який момент часу.

Точність визначення температури заряду даним методом, за умови використання достатньо точних приладів визначення температури поверхні, значно зростає порівняно з існуючими методами вимірювання температури заряду. Крім того, даний метод дозволяє використовувати для здійснення вимірювань прилади із малою тепло-

А. С. Мищенко

БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАРЯДОВ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ БОЕПРИПАСОВ И МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЕГО ПОГРЕШНОСТЕЙ

В статье проведен анализ точности измерения температуры зарядов артиллерийских боеприпасов бесконтактным методом на основании измерения температуры их поверхностей, разработаны математические модели влияния погрешностей измерения входных величин на погрешности определения темпа охлаждения (нагрева) и среднееобъемной температуры заряда.

Ключевые слова: баллистическая подготовка, измерение температуры, точность измерений.

вою інерційністю, а отже підвищує оперативність підготовки даних для стрільби артилерії.

Список використаних джерел

1. Бойовий статут Сухопутних військ Збройних Сил України Частина II (батальйон, рота). – К.: КСВ ЗСУ, 2010. – 216 с.
2. Правила стрільби і управління вогнем артилерії (група, дивізіон, батарея, взвод, гармата). – К.: вид-во «Варта», 1995. – 304с.
3. Трофименко П. Є. Шляхи підвищення точності вимірювання температури зарядів у наземній артилерії / П. Є. Трофименко, В. І. Макеєв, А. Ф. Раскошный // Системи озброєння і військова техніка. Сумський державний університет, Суми, 2011. – № 1(25). – С. 58 – 60.
4. Шабатура Ю. В. Математичні засади нового методу визначення температури зарядів артилерійських боеприпасів / Ю. В. Шабатура, А. С. Міщенко // Системи озброєння і військова техніка, 2015. – № 3. – С. 56 – 60.
5. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим / Кондратьев Г. М. – М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. – 408 с.
6. Шабатура Ю. В. Визначення температури заряду артилерійського боеприпасу на основі застосування теорії регулярного теплового режиму / Ю. В. Шабатура, А. С. Міщенко. // Військово-технічний збірник АСВ, 2015. – № 13 – С. 73 – 76.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – Москва: «Наука», 1969. – 576 с.

Надійшла до редакції 4.11.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кондрат В. Ф., Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

A. Mishchenko

NONCONTACT METHOD OF THE ARTILLERY AMMUNITION CHARGES INTERNAL TEMPERATURE DETERMINATION AND MODELS FOR ITS ERRORS

In the article analyzed the accuracy of noncontact artillery ammunition charges temperature measurement method, based on measuring the temperature of surfaces, mathematical models of the measurement errors in input variables impact on the error of cooling (heating) rate and charge temperature.

Keywords: ballistic preparation, temperature measurement, accuracy.

УДК 616-093

О. А. Никитюк¹, д.с.-г.н., **В. М. Новіков²**, д.ф.-м.н.

¹ Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ

² Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Київ

АНАЛІЗУВАННЯ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ТА КОМПЕТЕНТНОСТІ МЕДИЧНИХ (КЛІНІКО-ДІАГНОСТИЧНИХ) ЛАБОРАТОРІЙ

В статті продовжено аналіз сучасних вимог до якості та компетентності медичних (клініко-діагностичних) лабораторій, визначених стандартом ДСТУ EN ISO 15189:2015 [1] стосовно взаємодії процесів в лабораторії та індикаторів якості основних процесів.

Запропонований варіант схеми взаємодії основних процесів для медичних лабораторій.

Ключові слова: компетентність, медичні лабораторії, системи управління якістю.

Впровадження міжнародно-визнаних вимог до компетентності в практику роботи медичних (клініко-діагностичних) лабораторій України залишається актуальною задачею для фахівців галузі.

На фоні вже наявного сучасного, гармонізованого з європейськими аналогами, європейськими, зокрема нового Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [2], де єдиним інструментом оцінювання компетентності органів з оцінки відповідності, в т. ч. і медичних лабораторій, є акредитація (а не атестація на право виконання метрологічних робіт, як це було раніше), поки що в Україні, на жаль, не маємо жодної акредитованої медичної лабораторії.

Стає зрозумілим, що медичним лабораторіям бракує методичної підтримки для впровадження сучасних вимог до якості і компетентності.

Метою даної роботи є продовження роботи [3] з аналізування вимог [1], шляхом їх порівняння з широковідомими вимогами до компетентності випробувальних і калібрувальних лабораторій (стандарт ДСТУ ISO/IEC 17025 [4], досвід впровадження якого в Україні значний [5]).

В попередній роботі [3] нами розпочато порівняльний аналіз вимог [1] та [4], результати якого дозволяють фахівцям медичних лабораторій (при підготовці до акредитації та впровадженні положень [1] в практику своєї роботи) спиратися на наявний багаторічний досвід акре-

дитації лабораторій випробувальних, що був накопичений за час впровадження вимог до їх компетентності [5].

Основними результатами проведеної нами роботи слід вважати висновок про те, що базові вимоги [1] формуються, виходячи із положень [4], що спрощує підготовку до акредитації медичних лабораторій, вважаючи на можливість використання наявного досвіду та методичних рекомендацій.

Особливі ж технічні вимоги [1] та особливі вимоги моделі системи управління, в порівнянні з [4], напевне, визначаються двома наступними факторами.

Модель системи управління якістю в [1] більш сучасна, так як базується на положеннях відомого стандарту ISO 9001 версії 2008 р., (на відміну від [4], що включає положення ISO 9001 версії 2000 р.).

Саме цей фактор визначає основні відмінності сучасних вимог до систем управління якістю для медичних (клініко-діагностичних) і випробувальних лабораторій.

Стосовно відмінностей технічних вимог до компетентності лабораторій стандартів [1] та [4], то вони, на наш погляд, сформовані, виходячи із основної відмінності природи та походження зразків (проб), призначення результатів випробувань (досліджень). А саме, головна відмінність медичної лабораторії полягає в тому, що проба (зразок) береться від тіла живої людини.