

УДК 623.44

О. І. Біленко

РЕГЛАМЕНТАЦІЯ РОЗКИДУ ЗНАЧЕНЬ БАЛІСТИЧНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПОРАЖАЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ КІНЕТИЧНОЇ ЗБРОЇ ДЛЯ СИЛ БЕЗПЕКИ

У статті розроблено метод формування вимог до розкиду значень балістичного коефіцієнта поражаючого елемента кінетичної зброї, який дозволяє визначати гранично допустимі відхилення балістичного коефіцієнта від номінального значення за умов, що відповідні діапазони допустимих відстаней застосування зброї будуть не менше заданих, а діапазони невизначеності – не більше заданих величин.

К л ю ч о в і с л о в а: кінетична зброя, балістичний коефіцієнт, сили безпеки, не смертельна дія, поражаючий елемент.

Аналіз публікацій та постановка проблеми. Для забезпечення заданої дії по цілі поражаючий елемент (ПЕ) кінетичної зброї повинен мати задану швидкість зустрічі з ціллю V_c . Від значення V_c залежать кінетична E_k та питома E_{num} енергії ПЕ, які визначають зупиняючу, убивчу, пробивну та інші дії на ціль.

Зброя, ПЕ якої має більшу швидкість зустрічі з ціллю, має більші значення вказаних характеристик, тому для бойової зброї максимізація V_c є актуальним завданням. Але підвищення швидкості зустрічі ПЕ з ціллю є корисним не завжди. Під час застосування бойової зброї у населених пунктах або замкнутих приміщеннях надмірне значення V_c і залежних від неї кінетичної та питомої енергій може бути причиною ураження сторонніх осіб, які знаходяться за перешкодами, поранення їх чи стрільця внаслідок рикошету, також воно може спричинювати невиправдано великі матеріальні збитки. Для кінетичної зброї не смертельної дії (КЗНД) або кінетичної зброї з обмеженою відстанню дії (КЗОВД) надмірна швидкість ПЕ може спричинити смертельне ураження цілі, яке, з огляду на мету застосування зброї, не є припустимим [1, 2]. Отже, виникає необхідність не у максимальному підвищенні V_c , а у визначенні та забезпеченні її конкретного значення або діапазону значень, які задовольняють умови вогневого завдання [1]. Таким чином, забезпечення заданої швидкості зустрічі ПЕ з ціллю є актуальним завданням.

Швидкість зустрічі ПЕ з ціллю залежить від його дульної швидкості V_0 та динаміки зменшення швидкості на траєкторії. Метод формування вимог до розкиду V_0 розглянуто у статті [3]. При цьому питання неоднорідного зменшення швидкості ПЕ на траєкторії руху досліджене не достатньо.

Відомо, що динаміка зменшення швидкості ПЕ внаслідок аеродинамічного опору повітря залежить від низки факторів: маси m , діаметра d , форми та швидкості руху ПЕ, а також параметрів атмосфери. Під час розв'язування практичних задач зовнішньої балістики у більшості випадків швидкість ПЕ змінюється у невеликих межах, а його обтічність є максимально можливою і не піддається коригуванню, як і параметри атмосфери. Тому для врахування впливу характеристик ПЕ на силу аеродинамічного опору зазвичай застосовують балістичний коефіцієнт [4 – 6]:

$$C = i \cdot \frac{d^2}{m} \cdot 1000, \quad (1)$$

де i – коефіцієнт форми ПЕ.

Вплив розкиду значень балістичного коефіцієнта ПЕ КЗНД та КЗОВД на ефективність виконання вогневих завдань силами безпеки досліджено у праці [7]. Проте методи регламентації розкиду значень балістичного коефіцієнта кінетичної зброї для сил безпеки на цей час відсутні.

Мета статті – розробити метод формування вимог до розкиду значень балістичного коефіцієнта ПЕ кінетичної зброї.

Виклад основного матеріалу. Значення швидкості ПЕ у довільній точці траєкторії X може бути розраховано за формулою [8]:

$$V_X = V_0 \cdot e^{-kCX}, \quad (2)$$

де C – балістичний коефіцієнт ПЕ, m^2/kg ; V_0 – дульна швидкість ПЕ, m/s ; V_X – швидкість ПЕ на відстані X від зброї, m/s ; $k = 3,29 \cdot 10^{-4}$ – коефіцієнт, що враховує дані закону Сіаччі та атмосфери СА-81.

За допомогою (1) побудовані залежності швидкості зустрічі ПЕ з ціллю від відстані до неї $V_c(X_c)$ для КЗНД – рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П (рис. 1). На рисунку суцільною лінією позначена залежність $V_c(X_c)$, яка відповідає номінальному значенню балістичного коефіцієнта ПЕ, а пунктирними – залежності $V_c(X_c)$ для значень C , що відрізняються від номінального значення на 15 % у більший та менший бік (таке значне відхилення не може бути на практиці, воно використане для наочності). Напівжирними лініями показані ділянки значень відстаней, на яких енергетичні характеристики ПЕ знаходяться в допустимих межах ($65 \leq E_k \leq 80$ Дж, $E_{min} \leq 0,5$ Дж/мм² [9]). Значення X_{min} та X_{max} відповідають мінімальній та максимальній відстаням застосування зброї, за умови, що розкид значень балістичного коефіцієнта відсутній. На відстанях менше X_{min} ПЕ завдає смертельної дії, від X_{min} до X_{max} – несмертельної дії, а більше X_{max} – недостатньої дії на ціль. При цьому діапазон допустимих відстаней застосування зброї $\Delta X = X_{max} - X_{min}$, де $V_{X_{min}}$ та $V_{X_{max}}$ відповідно максимально та мінімально допустимі значення V_c , які впливають з допустимих значень кінетичної та питомої енергій ПЕ.

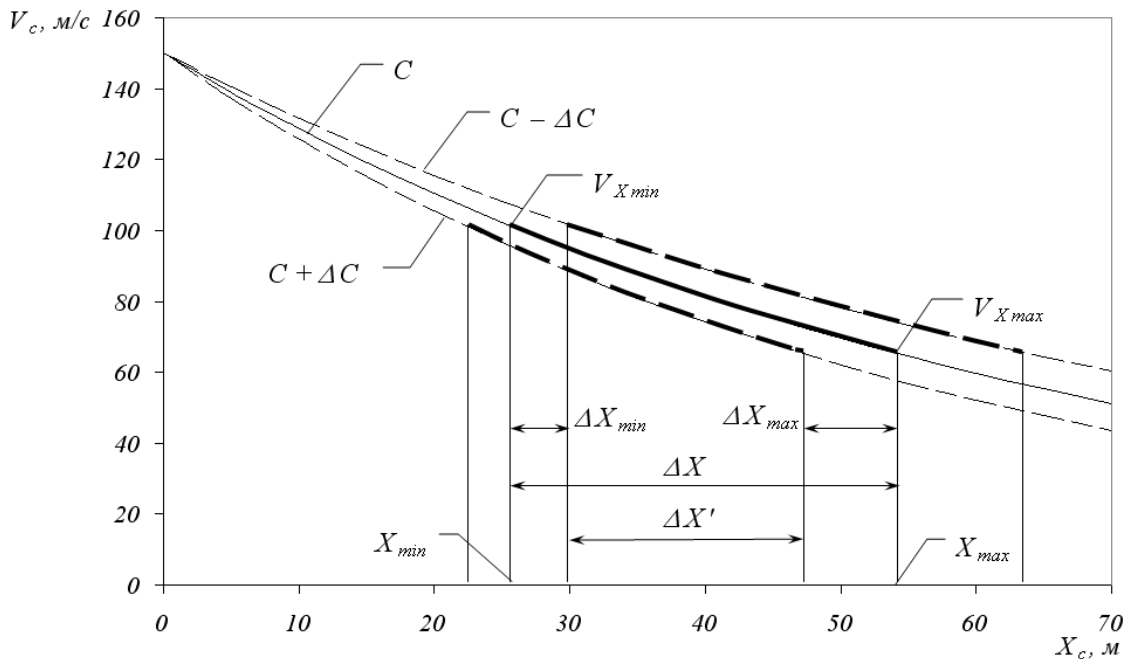


Рис. 1. Вплив ΔV_0 на діапазон ΔX для рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П

З рисунка видно, що внаслідок відхилення ΔC значень балістичного коефіцієнта від номінального значення прийнятна швидкість ПЕ гарантується лише у діапазоні відстаней $\Delta X' = \Delta X - (\Delta X_{min} + \Delta X_{max})$ – дійсному діапазоні допустимих відстаней застосування зброї.

Необхідно отримати математичний вираз, який дозволить розраховувати граничне значення ΔC , при якому величина $\Delta X'$ буде не менше заданої.

З виразу (2) маємо:

$$C = \frac{1}{k \cdot X} \ln \frac{V_0}{V_X} \quad (3)$$

На основі (3) відповідно до рис. 1 отримано вирази:

$$C + \Delta C = \frac{1}{k \cdot (X_{max} - \Delta X_{max})} \ln \frac{V_0}{V_{X_{max}}} \quad (4)$$

$$C - \Delta C = \frac{1}{k \cdot (X_{min} + \Delta X_{min})} \ln \frac{V_0}{V_{X_{min}}} \quad (5)$$

Після віднімання рівняння (5) від рівняння (4) маємо:

$$\Delta C = \frac{1}{2k} \left(\frac{\ln \frac{V_{\partial}}{V_{X_{\max}}}}{X_{\max} - \Delta X_{\max}} - \frac{\ln \frac{V_{\partial}}{V_{X_{\min}}}}{X_{\min} + \Delta X_{\min}} \right). \quad (6)$$

У вираз (6) входять ΔX_{\min} та ΔX_{\max} , значення яких невідомі, тому виразимо їх через інші величини. Зробимо припущення, що $\Delta X_{\min} = \Delta X_{\max} = 0,5(\Delta X - \Delta X')$. Обґрунтування цього наведено в статті [3]. Тоді з формули (6) матимемо:

$$\Delta C = \frac{1}{k} \left(\frac{\ln \frac{V_{\partial}}{V_{X_{\max}}}}{2X_{\max} - (\Delta X - \Delta X')} - \frac{\ln \frac{V_{\partial}}{V_{X_{\min}}}}{2X_{\min} + (\Delta X - \Delta X')} \right). \quad (7)$$

Отриманий вираз дозволяє розраховувати граничне значення ΔC , при якому величина $\Delta X'$ буде не менше заданої для зразків КЗНД.

Значення невідомих величин, що входять у вираз (7), розраховують за формулами [3, 10, 11]:

$$V_{X_{\min}} = \sqrt{\frac{2E_{k_{\min}}}{m}}, \quad (8)$$

$$V_{X_{\max}} = \sqrt{\frac{2E_{k_{\max}}}{m}}, \quad (9)$$

$$X_{\min} = \frac{1}{k \cdot C} n \frac{V_{\partial \text{ розр}}}{V_{X_{\min}}}, \quad (10)$$

$$X_{\max} = \frac{1}{k \cdot C} n \frac{V_{\partial \text{ розр}}}{V_{X_{\max}}}, \quad (11)$$

$$\Delta X = \frac{1}{k \cdot C} \left(\ln \frac{V_{\partial \text{ розр}}}{V_{X_{\max}}} - \ln \frac{V_{\partial \text{ розр}}}{V_{X_{\min}}} \right). \quad (12)$$

На рис. 2 наведено залежність $\Delta C(\Delta X')$ для рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П. З рисунка видно, що теоретичне максимальне значення діапазону допустимих відстаней застосування рушниці (при $\Delta C = 0$) складає 6,77 м.

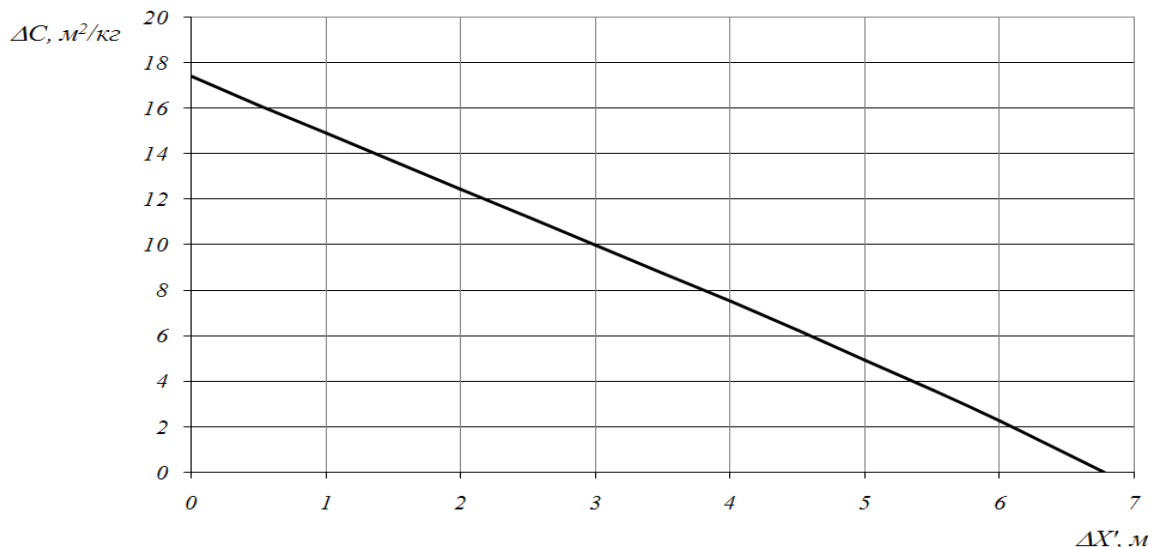


Рис. 2. Залежність $\Delta C(\Delta X')$ для рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П

Зі зростанням розкиду значень балістичного коефіцієнта величина $\Delta X'$ зменшується, а при $\Delta C = \pm 17,4 \text{ м}^2/\text{кг}$ – зникає.

Для кінетичної зброї з обмеженою відстанню убивчої дії зона надійного ураження $\Delta X'$ лежить у межах відстаней від 0 до $X_{\min} - \Delta X_{\min}$ [7], отже,

$$C + \Delta C = \frac{1}{k \cdot (X_{\min} - \Delta X_{\min})} \ln \frac{V_0}{V_{X_{\min}}} = \frac{1}{k \cdot \Delta X'} \ln \frac{V_0}{V_{X_{\min}}}, \quad (13)$$

звідки:

$$\Delta C = \frac{1}{k \cdot \Delta X'} \ln \frac{V_0}{V_{X_{\min}}} - C. \quad (14)$$

На рис. 3 наведено залежність $\Delta C(\Delta X')$ для зразка кінетичної зброї з обмеженою відстанню дії, розробленого під патрон 9×18 ПМ за таких умов: мінімально допустима кінетична енергія кулі $E_{k \min} = 40 \text{ Дж}$; дульна швидкість кулі $V_0 = 150 \text{ м/с}$; балістичний коефіцієнт кулі $C = 13,06 \text{ м}^2/\text{кг}$; маса кулі $m = 6,2 \text{ г}$. При цьому максимальне значення діапазону допустимих відстаней застосування даної КЗОВД (при $\Delta C = 0$) складає 64,7 м.

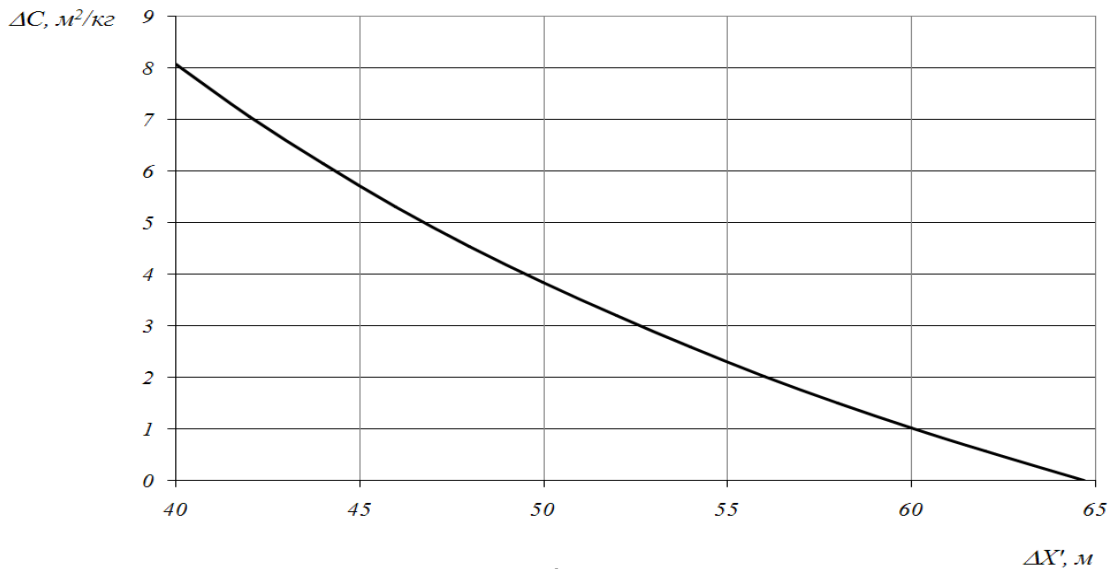


Рис. 3. Залежність $\Delta C(\Delta X')$ для КЗОВД під патрон 9×18 ПМ

Якщо, наприклад, задати прицільну дальність вказаної КЗОВД $X_{пр} = \Delta X' = 50 \text{ м}$, то максимальне відхилення балістичного коефіцієнта від номінального значення складатиме $3,84 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Важливою характеристикою для КЗОВД є діапазон відстаней, у якому дія ПЕ на ціль може бути як достатньою, так і недостатньою, – зона невизначеності $\Delta X_{нев}$. Вона знаходиться у межах від $X_{\min} - \Delta X_{\min}$ до $X_{\min} + \Delta X_{\min}$. Вираз для визначення залежності ΔC від $\Delta X_{нев}$ отримано аналогічно до формули (7):

$$\Delta C = \frac{1}{2k} \ln \frac{V_0}{V_{X_{\min}}} \left(\frac{1}{X_{\min} - 0,5\Delta X_{нев}} - \frac{1}{X_{\min} + 0,5\Delta X_{нев}} \right). \quad (15)$$

При цьому зроблено припущення, що відхилення ΔX_{\min} від X_{\min} у більший та менший бік є рівними за абсолютним значенням. Припущення можна вважати обґрунтованим: при достатньо великому для практики $\Delta C = \pm 1 \text{ м}^2/\text{кг}$ різниця між $X_{\min} - \Delta X_{\min}$ та $X_{\min} + \Delta X_{\min}$ для наведеного прикладу дорівнює 0,6 м. У результаті похибка визначення ΔC за формулою (15) не перевищує 2 %.

На рис. 4 представлено залежність $\Delta C(\Delta X_{нев})$ для зразка кінетичної зброї з обмеженою відстанню дії із наведеними вище характеристиками. З рисунка видно, що зі зростанням $\Delta X_{нев}$ вимоги до розкиду C пом'якшуються. Наприклад, для $\Delta X_{нев} = 5 \text{ м}$ $\Delta C = 0,51 \text{ м}^2/\text{кг}$, а для $\Delta X_{нев} = 10 \text{ м}$ $\Delta C = 1,02 \text{ м}^2/\text{кг}$.

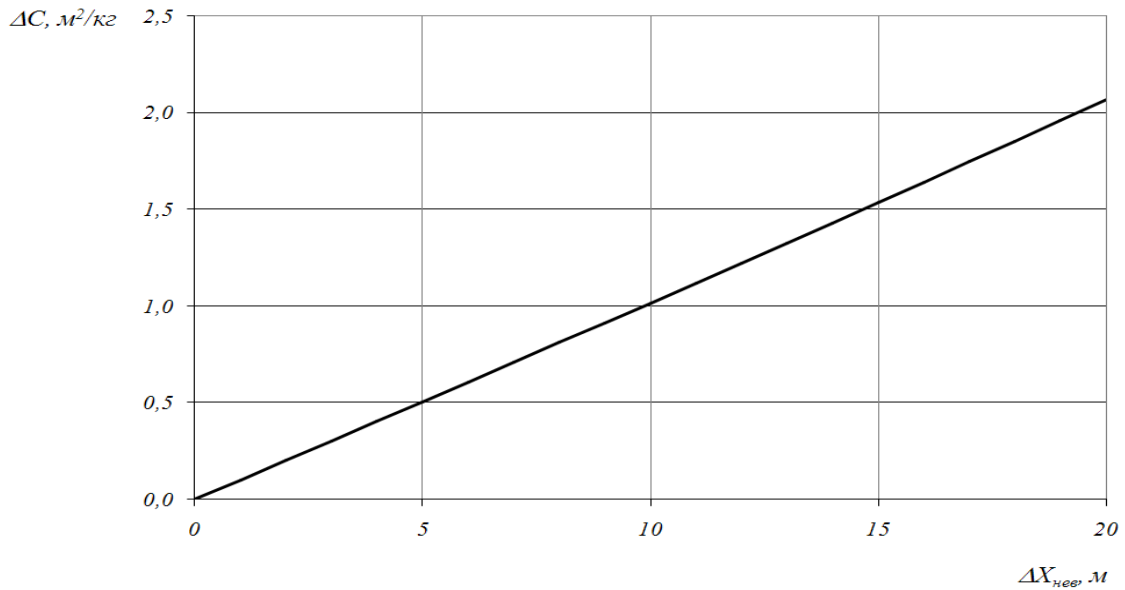


Рис. 4. Залежність $\Delta C(\Delta X_{нев})$ для КЗОВД під патрон 9×18 ПМ

Сукупність отриманих результатів складає метод, який дозволяє обґрунтовано регламентувати розкид значень балістичного коефіцієнта ПЕ кінетичної зброї для випадків КЗНД та КЗОВД (табл.).

Т а б л и ц я

Метод формування вимог до розкиду балістичного коефіцієнта поразяючого елемента кінетичної зброї

Принцип формування вимог до ΔC	Вихідні дані	Розрахункові співвідношення
1. Для КЗНД на основі заданого дійсного діапазону допустимих відстаней застосування зброї $\Delta X'$	$m,$ $C,$ $E_k \min,$ $E_k \max,$ $V_0,$ $\Delta X'$	$\Delta C = \frac{1}{k} \left(\frac{\ln \frac{V_0}{V_{X \max}}}{2X_{\max} - (\Delta X - \Delta X')} - \frac{\ln \frac{V_0}{V_{X \min}}}{2X_{\min} + (\Delta X - \Delta X')} \right)$
2. Для КЗОВД на основі заданого дійсного діапазону допустимих відстаней застосування зброї $\Delta X'$	$m,$ $C,$ $E_k \min,$ $V_0,$ $\Delta X'$	$\Delta C = \frac{1}{k \cdot \Delta X'} \ln \frac{V_0}{V_{X \min}} - C$
3. Для КЗОВД на основі заданої зони невизначеності $\Delta X_{нев}$	$m,$ $C,$ $E_k \min,$ $V_0,$ $\Delta X_{нев}$	$\Delta C = \frac{1}{2k} \ln \frac{V_0}{V_{X \min}} \left(\frac{1}{X_{\min} - 0,5\Delta X_{нев}} - \frac{1}{X_{\min} + 0,5\Delta X_{нев}} \right)$

Висновки

1. Від швидкості зустрічі ПЕ з цілью залежать його дія по цілі та ефект від стрільби. Тому забезпечення заданої швидкості зустрічі ПЕ з цілью є важливим завданням, особливо для КЗНД та КЗОВД, які застосовуються силами безпеки.

2. Швидкість зустрічі ПЕ з цілью залежить від низки факторів, зокрема від значення балістичного коефіцієнта ПЕ. Відхилення значення балістичного коефіцієнта від номінального негативно позначається на характеристиках КЗНД та КЗОВД. Разом з цим неможливо уникнути певного

розкиду значень балістичного коефіцієнта, отже, розроблення методу формування вимог до розкиду значень балістичного коефіцієнта ПЕ кінетичної зброї є актуальним завданням.

3. У статті розроблено метод формування вимог до розкиду значень балістичного коефіцієнта ПЕ кінетичної зброї, який дозволяє визначати гранично допустимі відхилення балістичного коефіцієнта від номінального значення за умов, що відповідні діапазони допустимих відстаней застосування зброї будуть не менше заданих, а діапазони невизначеності не більше заданого. Отриманий метод можна використовувати для регламентації балістичного коефіцієнта кінетичної зброї під час формування вимог до її технічних характеристик як при створенні перспективних зразків, так і при оцінюванні існуючих.

Список використаних джерел

1. 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.
2. Біленко, О. І. Шляхи підвищення безпечності застосування стрілецької зброї силами охорони правопорядку [Текст] / О. І. Біленко, О. О. Кириченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 2/3 (68). – С. 35–39.
3. Біленко, О. І. Формування вимог до розкиду дульних швидкостей металевих елементів кінетичної зброї [Текст] / О. І. Біленко // Збірник наукових праць Академії ВВ МВС України. – 2013. – Вип. 1 (21). – С. 16–20.
4. Davis, L. The Exterior Ballistics Of Rockets [Text] / L. Davis, J. W. Follin, L. Blitzer. – Princeton. : D. Van Nostrand Company, inc, 1958. – 457 p.
5. Дмитриевский, А. А. Внешняя баллистика [Текст] / А. А. Дмитриевский. – М. : Машиностроение, 1972. – 584 с.
6. Коновалов, А. А. Внешняя баллистика [Текст] / А. А. Коновалов, Ю. В. Николаев. – М. : ЦНИИ информации, 1979. – 228 с.
7. Біленко, О. І. Вплив розкиду значень балістичного коефіцієнта поразяючого елемента кінетичної зброї на ефективність виконання вогневих завдань силами безпеки [Текст] / О. І. Біленко // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 1 (37). – С. 5–11.
8. Шапиро, Я. М. Внешняя баллистика [Текст] / Я. М. Шапиро. – М. : Оборонгиз, 1946. – 408 с.
9. Біленко, О. І. Розробка тактико-технічних вимог до кінетичної зброї не смертельної дії [Текст] / О. І. Біленко, В. В. Пашенко // Збірник наукових праць ХУПС. – 2012. – Вип. 1 (30). – С. 2–5.
10. Вентцель, Д. А. Внешняя баллистика [Текст] / Д. А. Вентцель, Я. М. Шапиро. – М. : Оборонгиз, 1939. – 264 с.
11. Біленко, О. І. Метод формування вимог до балістичного коефіцієнта металевих елементів кінетичної зброї [Текст] / О. І. Біленко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 6/3 (66). – С. 46–39.

Стаття надійшла до редакції 03.11.2014 р.