

ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ БАЛІСТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ СТРІЛЬБИ

М.М. Ляпа, В.І. Макєєв, В.М. Петренко
Сумський державний університет, м. Суми

У даній статті розглядаються шляхи підвищення точності стрільби артилерії за рахунок підвищення точності балістичної підготовки.

На основі математичної моделі просторового руху снаряда (міни) виявлені фактори, які раніше не враховувалися при підготовці установок для стрільби, пропонуються методи і засоби для їх урахування.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

За сучасних умов при підготовці установок для стрільби не враховуються нутаційні коливання снаряда після вильоту його з каналу ствола, які викликані початковим збуренням, зносом каналу ствола та розігрівом ствола при інтенсивній стрільбі.

Неврахування цих факторів призводить до значної помилки в дальності стрільби і, як результат, - до зниження показників ефективності поразки цілей.

Існуючі методи і засоби балістичної підготовки не враховують вплив нутаційних коливань при визначенні відхилення початкової швидкості снарядів [1].

ПОСТАВЛЕННЯ ЗАВДАННЯ

За останні роки проведені дослідження з проблеми врахування впливу нутаційних коливань на дальність польоту снарядів [9], визначення аеродинамічних характеристик снарядів [11] показали, що нутаційні коливання зростають при зносі каналу ствола і його розігріванні при інтенсивній стрільбі. Але в даних роботах не даються відповіді на те, як врахувати вплив нутаційних коливань на дальність польоту снаряда (міни), через конкретно які балістичні характеристики снарядів: початкову швидкість снаряда, балістичний коефіцієнт, інше [3,4].

Звідси виникла необхідність надання рекомендацій щодо виміру швидкостей снаряда балістичною станцією в точці затухання нутаційних коливань ($S\delta$), за умови, що δ_{\max} не буде перевищувати 2-3° [1,2].

Необхідно запропонувати новий метод визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряда без його приведення до дульного зрізу ствола гармати, нормалізацію вимірної швидкості снаряда провести ЕОМ в точці $S\delta$ [12].

Пропонується якісно нова балістична станція виміру швидкості в точці затухання нутаційних коливань.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Оцінка точності існуючих методів визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряда ($\Delta V_{0\text{сум}}$)

За штатом балістична станція знаходиться в дивізіоні. В основному вона призначена для визначення сумарного відхилення початкової швидкості стрільбою з контрольної гармати дивізіону. Для основних гармат батарей $\Delta V_{0\text{сум}}$ може бути визначене, як показано в таблиці 1, різними способами.

Покажемо, яка серединна помилка ($E_{\Delta V_{0сум}}$) визначення відхилення початкової швидкості для основних та інших гармат батарей при різних способах визначення $\Delta V_{0сум}$, при виконанні вогневих задач дивізіоном. Результати розрахунків щодо залежності (1) наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Точність визначення $\Delta V_{0сум}$ для гармат дивізіону, в % $V_0(E_{\Delta V_{0сум}})$

№ з/п	Способи визначення $\Delta V_{0сум}$	Кількість гармат у дивізіоні – 18 шт., із них		
		контрольних гармат 1	основних гармат інших батарей 2	інших гармат батарей 15
1	За даними АБС для контрольної гармати, різнобій основних гармат батареї визначений з АБС, інших гармат з ПЗК ($1\%V_0 < \Delta V_{0гр} \leq 3\%V_0$)	0,2	0,4	0,7
2	Те саме, що і п.1 різнобій усіх гармат дивізіону визначається з ПЗК	0,2	0,6	0,85
3	Те саме, що і п.2, але $\Delta V_{0гр} > 3\%V_0$	0,2	1,0	1,4
4	Зістрілюванням партій зарядів з партією, для якої $\Delta V_{0сум}$ відомо, різнобій зістрілювання на місцевості	0,5	0,5	0,6
5	Зістрілюванням партії зарядів з партією, для якої $\Delta V_{0сум}$ відомо різнобій з ПЗК ($1\%V_0 < \Delta V_{0гр} \leq 3\%V_0$)	0,5	0,5	0,8
6	Зістрілюванням партії зарядів з партією, для якої $\Delta V_{0сум}$ відомо, різнобій з ПЗК ($\Delta V_{0гр} > 3\%V_0$)	0,5	0,5	1,1
7	За даними створення репера, різнобій зістрілювання по місцевості	0,5	0,5	0,6
8	За даними створення репера, різнобій з ПЗК ($1\%V_0 < \Delta V_{0гр} \leq 3\%V_0$).	0,5	0,5	0,8
9	За даними створення репера, різнобій з ПЗК ($\Delta V_{0гр} > 3\%V_0$)	0,5	0,5	1,1

Точність визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ залежить від помилок вимірювання, розсіювання початкових швидкостей, методу приведення вимірної швидкості до дульного зрізу і помилок нормалізації (1).

$$E_{\Delta V_{0\text{сум}}} = \sqrt{E_{\delta V_{0\text{ін}}}^2 + E_{\delta V_{0\text{норм}}}^2 + E_{\delta V_{0\text{д}}}^2 + \frac{r_{V_0}^2}{n}}, \quad (1)$$

де r_{V_0} – серединна помилка розсіювання снарядів;

$E_{\delta V_{0\text{норм}}}$ – серединна помилка нормалізації;

$E_{\delta V_{0\text{д}}}$ – серединна помилка методу приведення вимірної початкової швидкості снаряда до дульного зрізу.

Серединна помилка вимірювання (інструментальна помилка) АБС-1 [8]

$$E_{\delta V_{0\text{ін}}} = 0,17\% V_0.$$

Тоді точність визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ для контрольної гармати дивізіону за 3-4 пострілами можна характеризувати серединною помилкою [5]

$$E_{\Delta V_{0\text{сум}}} = 0,2\% V_0.$$

Примітка: 1 Серединна помилка визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ для основних і інших гармат батареї розраховувалася за залежністю

$$E_{\Delta V_{0\text{сум}}} = \sqrt{E'_{\delta V_{0\text{сум}}}^2 + E_{\delta V_0}^2}, \quad (2)$$

де $E'_{\Delta V_{0\text{сум}}}$ – серединна помилка визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ для контрольної гармати з АБС; різнобій для основних гармат батареї проведений зістрілюванням партій зарядів або створенням репера.

2 Серединна помилка визначення різною гармат

$$E_{\delta V_0} = \sqrt{2} E_{\Delta V_{0\text{зр}}}, \quad (3)$$

де $E_{\Delta V_{0\text{зр}}}$ – точність визначення $\Delta V_{0\text{зр}}$ з ПЗК(ПКВ);

$$E_{\Delta V_{0\text{зр}}} = 0,4\% V_0, \text{ при } 1\% V_0 < \Delta V_{0\text{зр}} \leq 3\% V_0 \text{ [7];}$$

$$E_{\Delta V_{0\text{зр}}} = 0,7\% V_0, \text{ при } \Delta V_{0\text{зр}} > 3\% V_0 \text{ [7];}$$

при зістрілюванні з АБС або по реперу $\Delta V_{0\text{зр}} = 3\% V_0$ [7].

Аналіз даних табл.1 дозволяє зробити такі висновки.

1 Точність повної підготовки забезпечується, якщо $\Delta V_{0\text{сум}}$ для основних гармат батареї визначено за даними контрольної гармати, зістрілювання всіх гармат дивізіону проведено з АБС, в цьому випадку $E_{\Delta V_{0\text{сум}}} = 0,4\% V_0$ (при зносі каналів стволів гармат $\Delta V_{0\text{зр}} \leq 1\% V_0$).

2 Усі інші способи визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$, подані в табл.1 і пропонувані ПС та УВ-95р., як показали розрахунки, не відповідають вимогам повної

підготовки (відносне зниження показника ефективності становить 5-12%) [12].

Відомо, що $\Delta V_{0зр}$ може досягати 3-4% V_0 . Так, відхилення початкової швидкості для нового ствола 152-мм П М-47 через відхилення $T_3(T_3=-25^\circ\text{C})$ становить -5,2% V_0 . При витраті снарядів $N=1000$ із 100-мм П БС-3 $\Delta V_{0зр}$ зміниться на 3-4% V_0 . Для 203,2-мм СП 2С7 при витраті снарядів $N=50$ шт. $\Delta V_{0зр}$ зміниться на 1% V_0 [9].

Звідси випливає, що при зносі каналів стволів гармат точність визначення $\Delta V_{0сум}$ для гармат дивізіону, окрім контрольної гармати, значно знижується.

Перспективні методи визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів

Збільшення діаметральних розмірів ствола при розігріванні і поява дульного розтруба призводять до збільшення кутів нутації.

Із дослідних даних відомо, що при стрільбі із гармат із середнім зносом каналу ствола або при розігріванні нового ствола при інтенсивній стрільбі максимальне значення кутів нутації (δ_{\max}) на початковій ділянці траєкторії може досягати 5-7°, а при нагріванні ствола з середнім зносом - до 10°, при нагріванні ствола зі значним зносом - до 13-15° [9,11,12].

Сьогодні при підготовці вихідних даних для стрільби і під час стрільби не враховуються умови вильоту снаряда із ствола, які визначають характер нутаційних коливань снаряда на траєкторії.

Інтегруванням системи диференціальних рівнянь (СДР) просторового руху снарядів на електронно-обчислювальній машині (ЕОМ), двічі [12] при $\delta_0 \neq 0, \dot{\delta}_0 \neq 0$ і при $\delta_0 = 0, \dot{\delta}_0 = 0$, і порівнюючи результати інтегрування, було оцінено вплив нутаційних коливань на повну дальність (ΔX_δ) польоту снарядів за формулою:

$$\Delta X_\delta = \frac{X_c - X_{cm}}{X_{cm}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де X_c, X_{cm} – значення дальності польоту в точці падіння снаряда, при $\delta_0 \neq 0, \dot{\delta}_0 \neq 0$ і $\delta_0 = 0, \dot{\delta}_0 = 0$ відповідно.

Результати розрахунків ΔX_δ для деяких варіантів снарядів при фіксованих значеннях δ_{\max} наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Величини ΔX_δ залежно від δ_{\max}

Відхилення в дальності	Варіанти снарядів (кути кидання)	δ_{\max} , град								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta X_\delta, \text{в } \% X$	152-мм СП ($\Theta_0=0,7964$ рад)	0,05	0,08	0,15	0,25	0,36	0,55	0,73	0,92	1,36
	203,2-мм СП ($\Theta_0=0,8910$ рад)	0,07	0,15	0,31	0,50	0,62	0,81	1,12	1,32	1,65

За даними табл. 2 можна зробити такі висновки:

1 Вплив нутаційних коливань на дальність при кутах $\delta_{\max} \leq 2^\circ - 3^\circ$, тобто для нових стволів, з малою витратою боеприпасів є незначним.

2 При стрільбі із гармат із середнім зносом ствола, і нових стволів при розігріванні в результаті інтенсивної стрільби відхилення в дальності можуть становити (0,5-0,8)% дальності, а для стволів із середнім зносом при інтенсивній стрільбі – (1,3-1,6)% дальності.

3 Для стволів зі значним зносом відхилення в дальності, як показали розрахунки, можуть досягати 2-2,5% дальності.

Зазначені розрахунки підтверджуються практичними стрільбами, проведеними науково-дослідним інститутом НДІ-37 м. Ленінграда взимку в Забайкальському військовому окрузі (Росія) [9]. Результати наведені в табл.3.

Таблиця 3 – Величини відхилень у дальності ΔX_δ при розігріванні стволів під час інтенсивної стрільби

Найменування систем	Кількість снарядів, випущених із однієї гармати, шт.	Відхилення в дальності ΔX_δ , м
152-мм СП	90	недоліт 600
152-мм СП	140	недоліт 1500
152-мм П 2А36	30	недоліт 300

Такі відхилення у дальності у процесі стрільби необхідно враховувати, тому що це може призводити до невиконання вогневого завдання.

Через те, що нутаційні коливання, викликані початковими збуреннями, швидко згасають, їх урахування можливе на початковій ділянці траєкторії. Як показали розрахунки, дальність, на якій відбувається затухання нутаційних коливань $S\delta$ для стволів з різним зносом і розігріванням ствола під час інтенсивної стрільби, становить 1600-2500 м [12].

З метою підвищення точності визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів для всіх гармат дивізіону з урахуванням впливу нутаційних коливань на дальність стрільби пропонується перспективна багатоканальна балістична станція (БС), суміжна з ЕОМ, яка вимірює швидкість снаряду в точці затухання нутаційних коливань ($S\delta = 2500\text{м}$) [12] кожної гармати батареї.

Вплив нутаційних коливань через інші елементи траєкторії, як показали розрахунки, незначні і становить (0,1-0,15)% дальності, тому їх урахування пропонується через зміну швидкості.

Тоді відхилення початкової швидкості снаряда від табличного значення в точці затухання нутаційних коливань буде визначатися за залежністю (5).

$$\Delta V_\delta = \frac{V_\delta - V_{\delta T}}{V_{\delta T}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де V_δ – виміряна швидкість снаряда АБС нового типу в точці $S\delta$, приведена до табличних умов;

$V_{\delta T}$ – таблична швидкість снаряду для точки $S\delta$ визначається інтегруванням системи диференціальних рівнянь (6) [12].

Дану задачу можна розв'язати на ЕОМ перспективної АБС.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \frac{v \cos \Theta \cos \Psi}{1 + \frac{2Y}{R_3}}, \\ \dot{Y} &= v \sin \Theta, \\ \dot{z} &= v \cos \Theta \sin \Psi, \\ \dot{v} &= -a_x \cos \gamma - g \left(1 - \frac{2Y}{R_3}\right) \sin \Theta, \\ \dot{\Theta} &= -\frac{g_0 \left(1 - \frac{2Y}{R_3}\right)}{v} \cos \Theta - \frac{a_x \cos \gamma \cdot w_x \cdot \sin \Theta}{v} + \frac{v \cos \Theta}{R_3 + Y} + 2\Omega_3 \cos B \sin a_r, \quad (6) \\ \dot{\Psi} &= \frac{a_x \cos \gamma \cdot w_x}{v} + 2\Omega_3 (\sin B - \cos B \cos a_r \operatorname{tg} \Theta), \\ \dot{\pi} = (\dot{Y}) &= \frac{\pi(Y) \dot{Y}}{R[\tau(Y) + \Delta\tau]}, \\ \text{де } a_x &= 0,474 \frac{id^2}{q_0} \pi(Y) v_{r\tau}^2 c_x(v_{r\tau}), \\ \cos \gamma &= \frac{v - w_x \cos \Theta}{v_r}, \\ v_r &= \sqrt{1 - \frac{2(w_x \cos \Theta \cos \Psi + w_z \sin \Psi)}{v}} + \frac{w^2}{v^2}, \\ w^2 &= w_x^2 + w_z^2, \\ v_{r\tau} &= v_r \sqrt{\frac{\tau_{0N}}{\tau(Y) + \Delta\tau}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{0N} &= 288,9^\circ K, \\ \tau(Y) &= \begin{cases} 289,0 - 0,00632 Y \text{ при } 0 \leq Y \leq 9300 \\ 230 - 0,006328(Y - 9300) + 0,000001172(Y - 9300), \\ \text{при } 9300 \leq Y \leq 12000 \\ 221,5 \quad \text{при } 12000 \leq Y \leq 25700 \\ 221,5 + 0,00265(Y - 25700) \quad \text{при } Y > 25700 \end{cases} \end{aligned}$$

Перевагою даного способу перед існуючими, яка закладена в АВС-1м, є те, що він не потребує приведення вимірної швидкості снаряда до дульного зрізу. Нормалізація буде проводитися з допомогою ЕОМ АВС тільки для точки $S \delta$. Тоді поправка в дальності буде визначатиметься за залежністю (7)

$$\Delta D_\delta = \frac{\partial x}{\partial V_\delta} \Delta V_\delta, \quad (7)$$

де $\frac{\partial x}{\partial V_\delta}$ – табличне значення поправочного коефіцієнта, зміна дальності при зміні швидкості снаряда на $I\%V_0$ в точці $S \delta$;

ΔV_0 – відхилення початкової швидкості снаряда від табличного значення, що визначається за залежністю (5).

ЕОМ перспективної балістичної станції повинна дозволити вводити дані про артилерійську систему, балістичні характеристики боєприпасів, умови стрільби: початкову швидкість снаряда, заряд, підричник і т.д. Перевагою запропонованого способу є те, що поправку в дальність ΔD_0 (приціл, рівень) може визначати начальник АБС на вогневій позиції батареї і передавати її старшому офіцеру батареї, тобто практично врахування впливу нутаційних коливань, розігрівання стволів при інтенсивній стрільбі та інші фактори можуть враховуватися під час виконання вогневого завдання [12].

Проведені розрахунки за залежністю (1) показали, що точність визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ для всіх гармат батареї за допомогою перспективної БС становить $0,3\%V_0$.

При визначенні початкової швидкості снаряда для конкретної гармати, снаряда і заряду даної партії існуюча балістична станція (АБС-1м) не враховує вплив нутаційних коливань снаряда, викликаних початковими збуреннями, розігріванням ствола при інтенсивній стрільбі та іншими факторами, на зміну швидкості польоту снаряда за точкою її вимірювання, оскільки з АБС-1 швидкість снаряда вимірюється на відстанях 100-150м від дульного зрізу ствола, а як показали розрахунки, нутаційні коливання затухають на відстані 1600-2500м від дульного зрізу ствола [12]. Стрільба в реальних умовах із гармат із середнім або великим зносом каналу ствола, а також при розігріванні стволів у результаті інтенсивної стрільби буде супроводжуватися значними початковими збуреннями, які призведуть до збільшення кутів нутації на траєкторії і, як результат, до значних відхилень дальності стрільби від розрахованої (табл. 2, табл. 3).

Аналіз даних, наведений у табл. 2, показує, що під час вимірювання швидкості снаряда на відстані 100-150м існуючою АБС-1м при стрільбі із гармат зі значним зносом ствола, або при розігріванні ствола під час інтенсивної стрільби, допускаються помилки в дальності, при неврахуванні впливу нутаційних коливань (0,5-1,6)% дальності стрільби, а для стволів гармат зі значним зносом – до 2,5% дальності, що не тільки не відповідає вимогам повної підготовки установок для стрільби, а й може призвести до невиконання вогневого завдання.

Звідси випливає, що існуючі методи визначення початкової швидкості снаряда (а відповідно і $\Delta V_{0\text{сум}}$) за допомогою АБС-1м в реальних умовах (при стрільбі із гармат, що мають знос стволів, або при розігріванні ствола при інтенсивній стрільбі) не відповідає вимогам точності повної підготовки, в результаті чого ефективність враження цілей знижується [5].

Проведені дослідження показали, що середня помилка визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ для кожної гармати повинна бути (0,2-0,3)% V_0 [12]. Дана точність може бути забезпечена при визначенні $\Delta V_{0\text{сум}}$ для кожної гармати за допомогою багатоканальної АБС, яка вимірює швидкість снаряда в точці затухання нутаційних коливань. Прилад виміру початкової швидкості снаряду повинен встановлюватися на гармати. Вимірювання швидкості снаряда відбувається за допомогою доплерівського радіолокатора. Радіолокаційний передавач вмикається при спалаху дульного полум'я. Антенний блок приладу може мати масу до 15 кг. Він закріплений на гарматі таким чином, що переміщується по горизонталі і вертикалі разом з нею. До його складу входять датчики дульного полум'я і з'єднувальний прилад, який дозволяє під'єднати до гармати окремий датчик. Антена

з'єднана кабелем з візуальним індикатором. Інструментальна помилка вимірювання швидкості снаряда для перспективної АБС може бути $E_{\delta V_{0in}} \leq 0,2\%V_0$. Проведені розрахунки за залежністю (1) показали, що точність вимірювання відхилення початкової швидкості снаряда ($\Delta V_{0сум}$) для перспективної балістичної станції становить $0,3\% V_0$ для кожної гармати [12].

Рекомендації щодо урахування розігрівання стволів при інтенсивній стрільбі

У ході виконання вогневих завдань артилерійськими підрозділами унаслідок розігрівання ствола виникає зміщення центра групування розривів снарядів (ЦГРС) від точки прицілювання по дальності, неврахування якого може привести до зниження ефективності вогню, а в окремих випадках - до невиконання вогневого завдання [табл. 3].

Величина і знак зміщення ЦГРС для конкретної артилерійської системи залежить від номера заряду, на якому ведеться стрільба, кількості пострілів і режиму вогню.

Зміщення ЦГРС унаслідок розігрівання ствола при інтенсивній стрільбі можуть досягати 3% і більше дальності стрільби [9], при цьому маємо, що при стрільбі з пушок на повному заряді, як правило, виникають систематичні недоліти [табл. 3], а з гаубиць на найменшому заряді – перельоти. При стрільбі на інших номерах зарядів зміщення ЦГРС може приводити як до збільшення, так і до зменшення дальності польоту снарядів.

Основною причиною зміщення ЦГРС унаслідок розігрівання ствола гармати при інтенсивній стрільбі є зміна балістичних характеристик снарядів: початкової швидкості $\delta V_{0грс}$ і балістичного коефіцієнта $\delta C_{рс}$.

Розігрівання ствола супроводжується його тепловим розширенням, вигином і зміною теплових умов роботи заряду. Теплове розширення приводить до зменшення щільності заряджання і тиску форсування. З цієї причини початкова швидкість падає. Втрата тепла на розігрівання ствола в процесі інтенсивної стрільби зменшується, унаслідок чого початкова швидкість зростає. До збільшення початкової швидкості призводить і позитивна зміна температури зарядів. У результаті при розігріванні ствола можна спостерігати як збільшення, так і зменшення початкової швидкості.

Оскільки, при розігріванні ствола гармати при інтенсивній стрільбі збільшується діаметральний розмір ствола, в наслідок чого з'являється дульний розтруб, що приводить до збільшення кута нутації, а отже, зменшується початкова швидкість снаряда. При цьому в ході стрільби на середні і максимальні дальності, особливо з пушок, переважає зменшення початкової швидкості снарядів через розігрівання ствола гармати.

Існуючі правила стрільби і управління вогнем артилерії [1] не дають рекомендацій з обліку розігрівання ствола гармат при інтенсивній стрільбі.

Як показали проведені в даній статті дослідження, неврахування розігрівання стволів гармат при інтенсивній стрільбі може привести до значного відхилення ЦГРС від центра цілі, що приводить до зниження ефективності вогню.

Передбачається врахування розігрівання ствола гармати при інтенсивній стрільбі проводити через періодичне уточнення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів (по перших 3-4 пострілах) у ході виконання вогневого завдання за допомогою перспективної багатоканальної балістичної станції. Якщо на кожній гарматі встановлений показчик вимірювання швидкості снаряда, який передає

дані про виміряну швидкість снаряда на балістичну станцію, тоді старший офіцер батареї зможе періодично вводити поправки в приціл ($\Delta\Pi$) або рівень (ΔPiv) на різницю сумарних відхилень початкових швидкостей при підготовці установок і в ході стрільби на поразку за залежністю:

$$\Delta\Pi(\Delta Piv.) = \frac{\Delta X_{V_0} (\Delta V_{0\text{сум}}^{\text{вимір}} - \Delta V_{0\text{сум}}^{\text{розр}})}{\Delta X_{\text{тис}}}, \quad (8)$$

де $\Delta V_{0\text{сум}}^{\text{вимір}}$ - сумарне відхилення початкової швидкості снарядів виміряної за результатами 3-4 пострілів балістичною станцією в ході стрільби на поразку;

$\Delta V_{0\text{сум}}^{\text{розр}}$ - сумарне відхилення початкової швидкості снарядів, виміряної балістичною станцією при визначенні установок для стрільби;

ΔX_{V_0} - зміна дальності при зміні початкової швидкості на $1\%V_0$;

$\Delta X_{\text{тис}}$ - зміна дальності при зміні прицілу на 1 тисячну.

Сумарне відхилення початкової швидкості снарядів, $\Delta V_{0\text{сум}}^{\text{вимір}}$ визначається в ході вогневого спостереження або в ході вогневого нальоту.

Перспективна багатоканальна балістична станція спряжена з ЕОМ, тоді коректури в приціл $\Delta\Pi$ або в рівень ΔPiv може визначити оператор балістичної станції для кожної гармати батареї і передавати їх старшому офіцеру батареї.

Шляхи підвищення точності вимірювання температури зарядів у наземній артилерії

У самохідній артилерії питання визначення температури зарядів проблематичне. Складність обумовлюється тим, що боєприпаси зберігаються як на ґрунті, так і в бойовому відділенні САУ.

Умови збереження боєприпасів у бойовому відділенні значно відрізняється від умов збереження на ґрунті.

Під час ведення вогню температура в бойовому відділенні буде зростати від пострілу до пострілу (нагрівання ствола – незначно впливає на зміну температури, але використані гільзи, віддаючи своє тепло, будуть викликати температурні зміни).

У будь-якому випадку різниця температур зарядів, що зберігаються в бойовому відділенні та на ґрунті, буде мати місце і її необхідно враховувати.

Температурні коливання в бойовому відділенні САУ інтенсивні, тому використання батарейного термометра для визначення температури зарядів прийнятним способом буде мати недостатню точність.

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

Даний «свідок» являє собою металевий циліндр діаметром 116 мм і довжиною 242 мм, у наповнювачі якого (фторопласт-4) розміщений термометр ТНБ-45, тобто є можливість прямого відліку його показань.

Принцип, що лежить в основі розроблення «свідка», полягає у тому, що швидкість зміни температури «свідка» ідентична швидкості зміни температури заряду.

При використанні манометричного термометра в «свідку» із сполучним капіляром достатньої довжини його індикатор може знаходитися і поза «свідком». Це дозволяє за його допомогою

здійснювати дистанційне визначення температури заряду при перебуванні боеприпасів у сховищах, штабелях, укриттях.

Запропонований спосіб визначення T_3 забезпечує точність, яка характеризується середньою помилкою [13]:

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

Тоді як середня помилка визначення T_3 за допомогою батарейного термометра ТБ-15 залежно від часу перебування в заряді складає [7]

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

Прилад - «свідок» типу ПС-1 застосовується для виміру T_3 у реактивній артилерії.

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

Як недолік можна виділити:

- необхідність чіткого графіка човникового переміщення «свідка» між снарядами;
- відсутність методики вимірювання T_3 .

Оцінка ефективності пропонованих методів і засобів визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів за допомогою перспективної балістичної станції

Розрахунки щодо оцінки ефективності пропонованого способу визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ проведені за залежностями [5,6].

Ймовірність ураження окремої цілі

$$P = 1 - 4 \sum_{z_j=0}^{5E_z} Q(z_j) \sum_{x_i=0}^{5E_x} Q(x_i) q(x_i z_j). \quad (9)$$

Математичне очікування відносного числа уражених цілей із складу групової визначається за залежностями [5,6]:

$$M[a] = \frac{M[a']}{\Gamma_{\psi} \cdot \Phi_{\psi}}, \quad (10)$$

де

$$M[a'] = \int_{-0,5\Gamma_{\psi}}^{+0,5\Gamma_{\psi}} \int_{-0,5\Gamma_{\psi}}^{+0,5\Gamma_{\psi}} \frac{1}{\Gamma_{\psi} \cdot \Phi_{\psi}} P(v_x, v_z) dv_x dv_z. \quad (11)$$

На основі проведених досліджень показано, що для урахування нутаційних коливань, викликаних різними факторами, необхідно виміряти швидкість в точці їх затухання (S_{δ}).

Моделюванням стрільби на ЕОМ за залежностями (9, 10, 11) визначимо відносно підвищення показника ефективності стрільби при визначенні відхилення швидкості снаряда для кожної гармати в точці затухання нутаційних коливань ($\delta_{\text{max}} \leq 3^\circ$) перспективною багатоканальною БС порівняно з існуючими способами визначення початкової швидкості снарядів для гармат з різним зносом каналу ствола і при розігріванні ствола при інтенсивній стрільбі. Результати розрахунків наведені в табл. 4.

Таблиця 4 - Величина $P(M[a])$ при стрільбі дивізіоном АРС

Варіант АРС	Θ_0 , град	Катег. ствола	Цілі								
			ПУ «ЛАНС» (Р)			Батарея «Хок» (М[а])			ЦУБД КП АБр (М[а])		
			Умови проведення повної балістичної підготовки								
			I	II	III	I	II	III	I	II	III
203мм СП 2С7	20	Н	0,678	0,630	0,605	0,476	0,448	0,425	0,275	0,252	0,220
	35	Н	0,640	0,589	0,567	0,422	0,391	0,382	0,259	0,241	0,239
	45	Н	0,604	0,527	0,531	0,406	0,390	0,357	0,240	0,220	0,206
	50	Н	0,558	0,549	0,509	0,397	0,389	0,341	0,238	0,219	0,193
		С	0,544-0,452			0,364-0,332			0,221-0,187		
		ЗН	0,412-0,370			0,325-0,255			0,152-0,145		
152мм СП 2С5	20	Н	0,701	0,628	0,611	0,502	0,468	0,455	0,301	0,274	0,247
	35	Н	0,685	0,614	0,608	0,474	0,444	0,442	0,282	0,247	0,232
	45	Н	0,661	0,620	0,596	0,480	0,412	0,417	0,271	0,246	0,233
	50	Н	0,658	0,628	0,581	0,488	0,401	0,395	0,268	0,249	0,235
		С	0,601-0,582			0,433-0,393			0,241-0,228		
		ЗН	0,560-0,428			0,328-0,245			0,202-0,151		
Примітки:											
1 Новий (холодний) ствол гармати - Н, при зносі ствол ΔV_{op} до $1\% V_0$, $\delta_{max} \leq 2-3^\circ$.											
2 Середній знос каналу - С, при зносі від $1\% V_0 \leq \Delta V_{ocym} \leq 3\% V_0$, $\delta_{max} \leq 5-8^\circ$.											
3 Значний знос або нагрівання ствола - ЗН, при зносі ствола $\Delta V_{op} > 3\% V_0$, $\delta_{max} \leq 10-12^\circ$											

Аналіз результатів (табл. 4) показує, що при вимірюванні швидкості снаряда для кожної гармати в точці затухання нутаційних коливань при стрільбі із гармат, які мають знос (нагрівання) ствола, відносно підвищення показника ефективності порівняно з існуючими способами в середньому становить 25%.

Візьмемо як вихідний спосіб, що буде доцільним в тому випадку, якщо відносне підвищення показника ефективності буде $\Delta M(\Delta P) \geq 0,1, (10\%) [10]$, тоді отримані результати дозволяють зробити висновок, що використання запропонованого способу визначення сумарного відхилення початкової швидкості для кожної гармати, що виконує вогневе завдання, а відповідно і прийняття на озброєння перспективної багатоканальної БС є доцільним.

ВИСНОВКИ

Пропоновані у статті методи і засоби визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряда в точці затухання нутаційних коливань (S_δ) та пропонована перспективна багатоканальна балістична станція нового покоління спряжена з ЕОМ встановленими датчиками на кожній гарматі, здатними вимірювати швидкість снаряда для кожної

гармати як при підготовці установок для стрільби, так і в процесі стрільби на поразку, сприяють значному підвищенню точності повної підготовки і, як результат, - підвищенню ефективності вогневого ураження противника.

Запропонований у статті метод обліку розігрівання ствола при інтенсивній стрільбі дозволить ліквідувати зміщення центра групування розривів снарядів від цілі, що значно підвищує ефективність вогню при стрільбі на поразку.

Як показує оцінка запропонованих методів і засобів проведення балістичної підготовки, вона сприяє значному підвищенню ефективності вогневого ураження ($\Delta M, \Delta P$) і становить 20-25%, що є підставою для розроблення перспективної багатоканальної балістичної станції нового покоління, спряженої з ЕОМ, яка вимірює швидкість снаряду в точці затухання нутаційних коливань.

На озброєнні така балістична станція повинна бути в кожній артилерійській батареї.

SUMMARY

THE PERSPECTIVE METHODS AND MEANS OF BALLISTIC PREPARATION OF FIRING

M.M. Lyapa, V.I. Makeyev, V.M. Petrenko
Sumy State University

The article deals with the ways of increasing the accuracy of artillery firing due to the increasing of the accuracy of ballistic preparation. On the basis of mathematics model of the areal movement of the mines, the factors which have not been taken into account in preparation of the artillery guns, have been found. Methods and means for their registration are suggested.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила стрільби і управління вогнем артилерії(група, дивізіон, батарея, взвод, гармата). – Київ: Видавництво «Варта», 1995. -304 с.
2. Пособие по изучению Правил стрельбы и управления огнем артиллерии. -М.: Военное издательство, 1985. – Часть I. – 360 с.
3. Равдин И.Ф.Внешняя баллистика. – Л.:ВВА, 1956. -291 с.
4. Равдин И.Ф.Внешняя баллистика неуправляемых ракет и снарядов. - МО СССР, 1973. - 184 с.
5. Теория стрельбы наземной артиллерии. – Л.: ВАА, 1966. -521 с.
6. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии. Учебник.- МО СССР, 1976.- 345 с.
7. Стрельба наземной артиллерии. Учебник. Кн. 1.– Москва, 1969. – 341 с.
8. Временные таблицы для определения отклонения начальной скорости снарядов от табличного значения с применением артиллерийской баллистической станции АВС-1. - М.: МО СССР, 1977. - 20 с.
9. Можливі засоби обліку впливу нутаційних коливань на дальність польоту снаряду: Військовий вісник. – М.: Воєніздат., 1987. - 20 с.
10. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения. - М.: Воениздат., 1979.- 93 с.
11. Монченко Н.М. Инженерный расчетный метод определения аэродинамических характеристик снарядов ствольной артиллерии: Научный сборник. – М.: НИИ-3, 1982. - 34 с.
12. Макеев В.И. Совершенствование методов и средств баллистической подготовки активно-реактивных снарядов и мин: Дисс. – Л.: ВАА, 1983. -237 с.
13. Макеев В.И. Баллистическая подготовка стрельбы: Учебное пособие. – Сумы: Изд-во ВАКУ, 1986. - 105 с.

Ляпа М.М., канд. тех. наук, доцент, СумДУ,
м. Суми;

Макеев В.И., канд. тех. наук, доцент, СумДУ,
м. Суми;

Петренко В.М., доцент, СумДУ, м. Суми

Надійшла до редакції 29 жовтня 2007 р.