

# Теоретичні основи розробки систем озброєння

УДК 623.44

О.І. Біленко

Національна академія Національної гвардії України, Харків

## ВПЛИВ РОЗКИДУ ЗНАЧЕНЬ БАЛІСТИЧНОГО КОЕФІЦІЄНТУ ПОРАЖАЮЧОГО ЕЛЕМЕНТУ КІНЕТИЧНОЇ ЗБРОЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ВОГНЕВИХ ЗАВДАНЬ СИЛАМИ БЕЗПЕКИ

*Досліджено та показано на конкретному прикладі вплив розкиду значень балістичного коефіцієнту поражаючого елемента кінетичної зброї на ефективність виконання вогневих завдань силами безпеки. Отримано залежності відхилення мінімальної (максимальної) відстані застосування та величини діапазону припустимих відстаней застосування спеціальної зброї від розкиду значень балістичного коефіцієнту поражаючого елемента.*

**Ключові слова:** кінетична зброя, балістичний коефіцієнт, сили безпеки, ефективність, вогневе завдання.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Метою застосування кінетичної зброї є здійснення заданого впливу на ціль, який виражається у зупиняючій, забійній, пробивній та інших діях. Дія поражаючого елемента (ПЕ) по ціль залежить від низки його характеристик, зокрема від кінетичної та питомої енергій, які, у свою чергу, залежать від швидкості зустрічі ПЕ з цілью  $V_c$ . У результаті природного розкиду значень параметрів, що впливають на швидкість ПЕ у певній точці траєкторії, значення  $V_c$  може відхилитися від розрахункового у менший або більший бік.

При застосуванні кінетичної зброї у бойових умовах недостатня швидкість зустрічі ПЕ з цілью призведе до не виконання вогневого завдання. Під час застосування бойової зброї у населених пунктах або замкнутих приміщеннях надмірна дульна швидкість і залежні від неї кінетична та питома енергії можуть стати причиною ураження сторонніх осіб, які знаходяться за перешкодами, поранення їх чи стрільця внаслідок рикошету або невиправдано великих матеріальних збитків [1]. 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 [2].

Швидкість зустрічі ПЕ з цілью залежить від його дульної швидкості  $V_d$  та динаміки падіння швидкості на траєкторії, яка є функцією балістичного коефіцієнту  $C$  [3 – 5]. Питання впливу розкиду дульних швидкостей на характеристики кінетичної зброї та формування вимог до розкиду  $V_d$  розгляну-

то у роботі [6]. При цьому вплив розкиду значень балістичного коефіцієнту ПЕ КЗНД та КЗОВД на ефективність виконання вогневих завдань силами безпеки досліджено не достатньо.

**Мета статті** – визначити вплив розкиду значень балістичного коефіцієнту поражаючого елемента кінетичної зброї на ефективність виконання вогневих завдань силами безпеки.

### Виклад основного матеріалу

При застосуванні КЗНД та КЗОВД відхилення балістичного коефіцієнту  $\Delta C$  спричинить відхилення швидкості зустрічі ПЕ з цілью від розрахункового значення. Внаслідок цього ПЕ може спричинити надмірну або недостатню дію по ціль, яка визначається залежними від  $V_c$  величинами кінетичної  $E_k$  та питомої  $E_{\text{пт}}$  енергій [7]. За умов забезпечення заданої дії  $ME$  по ціль  $\Delta C$  вплине на величину діапазону відстаней, у якому вимоги до цієї дії виконуються.

Рис. 1 ілюструє вплив відхилення  $\Delta C$  на діапазон  $\Delta X$  припустимих відстаней застосування рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П. На рисунку суцільною лінією позначена залежність швидкості зустрічі ПЕ з цілью  $V_c$  від дальності до цілі  $X_c$ , яка відповідає номінальному значенню балістичного коефіцієнту ПЕ, а пунктирними – залежності  $V_c(X_c)$  для значень  $C$ , що відрізняються від номінального значення на 10 % у більший та менший бік. Напівжирними лініями підняті ділянки відстаней, на яких енергетичні характеристики ПЕ знаходяться в допустимих межах ( $65 \leq E_k \leq 80$  Дж,  $E_{\text{пт}} \leq 0,5$  Дж/мм<sup>2</sup> [7]).

З рисунку видно, що при незначних  $\Delta C$  величина діапазону припустимих відстаней застосування зброї практично не змінюється, а межі діапазону

зсуваються у бік зменшення або збільшення відстаней. Але під час застосування зброї здалегідь не відомі не напрямок не величина відхилення за балістичного коефіцієнту від номінального значення, тому припустимим можна вважати лише діапазон відстаней  $\Delta X'$ , який, для даного випадку, на 29 %

менше величини  $\Delta X$ . Отже, під час формування вимог до розкиду значень балістичного коефіцієнту МЕ КЗНД та БЗОД треба враховувати вплив цього фактора не стільки на купчастість стрільби, скільки на величину діапазону припустимих відстаней застосування зброї.

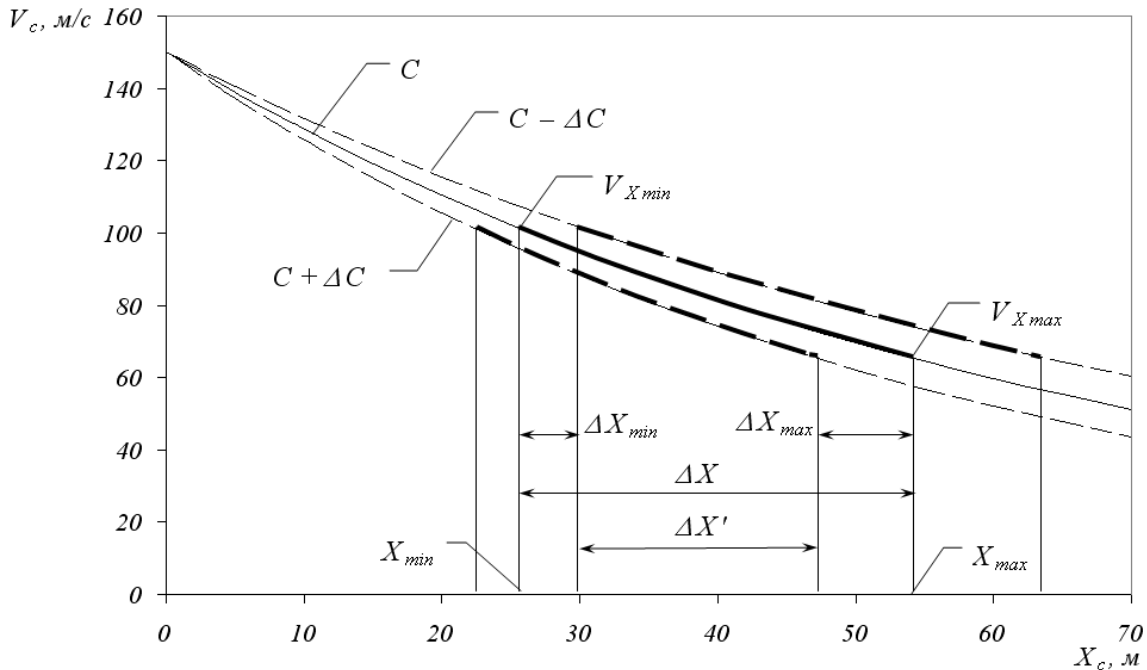


Рис. 1. Вплив  $\Delta V_d$  на діапазон  $\Delta X$  для рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П

Очевидно, що значення  $\Delta X_{min}$  та  $\Delta X_{max}$  залежать від зміни динаміки падіння швидкості МЕ, які визначаються величиною  $\Delta C$  та від похідних швидкості по координаті в точках  $V_{X_{min}}$  та  $V_{X_{max}}$ , які визначаються величиною  $C$ . Також  $\Delta X_{min}$  та  $\Delta X_{max}$  залежать від значення  $X_c$ , зі збільшенням якого вони зростають. При достатньо малих значеннях  $\Delta C$ , що має місце на практиці, відповідні відхилення від  $X_{min}$  та  $X_{max}$  у більший та менший бік можна рахувати рівними. При цьому  $\Delta X_{min} \neq \Delta X_{max}$  через можливу суттєву різницю похідних  $dV/dX$  на відстанях  $X_{min}$  та  $X_{max}$ , що властиве для МЕ з високими значеннями балістичного коефіцієнту.

Швидкість МЕ у довільній точці траєкторії можна розрахувати за формулою [8]:

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

звідки

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

На основі (2) отримано вирази:

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

$$\Delta X_{min} = \frac{1}{k} \ln \frac{V_d}{V_{X_{min}}} \left( \frac{1}{C - \Delta C} - \frac{1}{C} \right), \quad (4)$$

$$\Delta X_{max} = \frac{1}{k} \ln \frac{V_d}{V_{X_{max}}} \left( \frac{1}{C} - \frac{1}{C + \Delta C} \right). \quad (5)$$

З рис. 1 видно, що

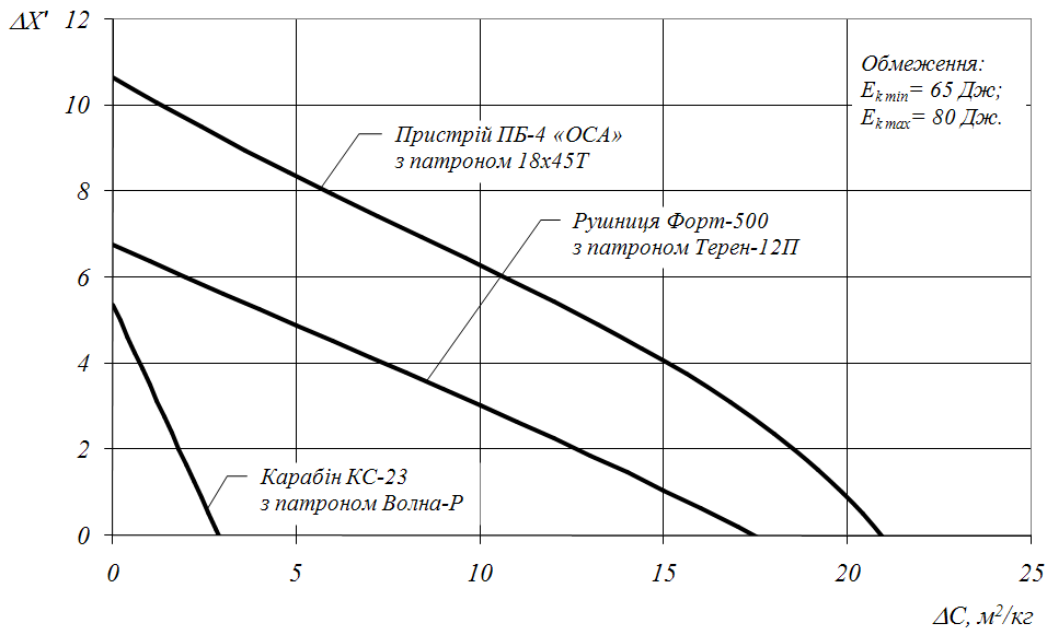
$$\Delta X' = \Delta X - (\Delta X_{min} + \Delta X_{max}),$$

отже з урахуванням (3 – 5) маємо:

$$\Delta X' = (1/k) \times \left( \frac{1}{C + \Delta C} \ln \frac{V_d}{V_{X_{max}}} - \frac{1}{C - \Delta C} \ln \frac{V_d}{V_{X_{min}}} \right). \quad (6)$$

На рис. 2 наведено залежності величини діапазону відстаней  $\Delta X'$ , в яких забезпечуються потрібні значення енергетичних характеристик ПЕ, від величини  $\Delta C$  для трьох комплексів КЗНД (табл. 1). З рисунку видно, що зі збільшенням значення  $\Delta C$  дійсний діапазон припустимих відстаней застосування зброї звужується, а при досягненні  $\Delta C$  певних значень – зникає.

З обраних зразків найбільший умовний діапазон припустимих відстаней застосування зброї ( $\Delta X$ ) має комплекс «пристрій ПБ-4 «ОСА» з патроном 18x45Т», а найменший – «карабін КС-23 з патроном Волна-Р». Це пояснюється значеннями балістичного коефіцієнту, який визначає динаміку падіння швидкості ПЕ. Поражаючий елемент патрону 18x45Т має найменше значення  $C$ , а патрон Волна-Р – найбільше з представлених (табл. 1).

Рис. 2. Залежність  $\Delta X'$  ( $\Delta C$ ) для деяких зразків кінетичної зброї не смертельної дії

Таблиця 1

Діапазони припустимих відстаней застосування деяких комплексів кінетичної зброї не смертельної дії

Найменування комплексу	$C$ , $\text{м}^2/\text{кг}$	$X_{\min}$ , м	$X_{\max}$ , м	$\Delta X$ , м
Рушниця Форт-500 з патроном Терен-12П	33,9	5,2	12,0	6,8
Пристрій ПБ-4 «ОСА» з патроном 18x45T	46,6	3,3	41,2	37,9
Карабін КС-23 з патроном Волна-Р	58,8	52,3	57,4	5,1

Швидкість скорочення довжини діапазону  $\Delta X'$  зі зростанням  $C$  найменша у комплексі «рушниця Форт-500 з патроном Терен-12П», а найбільша у комплексі «карабін КС-23 з патроном Волна-Р». Це пояснюється відстанню від зброї, на якій розташовується діапазон припустимих відстаней застосування КЗНД – чим більша ця відстань, тим більший вплив оказує розкид  $C$  на довжину  $\Delta X'$ .

Це добре видно з рис. 2: величина  $\Delta X_{\min}$  менша від величини  $\Delta X_{\max}$ , тому що розташована ближче до дульного зрізу зброї (де  $X = 0$ ), і ця різниця тим більша, чим більша відстань між точками  $X_{\min}$  та  $X_{\max}$ .

Для комплексів КЗНД, що розглядаються, діапазон припустимих відстаней рушниці Форт-500 з патроном Терен-12П є найближчим до дульного зрізу, а карабіну КС-23 з патроном Волна-Р – найдальшим (табл. 1), що відповідним чином впливає на швидкість падіння довжини діапазону  $\Delta X'$  зі зростанням  $\Delta C$ .

Враховуючи, що для КЗОВД зона надійного ураження лежить у межах відстаней від 0 до  $X_{\min} - \Delta X_{\min}$ , а зона невизначеності – від  $X_{\min} - \Delta X_{\min}$

до  $X_{\min} + \Delta X_{\min}$  (рис. 1) отримаємо вирази для їх розрахунку:

$$\Delta X' = \frac{1}{k(C + \Delta C)} \ln \frac{V_d}{V_{X_{\min}}}, \quad (7)$$

$$\Delta X_{\text{нев}} = \frac{1}{k} \ln \frac{V_d}{V_{X_{\min}}} \left( \frac{1}{C - \Delta C} - \frac{1}{C + \Delta C} \right). \quad (8)$$

На рис. 3 наведено залежності величини зони невизначеності для КЗОВД за умов: д  
ульна швидкість кулі  $V_d = 200$  м/с;  
маса кулі  $m = 6$  г;  
 $E_{k \min} = 50$  Дж.

При цьому  $V_{X_{\min}} = 110$  м.

З рисунку видно, що зі збільшенням значення балістичного коефіцієнту величина зони невизначеності скорочується.

Зважаючи на необхідність мінімізації  $\Delta X_{\text{нев}}$  для КЗОВД, можна зробити висновок, що раціональним у цьому випадку є металевий елемент з найбільшим значенням балістичного коефіцієнту (за умов забезпечення інших вимог до зброї), який відповідатиме найменшій зоні невизначеності.

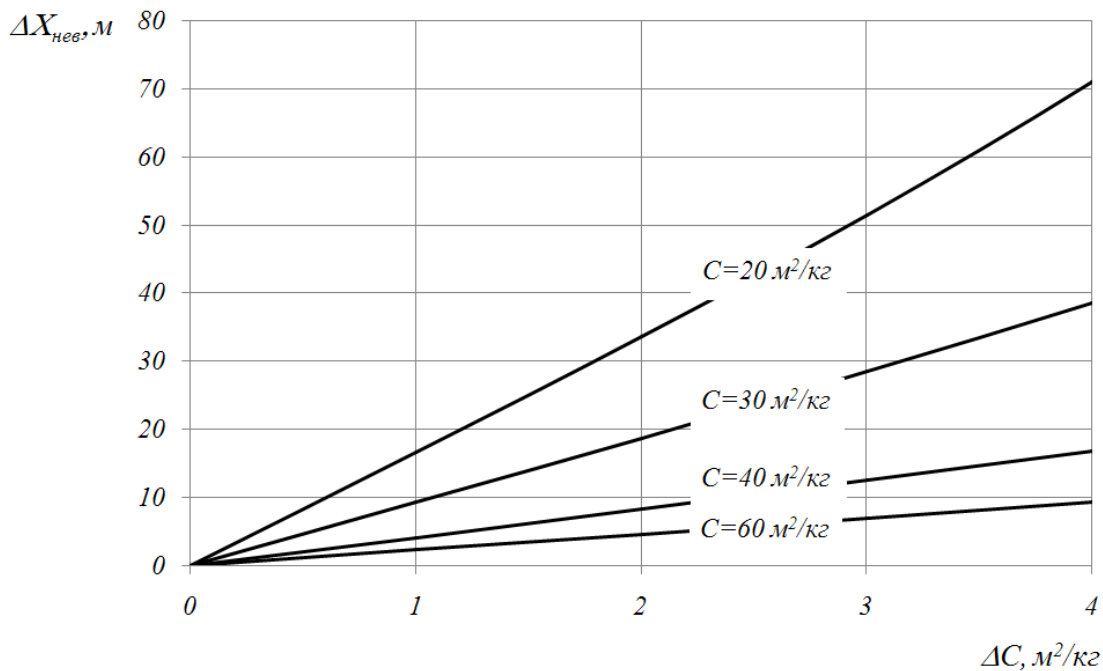


Рис. 3. Залежність  $\Delta X_{нев}$  ( $\Delta C$ ) для деяких значень балістичного коефіцієнта

Для ілюстрації впливу  $\Delta C$  на результати виконання вогневого завдання розглянемо приклад.

**Вихідні дані:**

*Завдання* – затримання особи, яка підозрюється у шахрайстві та вдалася до втечі.

*Вогневе завдання* – придушення цілі ( $65 \leq E_k \leq 80$  Дж) з мінімально припустимою ймовірністю  $W_{min} = 0,9$ .

*Умови виконання завдання:*

необхідна кількість влучень у ціль –  $V = 1$ ,

кількість здійснених пострілів –  $n = 2$ ,

сторонні особи у напрямку стрільби – відсутні.

*Зброя* – рушниця Форт-500 з патронами Терен-

12П:

ймовірність влучення у ціль  $P = 0,95$ ;

дульна швидкість ПЕ  $V_d = 150$  м/с;

балістичний коефіцієнт ПЕ

$C = 46,6$  м²/кг;

максимальне відхилення балістичного коефіціє-

нту ПЕ від номінального значення  $\Delta C = 3$  м²/кг.

**Знайти:**

ймовірність виконання вогневого завдання.

У відповідності до [9]:

$$V_{Xmin} = \sqrt{\frac{2E_{kmax}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{8,46 \cdot 10^{-3}}} = 138 \text{ м/с,}$$

$$V_{Xmax} = \sqrt{\frac{2E_{kmin}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 65}{8,46 \cdot 10^{-3}}} = 124 \text{ м/с.}$$

Дійсний діапазон припустимих відстаней застосування зброї розраховується за виразом (6):

$$\Delta X' =$$

$$= \frac{1}{k} \left( \frac{1}{C + \Delta C} \ln \frac{V_d}{V_{Xmax}} - \frac{1}{C - \Delta C} \ln \frac{V_d}{V_{Xmin}} \right) =$$

$$= \frac{1}{3,29 \cdot 10^{-4}} \left( \frac{1}{47 + 3} \ln \frac{150}{124} - \frac{1}{47 - 3} \ln \frac{150}{138} \right) =$$

$$= 5,63 \text{ м.}$$

У відповідності до [10] ймовірність виконання вогневого завдання дорівнює:

$$W_{ввз} = 1 - \left( 1 - \frac{P}{V} \right)^n - P \left( \frac{\Delta X - \Delta X'}{\Delta X} \right) =$$

$$= 1 - \left( 1 - \frac{0,95}{1} \right)^2 - 0,95 \left( \frac{6,77 - 5,63}{6,77} \right) = 0,84.$$

У відповідності до [11 – 13] ймовірності ураження цілі дорівнює:

$$W = 1 - \left( 1 - \frac{P}{V} \right)^n = 1 - \left( 1 - \frac{0,95}{1} \right)^2 = 0,99.$$

Видно, що результати розрахунку ймовірності ураження цілі відомими способами, що розроблені для бойової зброї та не враховують розкиду значень балістичного коефіцієнту є значно завищеними (на 15 %).

**Висновки**

1. Відхилення значення балістичного коефіцієнту поражаючого елемента від номінального звуужує межі діапазону припустимих відстаней застосування КЗНД та КЗОВД, а також розширює межі зони невизначеності для КЗОВД, що негативно відбивається на ефективності виконання вогневого завдання.

2. Отримані залежності відхилення мінімальної (максимальної) відстані застосування КЗНД від розкиду значень балістичного коефіцієнту поражаючого елемента (4) та (5). Вказані залежності можуть використовуватися для визначення діапазонів відстаней (у межах  $\Delta X$ ), на яких дія поражаючого елемента по цілі є недостатньою або надмірною.

3. Отримані залежності величини діапазону припустимих відстаней застосування зброї від розкиду значень балістичного коефіцієнту поражаючого елемента для КЗНД (6) та КЗОВД (7), а також величини зони невизначеності від розкиду значень балістичного коефіцієнту поражаючого елемента для КЗОВД (8), які можуть бути використані для формування вимог до точності забезпечення балістичного коефіцієнту.

Напрямок подальших досліджень є розроблення методу формування вимог до розкиду значень балістичного коефіцієнту поражаючого елемента кінетичної зброї, який дозволить визначити гранично припустимі відхилення балістичного коефіцієнту від номінального значення за умов, що відповідні діапазони припустимих відстаней застосування зброї будуть не менше заданих, а діапазони невизначеності не більш заданих.

### Список літератури

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. – X., 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. Davis L. *The Exterior Ballistics Of Rockets* [Text] / L. Davis, J.W. Follin, L Blitzer. – Princeton : D. Van Nostrand Company, inc, 1958. – 457 с.

4. Дмитриевский А.А. *Внешняя баллистика* [Текст] / А.А. Дмитриевский. – М.: Машиностроение, 1972. – 584 с.
5. Коновалов А.А. *Внешняя баллистика* [Текст] / А.А. Коновалов, Ю.В. Николаев. – М. : ЦНИИ информации, 1979. – 228 с.
6. Біленко О.І. Формування вимог до розкиду дульних швидкостей металевих елементів кінетичної зброї [Текст] / О.І. Біленко // Збірник наукових праць Академії ВВ МВС України. – X.: Академія ВВ МВС України, 2013. – вип. 1 (21). – С. 16 – 20.
7. Біленко О. І. Розробка тактико-технічних вимог до кінетичної зброї не смертельної дії [Текст] / О.І. Біленко, В.В. Пащенко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – X. : ХУПС, 2012. – Вип. 1 (30). – С. 2–5.
8. Вентцель Д.А. *Внешняя баллистика. Ч.2 Внешняя баллистика* [Текст] / Д.А. Вентцель, Я.М. Шапиро. – М. : Оборонгиз, 1939. – 264 с.
9. Біленко О.І. Метод формування вимог до балістичного коефіцієнту металевих елементів кінетичної зброї [Текст] / О.І. Біленко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 6/3 (66). – С. 46–39.
10. Біленко О.І. Показники та критерії оцінювання ефективності стрільби при виконанні специфічних завдань силами безпеки [Текст] / О.І. Біленко // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 3 (39). – С. 7–11.
11. Шерешевский М.С. *Эффективность стрельбы из автоматического оружия* [Текст] / М.С. Шерешевский, А.Н. Гонтарев, Ю.В. Минаев. – М. : ЦНИИ информации, 1979. – 328 с.
12. Червоный А.А. *Вероятностные методы оценки эффективности вооружения* [Текст] / А.А. Червоный, В.А. Шварц, А.П. Козловцев, В.А. Чобанян. – М. : Воениздат, 1979. – 95 с.
13. Чернышев В.Л. *Показатели эффективности использования вооружения* [Текст] / В.Л. Чернышев. – М. : МАИ, 2006. – 87 с.

Надійшла до редколегії 11.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О. О. Морозов, Національна академія Національної гвардії України, Харків.

### ВЛИЯНИЕ РАЗБРОСА ЗНАЧЕНИЙ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТУ ПОРАЖАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА КИНЕТИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ОГНЕВЫХ ЗАДАЧ СИЛАМИ БЕЗОПАСНОСТИ

А.И. Биленко

Исследовано и показано на конкретном примере влияние разброса значений баллистического коэффициента поражающего элемента кинетического оружия на эффективность выполнения огневых задач силами безопасности. Получены зависимости отклонения минимального (максимального) расстояния применения и величины диапазона допустимых расстояний применения специального оружия от разброса значений баллистического коэффициента поражающего элемента.

**Ключевые слова:** кинетическое оружие, баллистический коэффициент, силы безопасности, эффективность, огневая задача.

### DISPERSION INFLUENCE OF BALLISTIC COEFFICIENT SENSES OF A HIT ELEMENT OF THE KINETIC WEAPON ON THE IMPLEMENTATION EFFICIENCY OF FIRE TASKS OF SAFETY FORCES

A.I. Bilenko

Dispersion influence of ballistic coefficient senses of a hit element of the kinetic weapon on the implementation efficiency of fire tasks of safety Forces are researched and showed on a specific example. Deviation dependence of minimal (maximal) use distance and diapason size of permissible use distances of special weapon from dispersion of ballistic coefficient senses of a hit element are received.

**Keywords:** kinetic weapon, ballistic coefficient, safety Forces, efficiency, fire task.