

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПАТРОНУ*Шепелєв М.С., науковий керівник Смолій В.М.*

У сучасних бойових умовах навіть незначні технічні нюанси можуть мати суттєве значення. Один із таких факторів — температура патрону. Вона прямо впливає на швидкість згоряння пороху, тиск у стволі, початкову швидкість кулі, а отже й на точність стрільби [1, 2]. Щоб врахувати ці зміни в реальному часі, потрібен простий, надійний і портативний пристрій, який дозволяє миттєво визначати температуру набоїв перед пострілом [3, 4].

Розробити та впровадити у використання зручний пристрій для вимірювання температури патрону, який підходить для роботи в польових умовах, стійкий до впливу зовнішніх факторів і при цьому не вимагає складного обслуговування.

Було створено два варіанти пристрою: один — із LCD-індикатором, інший — зі світлодіодною шкалою. Обидва підтримують ручне та автоматичне увімкнення, мають функцію запам'ятовування останнього показу температури, можливість калібрування сенсора та захищений корпус (ступінь IP54). Пристрій зібрано за модульним принципом, що дозволяє швидко налагодити виробництво навіть у невеликих майстернях. Електроніка базується на доступній елементній базі, яку можна знайти в українських реаліях.

Окрім бойового застосування, пристрій може бути корисним для цивільних стрільців, мисливців, а також у спортивній стрільбі, де температура патрона теж відіграє роль у стабільності результатів. Практичне використання показало, що навіть у складних погодних умовах — дощ, туман, перепади температур — прилад забезпечує стабільну роботу. Команда розробників постійно працює над покращенням елементної бази, в тому числі розглядається можливість переходу на сучасніші сенсори з меншим споживанням енергії та більшою точністю. Також досліджується варіант інтеграції пристрою з іншими модулями — наприклад, балістичними калькуляторами або мобільними додатками. У перспективі — створення компактної станції збору даних для аналізу умов стрільби в режимі реального часу. Важливим фактором є адаптивність пристрою до умов експлуатації — він витримує тряску під час транспортування, зберігання в боєкомплекті, а також тривале перебування у вологому або пиловому середовищі без втрати працездатності. Користувачі відзначають простоту керування — мінімум кнопок, інтуїтивна логіка, зрозуміла індикація. Розробка відкрита для співпраці з іншими інженерними ініціативами, особливо в частині удосконалення програмного забезпечення. Заплановано публікацію технічної документації у відкритому доступі для забезпечення максимальної прозорості проекту.

Враховуючи рівняння густини речовини та Клайперона-Менделєєва для газів, система диференціальних рівнянь для описання динаміки руху кулі в повітрі під дією її ваги набуде вигляду:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = \frac{c_x \rho_a S_x \dot{x}}{V_a^{\beta_j}} (\dot{x}^2 + \dot{z}^2)^{0,5(1+\gamma_i+\beta_i)} \\ m\ddot{z} = -mg \frac{c_x \rho_a S_x \dot{z}}{V_a^{\beta_j}} (\dot{x}^2 + \dot{z}^2)^{0,5(1+\gamma_i+\beta_i)} \end{cases} \quad (1)$$

з врахуванням сили лобового опору повітря при розташуванні початку відліку системи координат Oxz в точці вильоту кулі. Вісь Ox лежить в горизонті зброї та скеровується в напрямку мішені, а вісь Oz — вертикально вгору від центру Землі.

Початкові умови для (1) мають вигляд

$$x(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = V_0 \cos \theta_0, \quad z(0) = 0, \quad \dot{z}(0) = V_0 \sin \theta_0, \quad (2)$$

де V_0 — початкова швидкість кулі; θ_0 — кут вистрілювання.

Кінематичні параметри руху кулі визначаються зміною температури повітря та безпосередньо етапом надзвукової і дозвукової швидкості кулі.

Зміна температури заряду патрона впливає на величину дульної швидкості кулі, яка змінюється в інтервалі $790 \text{ м/с} \leq V_0 \leq 850 \text{ м/с}$, що відповідає зміні температури заряду патрона в межах $-25^\circ\text{C} \leq t_{\text{зар}} \leq 35^\circ\text{C}$.

Аналізуючи табульовані значення горизонтального зміщення кулі внаслідок зміни температури тільки заряду патрона або тільки повітря, зроблено узагальнення, що: величина температури заряду патрона, переважаючи, ніж температура повітря, впливає на кінематичні параметри руху кулі при стрільбі на віддаль до 600 метрів; при стрільбі на віддаль 700 – 900 метрів впливи температури заряду і повітря на рух кулі майже тотожні; при стрільбі на віддаль більшу 900 метрів переважаючим впливом на кінематику руху кулі стає температура повітря.

Виготовлено два варіанти виробів — 103×55 мм та 54×39 мм. Діапазон робочих температур становить від -30°C до $+60^\circ\text{C}$, точність вимірювання — $\pm 0,5^\circ\text{C}$, час реакції — до 3 секунд. Пристрої вже використовуються в підрозділах ЗСУ. За результатами реальних випробувань у польових умовах вносяться вдосконалення — як у конструкцію, так і в ергономіку. Було проведено серію випробувань при різних умовах вологості, пилу, вібрації та температурних коливань. Також перевірялась зручність користування у темний час доби, у рукавичках та з обмеженим доступом до екрана або кнопок. Індикація температури є зрозумілою, яскравою і не потребує додаткового навчання для користувача. Кожен пристрій тестується на етапі складання за допомогою еталонних температурних джерел. Окремо ведеться база відгуків користувачів, за допомогою якої ми швидко оновлюємо прошивку та конструктивні рішення.

Пристрій дозволяє підвищити якість стрільби за рахунок урахування температурного чинника. Він простий у використанні, не потребує складного обслуговування і може легко адаптуватися до нових умов чи боєприпасів. Два варіанти виконання дають змогу продовжувати виробництво навіть за нестачі окремих компонентів. Подальші етапи розвитку проекту передбачають зменшення габаритів, інтеграцію бездротових інтерфейсів і вдосконалення корпусу. Весь проєкт реалізується на волонтерських засадах, із залученням студентських лабораторій, що дозволяє поєднати освіту з реальною допомогою війську. У перспективі також розглядається можливість створення пристроїв для інших калібрів, а також розширення функціоналу — наприклад, додавання журналу вимірювань, синхронізації зі смартфоном або планшетом, підключення до навігаційних систем тощо. Окремо вивчається питання зниження собівартості виробу, щоби зробити його доступнішим для масового виробництва і цивільного використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Jiawu L. et al. An inner surface image acquisition... Lecture Notes in Electrical Engineering, 2024.
- [2] Woodruff C. et al. Comparing pyrometry and thermography... Measurement, 2022.
- [3] Ma Z.-X. et al. The analysis technique for ejecta cloud temperature... Procedia Engineering, 2015.
- [4] Gao L. et al. Design and simulation of missile-borne measuring device shell... Applied Mechanics and Materials, 2012.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ
АСПЕКТИ РОЗРОБКИ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ
VII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ І АСПІРАНТІВ
*24 квітня 2025 року***

Київ 2025

УДК 004

Відповідальна за випуск: М.І. Лендел

Збірник наукових праць за матеріалами VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і аспірантів «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ '2025», 24 квітня 2025 року, НУБіП України, Київ. – 452 с. (електронне видання)

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

Передрук матеріалів, а також використання їх будь-якій формі допускається лише з дозволу авторів