

УДК 623.44

О. І. Біленко

ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО РОЗКИДУ ДУЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ МЕТАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КІНЕТИЧНОЇ ЗБРОЇ

Висвітлено особливості формування вимог до дульної швидкості металюного елемента кінетичної зброї несмертельної дії та бойової зброї з обмеженою відстанню убивчої дії. Розроблено метод формування вимог до розкиду дульних швидкостей металюних елементів такої зброї, що враховує мінімально та максимально допустимі значення швидкості зустрічі металюного елемента з ціллю та динаміку спаду його швидкості.

К л ю ч о в і с л о в а: кінетична зброя, дульна швидкість, балістичний коефіцієнт.

Постановка проблеми та аналіз публікацій. Дульна швидкість V_0 металюного елемента (МЕ) є основною балістичною характеристикою кінетичної зброї [1], що визначає такі її бойові властивості, як пробивна, зупиняюча, убивча та бічна дії, дальності прямого пострілу та дійсного вогню, гранична дальність польоту МЕ. Зброя з більшою дульною швидкістю має більші значення вказаних характеристик, тому для бойової зброї максимізація V_0 є актуальним завданням. Проте підвищення дульної швидкості не завжди корисне. Під час застосування бойової зброї у населених пунктах або приміщеннях надмірна дульна швидкість і залежна від неї кінетична енергія можуть спричинити поранення сторонніх осіб чи стрільця внаслідок рикошету або невиправдано великі матеріальні збитки [2]. Для кінетичної зброї несмертельної дії (КЗНД) та бойової зброї з обмеженою відстанню убивчої дії (БЗОВ) надмірна швидкість МЕ може спричинити смертельне ураження цілі, що з урахуванням мети застосування зброї, не є припустимим. Отже, виникає необхідність не максимального збільшення дульної швидкості МЕ, а визначення та забезпечення її конкретного значення або діапазону значень, що задовольнятимуть умовам вогневого завдання [3].

Під час формування вимог до дульної швидкості МЕ регламентації підлягають номінальне значення швидкості та розкид її значень [2]. Номінальне значення швидкості МЕ визначає номінальні значення вказаних вище тактико-технічних характеристик зброї, а розкид значень дульної швидкості впливає на розкид цих характеристик та впливає на влучність стрільби через розсіювання висоти траєкторій.

Для бойової зброї достатня дія МЕ на ціль та відповідні відстані забезпечуються використанням підвищувальних коефіцієнтів, тобто простим перевищенням розрахункового значення дульної швидкості [4; 5].

Проблема неоднорідності дульних швидкостей МЕ для бойової зброї розглядається через призму забезпечення купчастості та влучності стрільби. При цьому (внаслідок існуючого запасу дульної швидкості) деяке відхилення математичного очікування V_0 від розрахункового значення $V_{0\text{ розр}}$ у бік збільшення або зменшення вважається допустимим.

У разі стрільби з артилерійських систем, особливо на великі відстані, відхилення дульної швидкості від номінального значення враховують за допомогою поправкових коефіцієнтів [6; 7]. У випадку застосування автоматичної стрілецької зброї розкид швидкостей МЕ на влучність стрільби суттєво не впливає через відносно невеликі відстані стрільби, настільність траєкторії та суттєвий вплив на влучність стрільби інших чинників (коливання ствола, віддача зброї тощо). Для снайперської зброї підвищення купчастості та влучності стрільби досягають звуженням допусків на виготовлення елементів патронів [8].

Для КЗНД та БЗОВ такі підходи не є прийнятними [3]. Про відсутність методів та методик формування вимог до розкиду дульних швидкостей МЕ такої зброї опосередковано свідчить факт невідповідності тактико-технічних характеристик існуючих зразків КЗНД вимогам практики [9] та відсутність на озброєнні БЗОВ.

Отже, розробка науково-методичного апарату формування вимог до розкиду дульних швидкостей МЕ для КЗНД та БЗОВ є актуальним завданням.

Мета статті – розроблення методу формування вимог до розкиду дульних швидкостей МЕ кінетичної зброї.

Виклад основного матеріалу. У випадках застосування КЗНД та БЗОД відхилення дульної швидкості МЕ $\Delta V_\delta = |V_\delta - V_{\delta \text{ розр}}|$ може бути причиною надмірної або недостатньої його дії на ціль, яка визначається залежними від швидкості МЕ величинами кінетичної E_k та питомої $E_{\text{пнт}}$ енергій [10]. За умов забезпечення заданої дії МЕ на ціль ΔV_δ впливатиме на величину діапазону відстані, у якому вимоги до цієї дії виконуються.

Вплив відхилення ΔV_δ на діапазон ΔX припустимих відстаней застосування рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П ілюструє **рис. 1**. На рисунку суцільною лінією зображена залежність швидкості зустрічі МЕ з ціллю V_c від дальності до цілі X_c , яка відповідає номінальному (розрахунковому) значенню дульної швидкості МЕ, а пунктирними лініями – залежності $V_c(X_c)$ для дульних швидкостей, що відрізняються від номінального значення на 2 % у більший та менший бік. Напівжирними лініями зображені ділянки відстаней, на яких енергетичні характеристики МЕ знаходяться у допустимих межах ($65 \leq E_k \leq 80$ Дж, $E_{\text{пнт}} \leq 0,5$ Дж/мм² [10]). З рисунку видно, що за незначних відхилень V_δ від $V_{\delta \text{ розр}}$ величина діапазону припустимих відстаней застосування зброї практично не змінюється, а межі діапазону зсуваються у бік зменшення або збільшення відстаней. Проте під час застосування зброї заздалегідь не відомі напрямок та величина відхилення ΔV_δ , тому допустимим можна вважати лише діапазон відстаней $\Delta X'$, який для даного випадку на 35 % менше величини ΔX . За умов відхилення V_δ від $V_{\delta \text{ розр}}$ на величину ± 5 %, яка для бойової зброї вважається гранично допустимою, діапазон $\Delta X'$ для нашого випадку практично зникає.

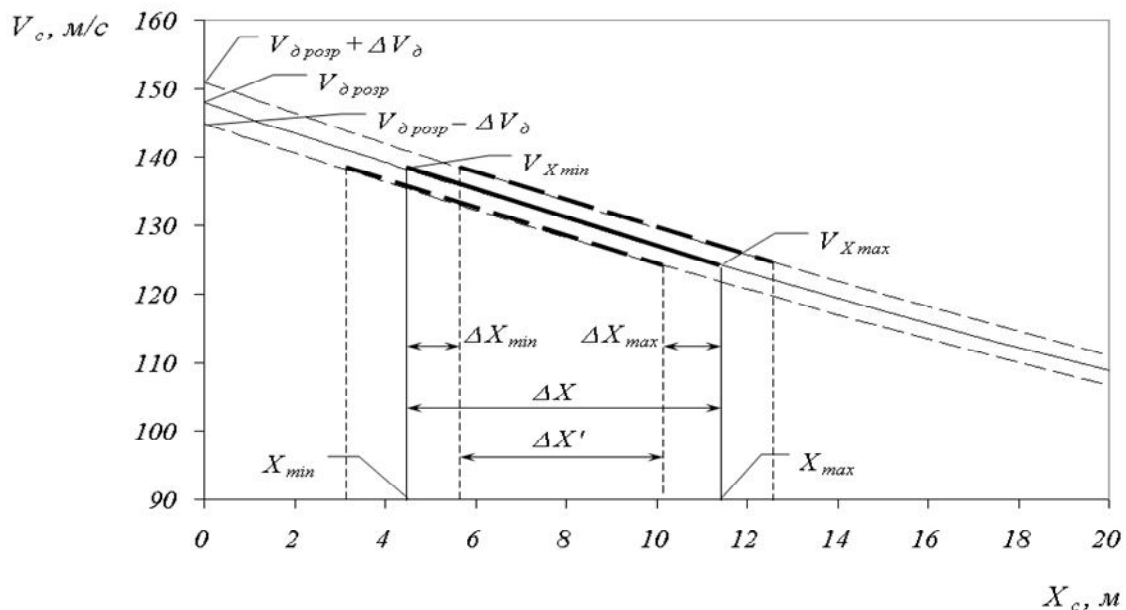


Рис. 1. Вплив ΔV_δ на діапазон ΔX для рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П

Отже, під час формування вимог до розкиду значень дульної швидкості МЕ КЗНД та БЗОД треба враховувати вплив цього фактора не стільки на купчастість стрільби, скільки на величину діапазону допустимих відстаней застосування зброї ΔX .

Очевидно, що значення X_{min} та X_{max} (рис. 1) залежать від величини V_δ та динаміки спадання швидкості МЕ, тобто похідних швидкості від координати в точках $V_{X \text{ min}}$ та $V_{X \text{ max}}$. За достатньо малих значень X_{min} та X_{max} відповідні відхилення від X_{min} та X_{max} у більший та менший бік можна вважати рівними. При цьому $X_{\text{min}} \neq X_{\text{max}}$ через можливу суттєву різницю похідних dV/dX на відстанях X_{min} та X_{max} , що властиве для МЕ з великими значеннями балістичного коефіцієнта.

Швидкість МЕ у довільній точці траєкторії можна розрахувати за формулою [11]:

$$V_X = V_\delta \cdot e^{-kCX}, \quad (1)$$

звідки

$$X = \frac{1}{k \cdot C} \ln \frac{V_{\partial}}{V_X} \quad (2)$$

На основі формули (2) отримано вирази:

$$\Delta X = \frac{1}{k \cdot C} \left(\ln \frac{V_{\partial \text{ розр}}}{V_{X_{\max}}} - \ln \frac{V_{\partial \text{ розр}}}{V_{X_{\min}}} \right), \quad (3)$$

$$\Delta X_{\min} = \frac{1}{k \cdot C} \left(\ln \frac{V_{\partial \text{ розр}} + \Delta V_{\partial}}{V_{X_{\min}}} - \ln \frac{V_{\partial \text{ розр}}}{V_{X_{\min}}} \right), \quad (4)$$

$$\Delta X_{\max} = \frac{1}{k \cdot C} \left(\ln \frac{V_{\partial \text{ розр}}}{V_{X_{\max}}} - \ln \frac{V_{\partial \text{ розр}} - \Delta V_{\partial}}{V_{X_{\max}}} \right). \quad (5)$$

З рис. 1 видно, що $\Delta X' = \Delta X - (\Delta X_{\min} + \Delta X_{\max})$, отже, з урахуванням виразів (3–5) маємо:

$$\Delta X' = \frac{1}{k \cdot C} \left(\ln \frac{V_{\partial \text{ розр}} - \Delta V_{\partial}}{V_{X_{\max}}} - \ln \frac{V_{\partial \text{ розр}} + \Delta V_{\partial}}{V_{X_{\min}}} \right). \quad (6)$$

На рис. 2 наведено залежність величини діапазону відстаней $\Delta X'$, в якому забезпечуються потрібні значення енергетичних характеристик МЕ, від величини ΔV .



Рис. 2. Залежність $\Delta X'(\Delta V)$ для рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П

Отримана залежність дозволяє формулювати вимоги до граничного відхилення дульних швидкостей МЕ від розрахункового значення.

Наприклад, для $\Delta X' = 5$ м граничне відхилення дульної швидкості від номінального значення не повинне перевищувати 2 м/с.

Для бойової зброї з обмеженою відстанню убивчої дії під діапазоном $\Delta X'$ треба розуміти відстань між точками траєкторії $X_{\min} - \Delta X_{\min}$ та $X_{\min} + \Delta X_{\min}$, тобто $\Delta X' = 2\Delta X_{\min}$. У цьому випадку вираз (6) матиме вигляд:

$$\Delta X' = \frac{1}{k \cdot C} \left(\ln \frac{V_{\partial \text{ розр}} + \Delta V_{\partial}}{V_{X_{\min}}} - \ln \frac{V_{\partial \text{ розр}} - \Delta V_{\partial}}{V_{X_{\min}}} \right). \quad (7)$$

Для формування вимог до розкиду дульних швидкостей МЕ кінетичної зброї необхідно отримати обернену залежність $\Delta V(\Delta X')$.

З (1) виходить:

$$V_{\partial} = V_X \cdot e^{kCX}, \quad (8)$$

звідки

$$V_{\partial \text{ розр}} + \Delta V_{\partial} = V_{X_{\min}} \cdot e^{kC(X_{\min} + \Delta X_{\min})}, \quad (9)$$

$$V_{\partial \text{ розр}} - \Delta V_{\partial} = V_{X_{\max}} \cdot e^{kC(X_{\max} - \Delta X_{\max})}. \quad (10)$$

З формул (9) та (10) отримаємо:

$$\Delta V_{\partial} = \frac{V_{X_{\min}} \cdot e^{kC(X_{\min} + \Delta X_{\min})} - V_{X_{\max}} \cdot e^{kC(X_{\max} - \Delta X_{\max})}}{2}. \quad (11)$$

У формулу (11) входять ΔX_{\min} та ΔX_{\max} , значення яких не відомі, тому виразимо їх через інші величини. Припустимо, що $\Delta X_{\min} = \Delta X_{\max} = 0,5(\Delta X - \Delta X')$. Тоді з формули (11) отримаємо:

$$\Delta V_{\partial} = \frac{V_{X_{\min}} \cdot e^{kC[X_{\min} + 0,5(\Delta X - \Delta X')]} - V_{X_{\max}} \cdot e^{kC[X_{\max} - 0,5(\Delta X - \Delta X')]}}{2}. \quad (12)$$

Співвідношення (12) дозволяє отримати залежність $\Delta V(\Delta X')$ (рис. 3) та формувати вимоги до розкиду дульних швидкостей металевих елементів КЗНД.

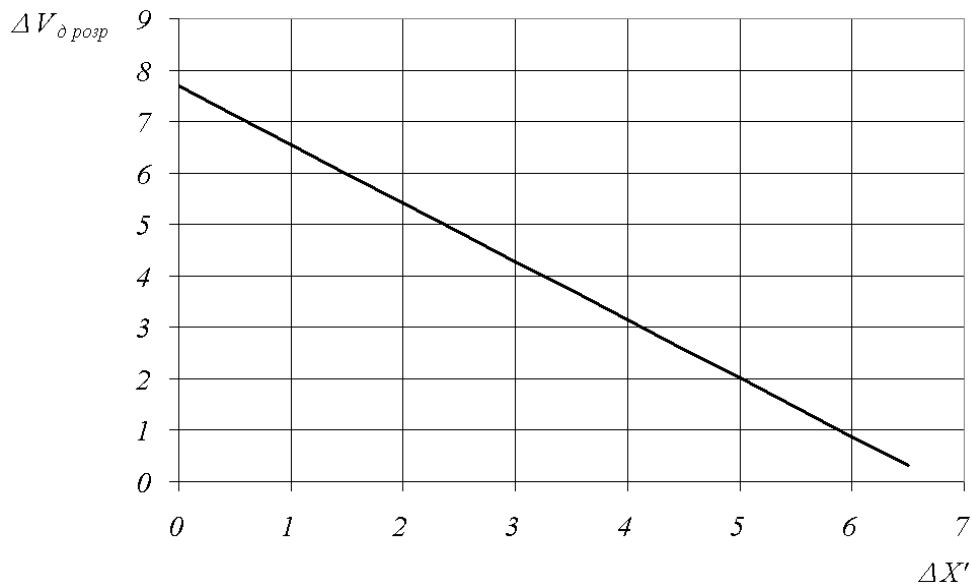


Рис. 3. Залежність $\Delta V(\Delta X')$ для рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П

Для БЗОВ розрахункове співвідношення матиме вигляд формули (13), а вхідною величиною, що регламентується, замість $\Delta X'$ буде ΔX_{\min} :

$$\Delta V_{\partial} = V_{X_{\min}} \cdot e^{kC(X_{\min} + \Delta X_{\min})} - V_{\partial \text{ розр}}. \quad (13)$$

Зауважимо, що припущення про рівність ΔX_{\min} та ΔX_{\max} впливає на точність розрахунку значень $V_{\text{д розр}} + \Delta V_{\text{д}}$ та $V_{\text{д розр}} - \Delta V_{\text{д}}$, а саме збільшує їх на приблизно однакову величину. Враховуючи, що шуканою величиною є $\Delta V_{\text{д}}$ та аналізуючи спосіб її отримання (11, 12), можна зробити висновок про зневажливо малий вплив вказаного припущення на величину $\Delta V_{\text{д}}$. Для випадку, що розглядається (див. рис. 1), відносна похибка визначення $\Delta V_{\text{д}}$ для КЗНД (12) не перевищує 0,03 %. Для БЗОД (13) відносна похибка дещо більша – до 0,34 %.

Висновки

1. Для формулювання вимог до розкиду дульних швидкостей металевих елементів КЗНД та БЗОД неприйнятні методи, що застосовуються під час розв'язування аналогічної задачі для бойової зброї, отже, існує необхідність у розробленні спеціальних методів.

2. Під час формування вимог до розкиду значень дульних швидкостей металевих елементів КЗНД та БЗОД необхідно враховувати вплив цього фактора на величину діапазону допустимих відстаней застосування зброї.

3. Розроблено метод формування вимог до розкиду дульних швидкостей металевих елементів КЗНД та БЗОД, який враховує мінімально та максимально допустимі значення швидкості зустрічі МЕ з цілью та динаміку спадання його швидкості.

4. Напрямок подальшого дослідження є розроблення методу формування вимог до номінального значення дульної швидкості металевих елементів КЗНД та БЗОД.

Список використаних джерел

1. Проектирование ракетных и ствольных систем [Текст] / Б. В. Орлов, Ю. И. Топчеев, В. Ф. Устинов и др. – М. : Машиностроение, 1974. – 828 с.
2. Біленко, О. І. Тактико-технічні характеристики стрілецької зброї для сил охорони правопорядку, які підлягають регламентації [Текст] / О. І. Біленко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 2/10 (62). – С. 28 – 32.
3. Біленко, О. І. Розробка тактико-технічних вимог до кінетичної зброї несмертельної дії [Текст] / О. І. Біленко, В. В. Пащенко // Збірник наукових праць ХУПС. – Х. : ХУПС, 2012. – Вип. 1 (30). – С. 2 – 5.
4. Кирилов, В. М. Основания устройства и проектирования стрелкового оружия [Текст] / В. М. Кирилов. – Пенза : ПВАНУ, 1963. – 343 с.
5. Чуев, Ю. В. Проектирование ствольных комплексов [Текст] / Ю. В. Чуев. – М. : Машиностроение, 1976. – 216 с.
6. Дмитриевский, А. А. Внешняя баллистика [Текст] / А. А. Дмитриевский. – М. : Машиностроение, 1972. – 584 с.
7. Логвин, А. М. Стрельба артиллерии и внешняя баллистика [Текст] / А. М. Логвин, В. Г. Александров. – Пенза : ПВАИУ, 1977. – 254 с.
8. Біленко, О. І. Вплив параметрів заряджання на початкову швидкість кулі [Текст] / О. І. Біленко, В. В. Афанасьєв // Вестник национального технического университета "ХПИ". – Х. : НТУ "ХПИ", 2007. – № 11. – С. 33–37.
9. Біленко, О. І. Зброя несмертельної дії для військових формувань та правоохоронних органів / О. І. Біленко, В. В. Пащенко // Збірник наукових праць НАПСУ. – Хмельницький : НАПСУ, 2010. – № 54. – С. 47–50.
10. Біленко, О. І. Розробка тактико-технічних вимог до кінетичної зброї несмертельної дії [Текст] / О. І. Біленко, В. В. Пащенко // Збірник наукових праць ХУПС. – Х. : ХУПС, 2012. – Вип. 1 (30). – С. 2–5.
11. Вентцель, Д. А. Внешняя баллистика [Текст] / Д. А. Вентцель, Я. М. Шапиро. – М. : Оборонгиз, 1939. – ч. 2. : Внешняя баллистика. – 264 с.

Стаття надійшла до редакції 17.05.2013 р.