

УДК 629.072.19 (075.8)

Володимир Іванович Грабчак
Борис Олексійович Попков
В'ячеслав Віталійович Прокопенко

ОБЛІК МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ТА БАЛІСТИЧНИХ УМОВ СТРІЛЬБИ ПРИ НОРМАЛІЗАЦІЇ ПОЧАТКОВОЇ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ СНАРЯДА

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Одним із головних питань визначення установок стрільби артилерії, є балістична підготовка, основним завданням якої є визначення сумарного відхилення початкової швидкості польоту снарядів ($\Delta V_{0\text{сум}}$) [1, 2]. Найбільш точним способом визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ від її табличного значення є відстріл партії зарядів за допомогою балістичної станції (БС) [1, 2].

Проведений аналіз точності існуючих методів визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ від її табличного значення за допомогою БС, яка стоїть на озброєнні в Сухопутних військах ЗС України (АБС-1м), показує, що при визначенні $\Delta V_{0\text{сум}}$, не враховуються умови вильоту снаряда із каналу ствола, які визначають характер нутаційних коливань снаряда на траєкторії [3, 4]. Стрільба ж у реальних умовах із гармат з середньою або зі значною виробкою каналу ствола буде супроводжуватися значними початковими збуреннями, які приведуть до збільшення кутів нутації на траєкторії, що суттєво вплине на швидкість польоту снаряда і відповідно на зміну дальності їх польоту через зміну величини аеродинамічної сили (сили лобового опору, підйімальної сили, а також сили Магнуса) і призводить до помилок, граничні значення яких складають 2-2,5 % дальності стрільби, а під час стрільби з гармат із середньою виробкою каналу ствола – 0,8 %, що не відповідає вимогам точності повної підготовки [5].

Перспективним напрямком в розвитку методів і засобів балістичної підготовки є розробка перспективних БС, які дозволяють визначити $\Delta V_{0\text{сум}}$ із врахуванням впливу нутаційних коливань на дальність стрільби під час вимірювання швидкості снаряда у точці їх стабілізації на відстані до 2500 м від точки вильоту снаряда з каналу ствола під час стрільби з гармат

зі значною виробкою каналу ствола або розігріву ствола у гармат із середньою виробкою каналу ствола [4, 5]. Помилки визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ залежать від:

від:

інструментальної помилки БС (серединна помилка вимірювання);

розкиду початкових швидкостей від пострілу до пострілу внаслідок неоднорідності зарядів і снарядів (серединна помилка розсіювання снарядів);

помилки методу приведення вимірної швидкості снаряда до дульного зрізу (серединна помилка методу приведення);

помилки приведення вимірної швидкості снаряда до табличних умов (серединна помилка нормалізації $E_{\delta V_{0H}}$).

Важливим завданням отримання значення дульної поправки є питання дослідження помилок нормалізації вимірюваної швидкості польоту снаряда. На сьогоднішній день для отримання значення дульної поправки в швидкості за рахунок нормалізації вимірної швидкості польоту снаряда, яка використовується в АБС-1м враховуються тільки значення відхилення початкової швидкості польоту снаряда в залежності від відхилення температури заряду та маси снаряда, решта метеорологічних та балістичних умов стрільби (тиск атмосфери, відхилення температури повітря, зміна швидкості вітру, відхилення балістичного коефіцієнта) не враховуються, що на відстанях до 2500 м від точки вильоту снаряда з каналу ствола гармати, призводить до значних помилок у визначенні початкової швидкості польоту снаряда, що значно знижує точність визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$ та може застосовуватися тільки при вимірюванні швидкості снаряда на ділянці 100-150 м від дульного зрізу ствола гармати [6].

Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Метою статті є оцінка величини та впливу балістичних і метеорологічних поправок на

початкову швидкість польоту снаряда за рахунок її нормалізації. Розрахунок значень поправок відхилення початкової швидкості польоту снаряда через відхилення тиску атмосфери, температури повітря, швидкості вітру, балістичного коефіцієнта від їх табличних значень для 152-мм СГ 2С3М на відстанях до 2500 м.

Для врахування впливу відхилень метеорологічних і балістичних умов стрільби від табличних необхідно враховувати та вводити поправки у швидкість, які дозволять нормалізувати виміряну швидкість, тобто привести їх до табличних умов стрільби артилерії. Загальна поправка в швидкість буде мати наступний вигляд [1]

$$\Delta V_{0MB} = \Delta V_{0h_0} + \Delta V_{0\tau_0} + \Delta V_{0w_x} + \Delta V_{0q} + \Delta V_{0q_c} + \Delta V_{0T_3}, \quad (1)$$

де ΔV_{0h_0} , $\Delta V_{0\tau_0}$, ΔV_{0w_x} , ΔV_{0q} , ΔV_{0q_c} , ΔV_{0T_3} – відхилення початкової швидкості снаряда відповідно через відхилення тиску атмосфери на 1 мм. рт. ст., температури повітря на 1°С, швидкості вітру на 1 м/с, ваги снаряду, балістичного коефіцієнта, температури заряду від їх табличних значень.

Поправки у швидкість ΔV_{α_i} на відхилення і-ої умови стрільби від табличного значення можуть визначатися методом різниці за допомогою системи диференціальних рівнянь, що описують просторовий рух снаряда [7].

Поправка в швидкості за рахунок нормалізації початкової швидкості снаряда, яка використовується в АБС-1м визначається за залежністю

$$\Delta V_{0H}' = \frac{\partial V}{\partial h_0} M_{\Delta h_0} + \frac{\partial V}{\partial T} M_{\Delta T} + \frac{\partial V}{\partial w_x} M_{w_x} + \frac{\partial V}{\partial q_c} M_{\Delta q} + \Delta V_{0T_3} + \Delta V_{0q}, \quad (2)$$

де $M_{\Delta h_0}$, $M_{\Delta T}$, M_{w_x} , $M_{\Delta q}$ – математичне очікування α_i фактора, визначається відповідно [1];

$$\Delta V_{0T_3} = I_{T_3} \cdot V_{0T} \cdot \Delta T_3, \quad (3)$$

де I_q , I_{T_3} – поправочні коефіцієнти, внутрішньої балістики, які пов'язують відхилення початкової швидкості польоту снаряда з відхиленням температури заряду та маси снаряда;

$$\Delta V_{0q} = -I_q \cdot V_{0T} \cdot 0,66 \cdot \Delta q / 100, \quad (4)$$

де Δq – відхилення ваги снаряда у в/зн.

Таким чином, поправка в швидкості за рахунок нормалізації початкової швидкості польоту снаряда, яка використовується в АБС-1м (2) враховує тільки відхилення швидкості снаряда в залежності від відхилення температури заряду ΔV_{0T_3} та ваги снаряда ΔV_{0q} , відповідно зміна тиску атмосфери, температури повітря, швидкості вітру, балістичного коефіцієнта приймається рівним їх математичним очікуванням –

$M_{\Delta h_0}$, $M_{\Delta T}$, M_{w_x} , $M_{\Delta q}$, тобто не враховує їх відхилення від реальних значень.

Поправка у швидкості за рахунок нормалізації початкової швидкості снаряда на відстанях до 2500 м від зрізу ствола гармати визначається за залежністю

$$\Delta V_{0H}'' = \frac{\partial V}{\partial h_0} \Delta h_0 + \frac{\partial V}{\partial T} \Delta T + \frac{\partial V}{\partial w_x} w_x + \frac{\partial V}{\partial q_c} \Delta q + \Delta V_{0T_3} + \Delta V_{0q}, \quad (5)$$

де V_{0T} – табличне значення швидкості снаряда; $\Delta T_3 = T_3 - 15^\circ\text{C}$ – відхилення температури заряду від табличної; T_3 – температура заряду в °С виміряна термометром ТБ-15; Δh_0 – відхилення тиску атмосфери на 1 мм. рт. ст.; Δt – відхилення температури повітря на 1°С; w_x – швидкість вітру на 1 м/с; $\frac{\partial V}{\partial h_0}$, $\frac{\partial V}{\partial T}$, $\frac{\partial V}{\partial w_x}$, $\frac{\partial V}{\partial q_c}$ – поправочні коефіцієнти вимірювання швидкості польоту снаряда при зміні тиску атмосфери на 1 мм. рт. ст., температура повітря на 1°С, швидкість вітру на 1 м/с, балістичного коефіцієнта на 1 в/зн.

Результати розрахунків поправок ΔV_{0h_0} , $\Delta V_{0\tau_0}$, ΔV_{0w_x} , ΔV_{0q_c} за рахунок нормалізації початкової швидкості для 152-мм СГ 2С3М, снаряд ОФ-540Ж, наведені на рис. 1-4.

З приведених даних видно, що на відстанях 1000-2500 м, польоту снарядів ОФ-540Ж, величина поправок за рахунок нормалізації початкової швидкості має значення:

додатне:
 $\Delta V_{0q_c} - 2,5 \div 11,5$ м/с, $\Delta V_{0\tau_0} - 1,5 \div 6$ м/с,
 $\Delta V_{0h_0} - 0,2 \div 2$ м/с, $\Delta V_{0w_x} - 0,5 \div 4$ м/с, відповідно,
 якщо q_c , T , w_x – збільшуються, а h_0 – зменшується;
 від'ємне:
 $\Delta V_{0q_c} - 2,5 \div 3,5$ м/с, $\Delta V_{0\tau_0} - 1,3 \div 6$ м/с,
 $\Delta V_{0h_0} - 0,2 \div 2$ м/с, $\Delta V_{0w_x} - 0,5 \div 5$ м/с, відповідно,
 якщо q_c , T , w_x – зменшуються, а h_0 – збільшується.

Оцінка точності нормалізації початкової швидкості польоту снаряда. Серединна помилка нормалізації при вимірюванні швидкості снаряда за допомогою АБС-1 визначається за залежністю

$$E'_{\delta \Delta V_{0H}} = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial h_0} E_{\Delta h_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial T} E_{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial w_x} E_{w_x}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial q_c} E_{\Delta q}\right)^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial T_3} E_{\delta T_3}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial q} E_{\delta \Delta q}\right)^2} \times \frac{100}{V_0}, \text{ в } \% V_0, \quad (6)$$

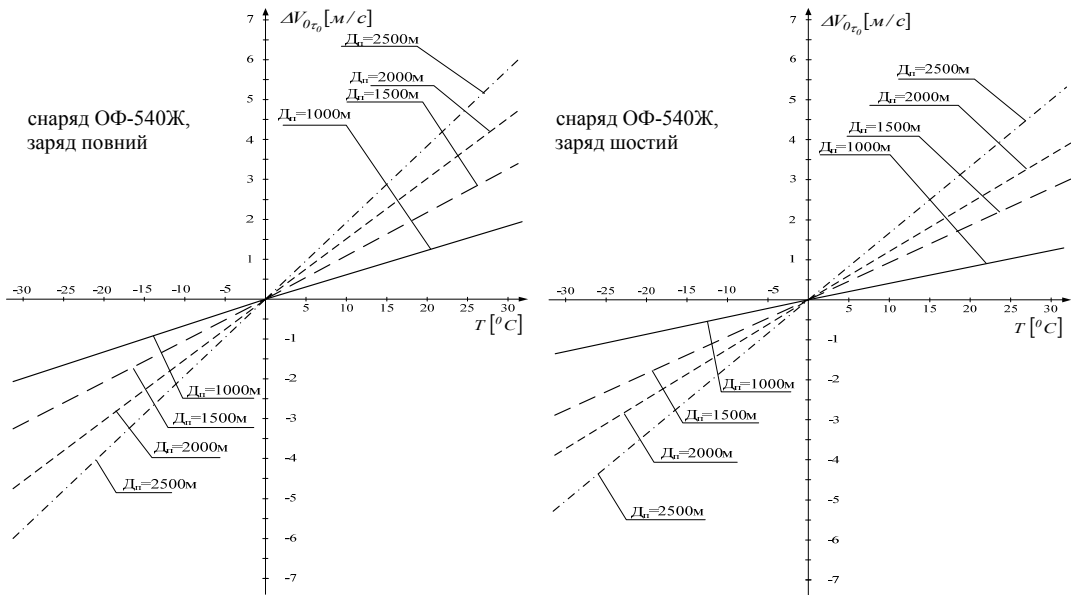


Рис. 1. Величина $\Delta V_{0_{t_0}}$ нормалізації початкової швидкості 152-мм СГ 2С3М

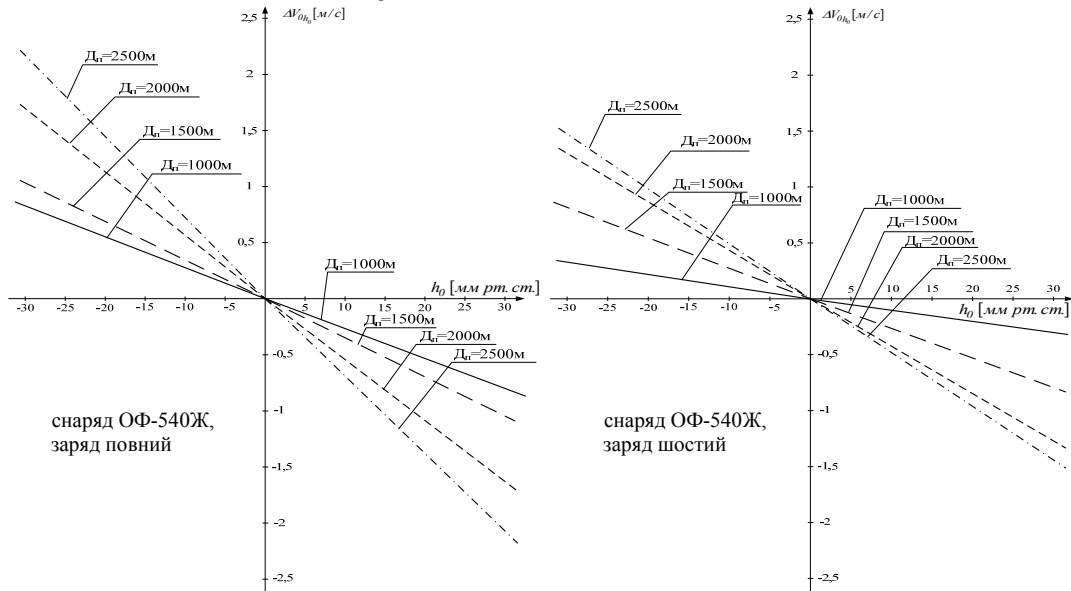


Рис. 2. Величина $\Delta V_{0_{h_0}}$ нормалізації початкової швидкості 152-мм СГ 2С3М

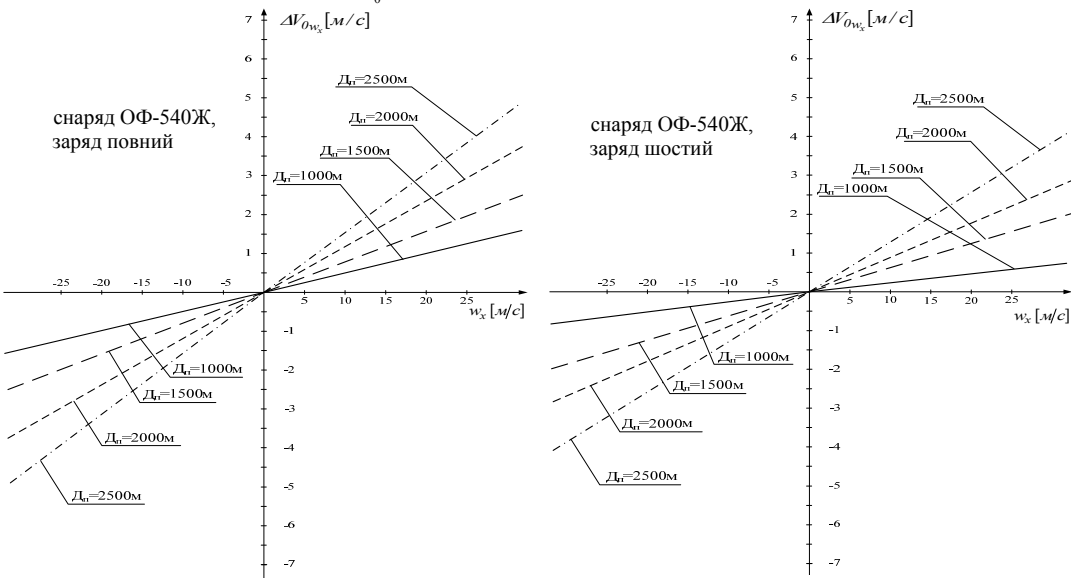


Рис. 3. Величина $\Delta V_{0_{w_x}}$ нормалізації початкової швидкості 152-мм СГ 2С3М

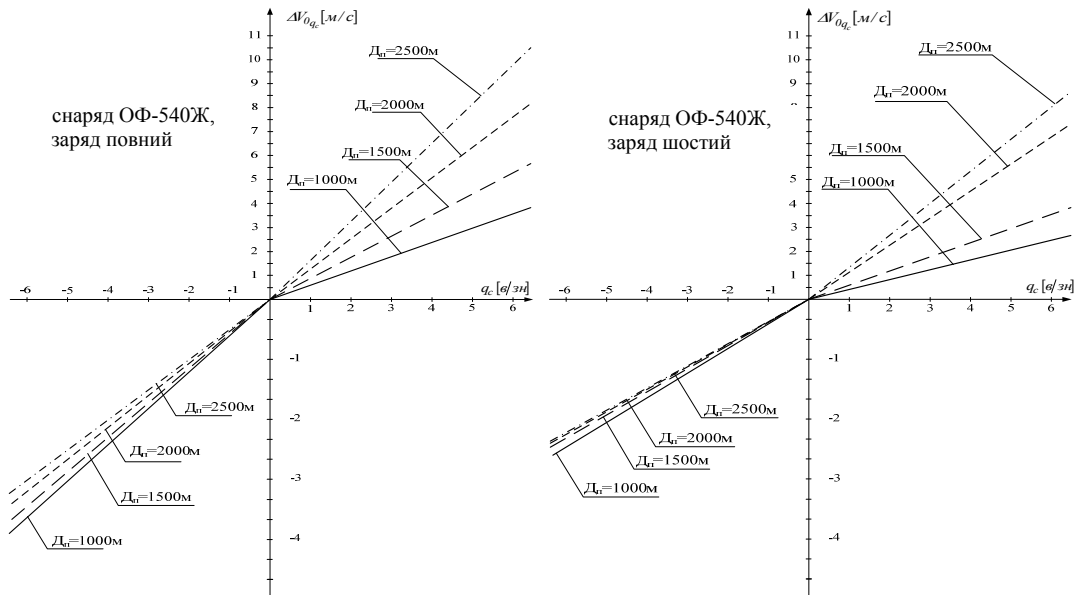


Рис. 4. Величина $\Delta V_{0qс}$ нормалізації початкової швидкості 152-мм СГ 2С3М

середня помилка метода нормалізації за умови додаткового врахування відхилення тиску атмосфери, температури повітря, швидкості вітру, балістичного коефіцієнта від їх табличних значень знайдеться з

$$E_{\delta\Delta V_{0H}}'' = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial h_0} E_{\delta\Delta h_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \tau} E_{\delta\Delta \tau}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial w_x} E_{\delta w_x}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial q_c} E_{\delta\Delta q_c}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial T_3} E_{\delta T_3}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial q} E_{\delta\Delta q}\right)^2} + \frac{100}{V_0}, \text{ в } \% V_0, \quad (7)$$

де $\frac{\partial V}{\partial h_0}$, $\frac{\partial V}{\partial \tau}$, $\frac{\partial V}{\partial w_x}$, $\frac{\partial V}{\partial q_c}$, $\frac{\partial V}{\partial T_3}$, $\frac{\partial V}{\partial q}$ –

поправочні коефіцієнти вимірювання швидкості польоту снаряда при зміні тиску атмосфери на 1 мм. рт. ст., температури повітря на 1°С, швидкості вітру на 1 м/с, балістичного коефіцієнта на 1 в/зп, температури заряду від табличної, ваги снаряда, у в/зп; $E_{\delta\Delta h_0}$, $E_{\delta\Delta \tau}$, $E_{\delta w_x}$, $E_{\delta\Delta q_c}$ – серединні помилки, що характеризують відхилення швидкості польоту снаряда, температури повітря, швидкості вітру, балістичного коефіцієнта, температури заряду від табличної, ваги снаряда та визначаються відповідно до [1]; $E_{\delta\Delta h_0}$, $E_{\delta\Delta \tau}$, $E_{\delta\Delta q_c}$, $E_{\delta w_x}$, $E_{\delta T_3}$ – серединні помилки, що характеризують точність визначення відхилення швидкості снаряда, температури повітря, швидкості вітру, балістичного коефіцієнта, температури заряду від табличної, ваги снаряда [1].

Результати розрахунків серединної помилки нормалізації вимірюваної швидкості існуючим підходом, який враховує тільки відхилення початкової швидкості польоту снаряда в залежності від відхилення температури заряду та маси снаряда, відповідно зміна тиску атмосфери,

температури повітря, швидкості вітру, балістичного коефіцієнта приймається рівним їх математичним очікуванням, тобто не враховує їх відхилення від значень, наведених в таблицях стрільби (6), та підходом, який враховує всі вище зазначені балістичні і метеорологічні фактори (7) для 152-мм СГ 2С3М снаряд ОФ-540Ж, надані на рис. 5.

З наведених графіків видно, що при стрільбі з 152-мм СГ 2С3М серединні помилки нормалізації за (6), на відстанях 1800 – 2500 м, складають 0,67-0,95 % V_0 , за (7) – 0,19-0,22 % V_0 для повного заряду та відповідно 0,60-0,91 % V_0 і 0,16-0,17% V_0 для шостого.

Висновки

Під час вимірювання швидкості польоту снаряда, дослідження сучасного підходу щодо її нормалізації показало, що він не повною мірою враховує вплив відхилень початкової швидкості польоту снаряда через відхилення тиску атмосфери, відхилення температури повітря, зміну швидкості вітру, відхилення балістичного коефіцієнта, що призводить до значних помилок у визначенні початкової швидкості польоту снаряда, що знижує точність визначення $\Delta V_{0сум}$ та може застосовуватися тільки при вимірюванні швидкості польоту снаряда на ділянці 100-150 м від дульного зрізу ствола гармати.

Для підвищення точності приведення початкової швидкості польоту снаряда до табличних умов стрільби запропоновано враховувати метеорологічні та балістичні умови польоту снаряда на ділянці вимірювання швидкості до 2500 м.

Проведений розрахунок величин поправок відхилення початкової швидкості польоту снаряда відповідно через відхилення тиску атмосфери,

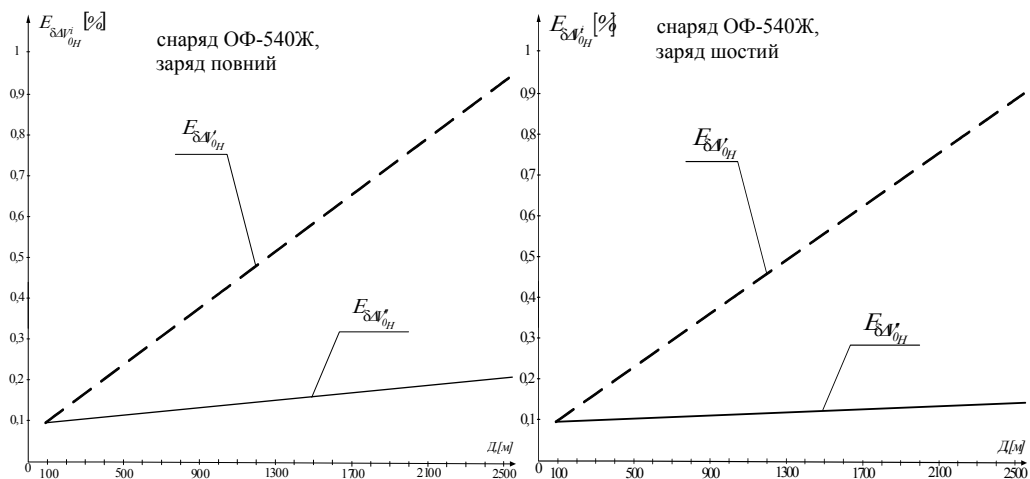


Рис. 5. Серединна помилка нормалізації початкової швидкості польоту снаряда

температури повітря, швидкості вітру, балістичного коефіцієнта, температури заряду від їх табличних значень за рахунок нормалізації показує, що зі збільшенням дальності вимірювання початкової швидкості польоту снаряда величини поправок суттєво змінюються та мають як додатні, так і від'ємні значення, неврахування яких значно впливає на відхилення початкової швидкості польоту снаряда.

Результати розрахунків середньої помилки нормалізації вимірюваної швидкості польоту снаряда, показали, що при стрільбі на відстанях до 2500 м, помилка не перевищує значення $0,2\% V_0$, в той же час серединна помилка нормалізації, яка використовується в АБС-1м, досягає значень $0,96\% V_0$, що суттєво впливає на точність визначення $\Delta V_{0\text{сум}}$.

Література

1. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии [Под ред. Круковского А.С.] – М.: Министерство обороны СССР, 1976. – 345 с.
 2. Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии [Под ред. Волобуева В.И.] – М.: Воениздат, 1987. – 376 с.
 3. Артиллерийская баллистическая станция АБС-1м (индекс 1Б23М) // Техническое описание БГ1.430.000ТО. – 1982. – 60 с.
 4. Макеєв В.І. Балістична підготовка стрільби, методи і засоби її удосконалення / В.І. Макеєв, М.М. Ляпа, В.М. Петренко, В.Є. Житник. – Суми: СумДУ, 2008. – 160 с.
 5. Макеєв В.І. Дослідження впливу нутаційних коливань

снарядів (мін) на дальність їх польоту / В.І. Макеєв, В.І. Грабчак, В.В. Прокопенко, І.Ю. Кучерявенко. – Військово-технічний збірник. – Львів: ЛІСВ. – 2010. – Вип. 3. – С. 59-65.
 6. Макеєв В.І. Дослідження методів приведення та нормалізації вимірюваної швидкості польоту снарядів / В.І. Макеєв, В.І. Грабчак, В.В. Прокопенко. – Збірник наукових праць Академії військово-морських сил імені П.С. Нахімова. – Севастополь: АВМС імені Нахімова. – 2010. – Вип. 1(1). – С.18 – 25.
 7. Дмитриевский А.А. Внешняя баллистика / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лисенко. – М.: Машиностроение, 2005. – 607 с.

В статье проведена оценка величины и влияния баллистических и метеорологических поправок на начальную скорость полета снаряда за счет ее нормализации на точность стрельбы 152-мм СГ 2С3М. Проведен расчет величины поправок отклонения начальной скорости полета снаряда через отклонения давления атмосферы, температуры воздуха, скорости ветра, баллистического коэффициента от их табличных значений. Приведены результаты расчетов средней ошибки нормализации начальной скорости полета снаряда на дальностях до 2500 м от дульного среза ствола орудия.

Ключевые слова: нормализация начальной скорости снаряда, баллистические и метеорологические поправки, средняя ошибка нормализации.

The article presents evaluation of value and influence of ballistic and meteorological corrections on missile muzzle velocity by means of its normalization of firing accuracy of 152mm self-propelled howitzer 2С3М. Calculation of deviations of missile muzzle velocity corrections value due to deviations of atmospheric pressure, air temperature, speed of wind, ballistic coefficient from its tabular values has been done. Results of calculations of probable error of normalization of missile muzzle velocity on ranges of 2500 m from cannon muzzle end have been given.

Key words: normalization of missile muzzle velocity, ballistic and meteorological corrections, probable error of normalization.