

В.М. Тарасов<sup>1</sup>, О.О. Журавльов<sup>2</sup>, М.П. Ізюмський<sup>2</sup>, Н.В. Шигімага<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ

<sup>2</sup>Харківській національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОД АНАЛІТИЧНОЇ ОЦІНКИ РОЗМІРІВ ОБЛАСТІ РОЗСІЮВАННЯ ТОЧОК ПАДІННЯ БОЙОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІСЛЯ РОЗКРИТТЯ КАСЕТНОЇ БОЙОВОЇ ЧАСТИНИ РЕАКТИВНОГО СНАРЯДУ КРУПНОГО КАЛІБРУ

Приводяться основні положення методу аналітичної оцінки розмірів області розсіювання точок падіння бойових елементів (БЕ) після розкриття в визначеній момент часу касетної бойової частини (КБЧ) реактивного снаряду крупного калібру. Область розсіювання точок падіння БЕ апроксимується еліпсом. Наведені прості формули для оцінки значень параметрів цього еліпсу. Запропоновано дальність польоту БЕ від точки розкриття КБЧ розраховувати на основі “кубічної” теорії руху матеріальної точки в плоско паралельному гравітаційному полі з урахуванням впливу повітря. На основі наведеного методу отримана оцінка середніх розмірів площі рівномірного розсіювання точок падіння БЕ. Встановлена залежність розмірів цієї площі від дальності стрільби, що потрібно враховувати при розрахунках значень показників ефекту дії КБЧ по типовим розрахунковим об’єктам ураження.

**Ключові слова:** бойові елементи, розсіювання точок падіння, площа області розсіювання, кубічна теорія руху матеріальної точки.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Аналіз потенційних об’єктів ураження для сучасної зброї показує, що з них площадкові групові об’єкти ураження складають 75...95%. Ураження таких об’єктів найбільш раціональне за допомогою реактивних систем залпового вогню (РСЗВ), оскільки саме по групових об’єктах оптимізовані характеристики бойових машин, снарядів, мінімізовані витрати матеріальних і людських ресурсів.

На озброєнні ракетних військ і артилерії Сухопутних військ Збройних Сил України знаходяться РСЗВ крупного калібру (КК), реактивні снаряди (РС) котрих можуть бути оснащені касетними бойовими частинами (КБЧ) з осколково-фугасними бойовими елементами (БЕ) [1–3]. Норми витрат РС для ураження типових площинних об’єктів при виконанні вогневих завдань з потрібним рівнем показників ефекту були визначені ще в Радянському Союзі наприкінці 70-х років пришлого століття, проте досвід проведення антитерористичної операції та Операції об’єднання сил на сході України підтверджує [4–5], що противник уникає застосування чисельних частин і підрозділів. Бойові завдання, як правило, виконують мобільні малочисельні підрозділи та групи під прикриттям цивільної інфраструктури. Це унеможливило застосування РС РСЗВ, що мають значне розсіювання точок падіння бойових частин РС, для надання достойної відсічі противнику, особливо, в умовах урбанізованої місцевості та присутності цивільного населення.

З урахуванням можливості противника вести контрбатарейну боротьбу, неможливо концентрувати значну кількість засобів вогневого ураження для скорочення часу виконання бойового завдання [6–7].

Слід зазначити, що сучасні засоби розвідки дозволяють отримувати в коротший час достовірну детальну інформацію про наявні сили і засоби противника для прийняття рішення органами військового управління про їх ураження [8]. Тому, створились передумови для здійснення переходу від ураження цілі на площі до ураження ключових об’єктів групової цілі мінімальними витратами РС та часу [9–11].

Таким чином, актуальним є завдання перегляду та розробки методики обґрунтування норм витрати РС для виконання підрозділами РСЗВ КК вогневих завдань з урахуванням деталізованої інформації про групові об’єкти противника з метою визначення умов обґрунтованого зменшення витрат РС та часу при заданих значеннях показників ефекту ураження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Особливості застосування РСЗВ на сьогодні достатньо повно розкриті в низці наукових робіт [1–3; 7; 9; 10]. В той же час, в ході застосування військ (сил) на сході України відбуваються певні зміни, які вимагають уточнення та доповнення до теорії і практики озброєння такого типу.

Відомим дійсним шляхом вирішення завдання зменшення витрат РС та часу при виконанні підрозділами РСЗВ КК вогневого завдання є створення високоточних РС [12–13].

Існуючі методики визначення норм витрати РС ґрунтуються на обчисленні значення імовірності ураження цілі [14].

В [10] пропонується визначати площу рівномірного розсіювання БЕ по еквівалентній площі ураження моноблочної бойової частини з застосуванням номограм.

Визначення зазначених площин на основі дослідних пусків РС з КБЧ по мішенному полю з макетами типових об'єктів ураження занадто дорого.

Таким чином, в відомих публікаціях відсутній метод аналітичної оцінки розмірів області розсіювання точок падіння БЕ після розкриття КБЧ для розрахунків значень показників ефекту дії КБЧ.

**Мета статті** — дослідити вплив початкових умов розкриття КБЧ РС на величину площі рівномірного розсіювання БЕ та встановити її залежність від дальності стрільби.

### Виклад основного матеріалу

Значення імовірності ураження окремої не спостережної цілі у випадку, коли її геометричні розміри малі в порівнянні з приведеним радіусом зони ураження КБЧ РС та при рівномірному розсіюванні БЕ після розкриття КБЧ, в системі двох груп похибок розраховують по формулі [10]

$$P = \left( 1 - \exp \left[ - \frac{\rho^2 S_{РБЕ}}{\pi E_D E_H} \right] \right) \left( 1 - \exp \left[ - \frac{N_{БЕ} S_{П}}{S_{РБЕ}} \right] \right), \quad (1)$$

$$\rho^2 = 0,22747,$$

де  $S_{РБЕ}$  – зона рівномірного розсіювання БЕ;

$S_{П}$  – приведена зона ураження цілі;

$N_{БЕ}$  – кількість БЕ в КБЧ;

$E_D, E_H$  – середні похибки, що характеризують розсіювання центрів групування точок падіння БЕ по дальності та в бічному напрямку відповідно.

Перший множник формули (1) характеризує імовірність накриття цілі зоною рівномірного розсіювання БЕ. Другий – імовірність влучення БЕ в приведену зону ураження об'єкту.

Для проведення розрахунків по формулі (1) необхідно знати значення площин  $S_{РБЕ}$  та  $S_{П}$ , відомості про які відсутні.

Аналіз особливості конструкції КБЧ РС КК дозволяє зробити висновок, що рівномірність розсіювання БЕ досягається за рахунок їх послідовного відстрілу з додатковою швидкістю 30...50 м/с із 8 пускових труб, які здійснюють складний обертально-поступальний рух після розкриття КБЧ та відокремлювання від її несущої рами [15], що обумовлює розкид початкових умов руху БЕ.

При гіпотезі, що на рух БЕ не впливають атмосферні збурення, можливо стверджувати, що область розсіювання точок падіння БЕ можливо апро-

ксимувати еліпсом з полувісями  $a$  та  $b$ . Тому площа області розсіювання може бути оцінена по формулі

$$S_{РБЕ} = \pi a b. \quad (2)$$

Таким чином, необхідно визначити максимальне відхилення точок падіння БЕ від центру їх групування по дальності та в бічному напрямку.

Розглянемо метод визначення максимального відхилення по дальності точки падіння БЕ від центру еліпса розсіювання. Для цього достатньо 5 разів промоделювати рух БЕ в вертикальній площині  $XOY$  (рис. 1) при наступних початкових умовах: 1)  $Y_{0p}, \bar{V}_0$ ; 2)  $Y_{0p}, \bar{V}_0 + d\bar{V}_1$ ; 3)  $Y_{0p}, \bar{V}_0 + d\bar{V}_2$ ; 4)  $Y_{0p}, \bar{V}_0 + d\bar{V}_3$ ; 5)  $Y_{0p}, \bar{V}_0 + d\bar{V}_4$ , де  $Y_{0p}$  – висота точки розкриття КБЧ;  $\bar{V}_0$  – вектор швидкості центру мас РС в момент розкриття КБЧ;  $d\bar{V}_i, i=1,4$  – додатковий вектор швидкості, що отримав БЕ при відстрілюванні із пускової труби.

Перший набір початкових умов руху БЕ дозволить визначити дальність  $X_0$ , яка відповідає дальності центру групування точок падіння БЕ від точки розкриття КБЧ.

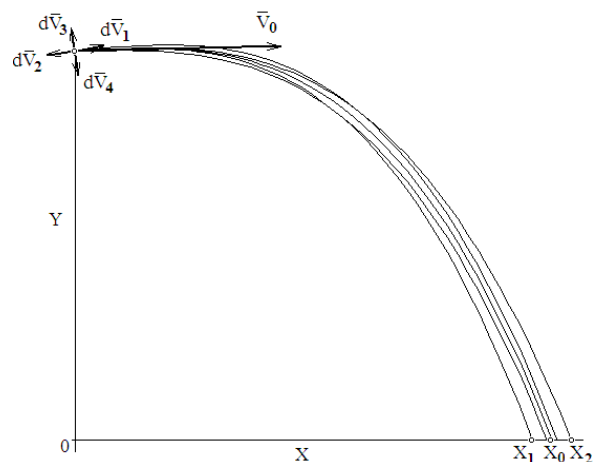


Рис. 1. Схема розрахунків дальності польоту БЕ

Другий та четвертий набори – дозволять визначити максимальну дальність  $X_2$  польоту БЕ від точки розкриття КБЧ. Третій та п'ятий набори – дозволять визначити мінімальну дальність  $X_1$  польоту БЕ від точки розкриття КБЧ. Значення піввісі  $a$  еліпсу розсіювання точок падіння БЕ може бути оцінено по формулі

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2}, \quad (3)$$

де  $a_1 = X_0 - X_1$ ,  $a_2 = X_2 - X_0$ .

Для моделювання польоту БЕ може застосовуватися метод чисельного інтегрування системи диференціальних рівнянь, що описують рух БЕ (як матеріальної точки або як твердого тіла). Однак, цей підхід потребує достатньо значного обсягу вихідних даних, що характеризують технічні характеристики БЕ, багато з яких є невідомими.

Тому, пропонується для розрахунків дальності польоту БЕ використовувати “кубічну” теорію, що на основі полінома третього ступеня описує траєкторію матеріальної точки в плоско паралельному гравітаційному полі з урахуванням атмосфери [16] та потребує мінімальних даних про технічні характеристики БЕ

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3, \quad (4)$$

де  $a_0 = Y_{0p}$ ,  $a_1 = \text{tg } \theta_0$ ,  $a_2 = -\frac{g_c}{2 V_{x0}^2}$ ,

$$a_3 = -\frac{g_c \rho_c}{3 V_{x0}^2} \frac{S}{2m} C_x, \quad V_{x0} = V_0 \cos \theta_0,$$

$$g_c = \frac{g_0 R}{(Y_{0p} + R)}, \quad g_0 = 9,81 \text{ м/с}^2,$$

$$R = 6371110 \text{ м},$$

$$\rho_c = \frac{\rho_0}{\beta} \frac{1}{Y_{0p}} \left[ \exp(-\beta Y_{0p}) - 1 \right],$$

$$\rho_0 = 1,225875 \text{ кг/м}^3, \quad \beta = 0,000141 \text{ м}^{-1},$$

де  $\theta_0$ ,  $V_0$  – кут нахилу та модуль вектору швидкості РС в момент розкриття КБЧ відповідно;  $S$  – площа Міделя БЕ;  $m$  – маса БЕ;  $\rho_c$ ,  $g_c$  – середні значення щільності повітря та прискорення сили земного тяжіння в діапазоні висот польоту БЕ відповідно.

Дальність польоту БЕ є рішенням кубічного рівняння (4) за формулою Кордано при рівнянні її правої частини до нуля:

$$x_k = X_k - \frac{a_2}{3 a_3}, \quad k = 1, 2, 3, \quad (5)$$

де  $X_1 = u_1 + u_2$ ,  $X_2 = -\frac{u_1 + u_2}{2} + \frac{u_1 - u_2}{2} i \sqrt{3}$ ,

$$X_3 = -\frac{u_1 + u_2}{2} - \frac{u_1 - u_2}{2} i \sqrt{3},$$

$$u_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D_K}}, \quad u_2 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D_K}},$$

$$D_K = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2, \quad p = \frac{1}{a_3}(a_1 - d),$$

$$q = \frac{1}{a_3} \left( a_0 + \frac{1}{3} \frac{1}{a_3} \left[ \frac{2}{3} d - a_1 a_2 \right] \right), \quad d = \frac{1}{3} \frac{a_2^2}{a_3}.$$

Найменший позитивний корінь буде відповідати дальності польоту БЕ.

Приклад розрахунків траєкторій БЕ при різних початкових умовах польоту після розкриття КБЧ наведений на рис. 2.

Розглянемо підхід до визначення найбільшого бокового відхилення точки падіння БЕ від центру групування, що буде відповідати піввісі  $b$  еліпса розсіювання точок падіння БЕ.

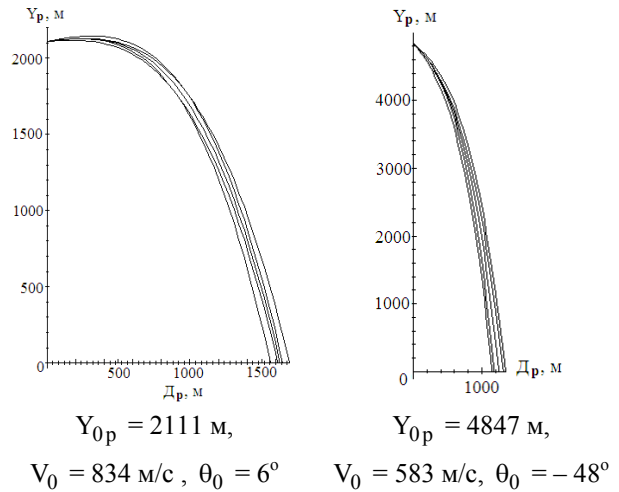


Рис. 2. Траєкторії БЕ при різних початкових умовах польоту після розкриття КБЧ

Якщо при відстрілюванні БЕ із пускової труби йому буде доданий вектор швидкості в бічному напрямку  $d\bar{V}_5$ ,  $d\bar{V}_6$ , як це показано на рис. 3, то вертикальна площа польоту такого БЕ буде розгорнута на кут  $d\Psi$  вліво (або вправо) від основної площини польоту РС.

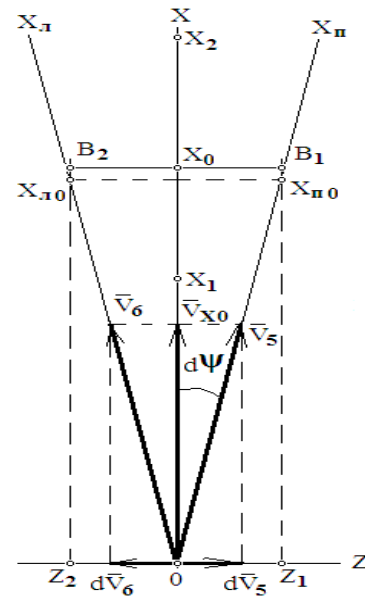


Рис. 3. Схема визначення максимального відхилення точки падіння БЕ в бічному напрямку

При цьому БЕ буде рухатися в напрямку  $OX_{\Pi}$  (або  $OX_L$ ) і падає на відстані  $X_{\Pi 0}$  ( $X_{L0}$ ) від точки розкриття КБЧ. Значення  $X_{\Pi 0}$  ( $X_{L0}$ ) знаходяться за формулами (5). Тоді, максимальне відхилення точки падіння БЕ в бічному напрямку може бути оцінено за формулою:

$$b = |X_0 B_1| = X_{\Pi 0} \sin \left( \arctg \left[ \frac{dV_5}{V_0 \cos \theta_0} \right] \right). \quad (6)$$

У результаті розрахунків отримана залежність  $S_{РБЕ}$  максимального розміру площі рівномірного розсіювання БЕ одного РС від дальності стрільби

при різних значеннях швидкості, що додається бойовими елементами при відстрілюванні із пускової труби (рис. 4).

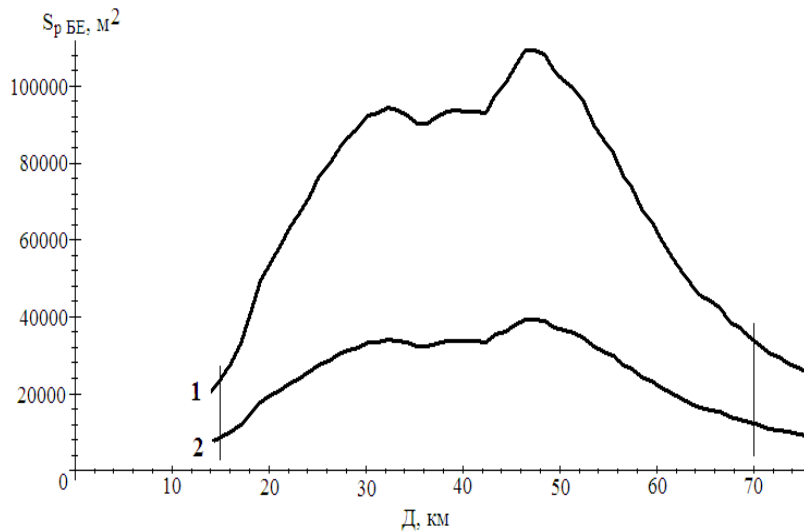


Рис. 4. Залежність  $S_{РБЕ}$  площі рівномірного розсіювання БЕ одного РС від дальності стрільби  $D$  при різних значеннях швидкості, що додається БЕ при відстрілюванні із пускової труби: 1 – 50 м/с; 2 – 30 м/с

Отримані результати дозволяють стверджувати, що розміри  $S_{РБЕ}$  зони рівномірного розсіювання точок падіння БЕ залежать від умов розкриття КБЧ: висоти точки розкриття КБЧ -  $Y_{ор}$ , модуля вектору швидкості центру мас КБЧ -  $V_0$ , кута нахилу вектора швидкості -  $\theta_0$ , а також від вектора швидкості  $d\bar{V}_i, i = \overline{1,6}$ , що буде доданий БЕ при його відстрілюванні із пускової труби при розсіюванні БЕ.

Відмітимо, що величини  $Y_{ор}, V_0, \theta_0$  залежать від дальності стрільби  $D$ , тому:

$$S_{РБЕ} = f_S [Y_{ор}(D), V_0(D), \theta_0(D)]. \quad (7)$$

Середня площа області розсіювання точок падіння БЕ при додатковій швидкості 50 м/с дорівнюється  $78\,424\text{ м}^2$ , а при 30 м/с –  $28\,223\text{ м}^2$ .

Таким чином, можливо бачити, що середня площа області розсіювання точок падіння БЕ після розкриття КБЧ одного РС дорівнює  $53\,323\text{ м}^2$ . Отримана величина близька до значень  $54\,000 \dots 56\,000\text{ м}^2$ , що наводяться в публікаціях як площа ураження КБЧ РС КК [1–2] та підтверджує адекватність запропонованого методу.

## Висновки

В ході дослідження встановлено, що величина  $S_{РБЕ}$  площі області рівномірного розсіювання БЕ залежить від умов розкриття КБЧ, орієнтації пускової труби у просторі в момент відстрілу БЕ та швид-

кості, що додається, яка може бути в діапазоні 30...50 м/с.

Величина  $S_{РБЕ}$  площі області рівномірного розсіювання БЕ змінюється в широкому діапазоні в залежності від дальності стрільби. Відношення максимального значення площі до мінімального складає близько 5. Збільшення значення площі  $S_{РБЕ}$  приводить до зменшення щільності розподілу БЕ на поверхні, та навпаки, зменшення значення площі  $S_{РБЕ}$  приводить до збільшення щільності розподілу БЕ на поверхні. Отриманий результат підтверджує відоме положення, що при збільшенні площі рівномірного розсіювання БЕ збільшується імовірність накриття цією областю елементарного об'єкту ураження, що входить до складу групової цілі. Однак, при цьому внаслідок зменшення щільності точок падіння БЕ зменшується і вірогідність потрапляння БЕ у приведену область ураження об'єкту. Це обумовлює наявність таких діапазонів дальності стрільби, де буде найбільше значення вірогідності ураження об'єкту що створює передумови для розгляду можливості зменшення витрат РС для ураження об'єктів з заданим рівнем показника ефективності. При розрахунках значення показника ефекту дії КБЧ РС КК, наприклад, за формулою (1), необхідно використовувати не середнє значення площі  $S_{РБЕ}$ , а функціональну залежність значення площі  $S_{РБЕ}$  від дальності стрільби (7).

## Список літератури

1. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних Сил Російської Федерації / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов, Д.А. Гриб, А.В. Антонов та ін.; за заг. ред. А.М. Алімпієва. – Х.: Оригінал, 2015. – 732 с.
2. Иванов С. Ракетно-артиллерийское вооружение Сухопутных войск. Оружие и технологии России. Энциклопедия XXI век / С. Иванов. – М.: Оружие и технологии, 2001. – 687 с.
3. О'Мэлли Т.Дж. Современная артиллерия: орудия, РСЗО, минометы / Т.Дж. О'Мэлли. – М.: Эксмо-Пресс, 2000. – 160 с.
4. Алімпієв А.М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами Збройних Сил України / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 19-25. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03>.
5. Аналіз ведення антитерористичної операції та наслідків вторгнення Російської Федерації в Україну у серпні-вересні 2014 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.depo.ua/rus/war/analiz-vedennya-ato-ta-naslidkiv-vtorgnennya-rosiyi-v-ukrayinu-13082015154800>.
6. Попов И.М. Война будущего: Концептуальные основы и практические выводы. Очерки стратегической мысли / И.М. Попов, М.М. Хамзатов. – М.: Кучково поле, 2016. – 832 с.
7. Інтегрована гарантоздатна система управління вогнем і навігації самохідних ракетних та артилерійських систем на колісному та гусеничному шасі / Б.О. Оліярник, К.С. Євтушенко, А.Б. Бондарук, В.В. Глебов, Б.М. Казаков, В.О. Кононенко // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2009. – №2. – С. 146-152.
8. Звиглянич С.М. Система підтримки прийняття рішень на основі використання розвідувальних відомостей / С.М. Звиглянич, В.Б. Бзот, А.В. Антонов // Системи обробки інформації. – 2016. – № 7(144). – С. 83-85.
9. Хазов В.А. Практические рекомендации артиллерийским командирам (начальникам) и штабам по выполнению огневых задач реактивным полком / В.А. Хазов, Р.В. Волошин // Журнал научных публикаций. – 2008. – № 4. – С. 250-253. Режим доступу: <http://jurnal.org/articles/2008/mil4.html>.
10. Бобриков А.А. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии: военно-теоретический труд / Бобриков А.А. и др. – СПб.: Галей Принт, 2006. – 421 с.
11. Барковский А.Ф. Теоретические основы управления ударами и огнем артиллерии / А.Ф. Барковский. – СПб.: МВАА, 2005. – 406 с.
12. Дмитриев В.О. Реактивные системы залпового огня иностранных государств / В.О. Дмитриев // Зарубежное военное обозрение. – 2004. – №7. – С. 35-39.
13. Фесенко Ю.Л. О задачах стрельбы и степенях поражения объектов при применении высокоточного оружия / Ю.Л. Фесенко, Н.И. Золотов // Военная мысль. – 2010. – № 2. – С. 58-63.
14. Запорожец В.И. Боевая эффективность средств поражения и боеприпасов / В.И. Запорожец. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т., 2006. – 159 с.
15. Кэрт Б.Э. Математическое моделирование и экспериментальная отработка систем разделения реактивных снарядов / Б.Э. Кэрт, В.И. Козлов, Н.А. Макаровец. – М.: Юрайт, 2006. – 652 с.
16. Журавлев А.А. Метод расчета прогнозируемой траектории аэробаллистического аппарата / А.А. Журавлев, С.В. Новиченко, С.В. Герасимов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – № 2(15). – С. 97-100.
17. Zhuravlov O.O. Firing artillery battery and impact point grid value analytical calculations based on series of measurements by counter artillery radar / O.O. Zhuravlov, S.V. Orlov, M.G. Ivanets, G.M. Safarova // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 4(48). – С. 103-107.

## References

1. Alimpiev, A.M., Pevtsov, G.V. and Grib, D.A. (2015), "Dovidnyk uchasyka ATO: ozbroiennia i viiskova tekhnika Zbroinykh Syl Rosiiskoi Federatsii" [Reference book of the participant of the ATO: armament and military equipment of the Armed Forces of the Russian Federation], Original, Kharkiv, 732 p.
2. Ivanov, S. (2001), "Oruzhiye i tekhnologii Rossii. Entsiklopediya. XXI vek. Tom 02. Raketno-artilleryskoye vooruzheniye sukhoputnykh voysk" [Weapons and technology of Russia. Encyclopedia. XXI Century. Volume 02. Rocket and artillery armament of ground forces], Weapons and Technologies, Moscow, 687 p.
3. O'Melli, T.D. (2000), "Sovremennaya artilleriya: orudiya. RSZO. Minomety" [Modern artillery: guns, MLRS, mortars], Eksmo-Press, Moscow, 160 p.
4. Alimpiev, A.M. and Pevtsov, H.V. (2017), "Osoblyvosti hibrydnoi viiny RF proty Ukrainy. Dosvid, shcho otrymanyi Povitrianymy Sylamy Zbroinykh Syl Ukrainy" [The features of the hybrid war of the Russian Federation against Ukraine. Experience received by the Armed Forces of the Armed Forces of Ukraine], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 19-25. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03>.
5. "Analiz vedennia antyterrorystychnoi operatsii ta naslidkiv vtorhennia Rosiiskoi Federatsii v Ukrainu u serpni-veresni 2014 roku" [Analyze the anti-terrorist operations on the invasion of the Russian Federation in Ukraine at the beginning of 2014], available at: [www.depo.ua/rus/war/analiz-vedennya-ato-ta-naslidkiv-vtorgnennya-rosiyi-v-ukrayinu-13082015154800](https://www.depo.ua/rus/war/analiz-vedennya-ato-ta-naslidkiv-vtorgnennya-rosiyi-v-ukrayinu-13082015154800).
6. Popov, I.M. and Hamzатов, M.M. (2016), "Voyna buduschego: Kontseptualnyie osnovyi i prakticheskie vyivodyi. Ocherki strategicheskoy myisli" [War of the future: Conceptual framework and practical conclusions. Strategic Cape Essays], Kuchkovo pole, Moscow, 832 p.
7. Oliiarnyk, B.O., Yevtushenko, K.S., Bondaruk, A.B., Hliebov, V.V., Kazakov, B.M. and Kononenko, V.O. (2009), "Intehrovana harantozdatna sistema upravlinnia vohnem i navihatsii samokhidnykh raketnykh ta artyleriyskykh system na kolisnomu ta husenychnomu shasi" [Integrated dependable fire control and navigation system of self-propelled rocket and artillery systems on wheeled and tracked chassis], *Intehrovani tekhnologii ta enerhozberezhennia*, No. 2, pp. 146-152.

8. Zvyhlianych, S.M., Bzot, V.B. and Antonov, A.V. (2016), "Systema pidtrymky pryiniattia rishen na osnovi vykorystannia rozviduvalnykh vidomosteï" [The decision making support system based on threats intelligence assessment], *Information Processing Systems*, No. 7(144), pp. 83-85.

9. Hazov, V.A. (2008), "Prakticheskie rekomendacii artilerijskim komandiram (nachal'nikam) i shtabam po vypolnenniï ognevnykh zadach reaktivnym polkom" [Practical recommendations to artillery commanders (chiefs) and staffs on the implementation of fire missions by a jet regiment], *Journal of Scientific Publications*, No. 4, pp. 250-253. available at: <http://jurnal.org/articles/2008/mil4.html>.

10. Bobrikov, A.A. (2006), "Ocenka ehffektivnosti ogneвого porazheniya udarami raket i ognem artilerii: voenno-teoreticheskij trud" [Evaluation of the effectiveness of fire damage by missile strikes and artillery fire: military theoretical work], Galeya Print, Sankt-Peterburg, 421 p.

11. Barkovskij, A.F. (2005), "Teoreticheskie osnovy upravleniya udarami i ognem artilerii" [Theoretical bases of control of strikes and artillery fire], MBAA, Sankt-Peterburg, 406 p.

12. Dmitriev, V.O. (2004), "Reaktivnyie sistemyi zalpovogo ognya inostrannyih gosudarstv" [Multiple launch rocket systems of foreign countries], *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, No. 7, pp. 35-39.

13. Fesenko, Yu.L. and Zolotov, N.I. (2010), "O zadachah strel'by i stepenyah porazheniya ob'ektov pri primenenii vysokotochnogo oruzhiya" [On the tasks of shooting and the degrees of destruction of objects when using high-precision weapons], *Voennaya mysl*, No. 2, pp. 58-63.

14. Zaporozhec, V.I. (2006), "Boevaya ehffektivnost' sredstv porazheniya i boepriskasov" [Combat effectiveness of weapons and ammunition], Balt. gos. tekhn. un-t, Sankt-Peterburg, 159 p.

15. Kehrt, B.E., Kozlov, V.I. and Makarovec, N.A. (2006), "Matematicheskoe modelirovanie i ehksperimental'naya otrabotka sistem razdeleniya reaktivnykh snaryadov" [Mathematical modeling and experimental testing of missile separation systems], Jurait, Moscow, 652 p.

16. Zhuravlev, A.A., Novichenko, S.V. and Gerasimov, S.V. (2014), "Metod rascheta prognoziruemoi traektorii aeroballisticheskogo apparata" [The method of calculating the predicted trajectory of the aeroballistic apparatus], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(15), pp. 97-100.

17. Zhuravlov, O.O., Orlov, S.V., Ivanets, M.G. and Safarova, G.M. (2016), Firing artillery battery and impact point grid value analytical calculations based on series of measurements by counter artillery radar, *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 4(48), pp. 103-107.

Надійшла до редколегії 26.09.2018

Схвалена до друку 5.11.2018

#### Відомості про авторів:

##### **Тарасов Віктор Миколайович**

кандидат військових наук професор  
перший заступник начальника  
Національного університету оборони  
України ім. І. Черняхівського,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-4176-2055>

##### **Журавльов Олександр Олександрович**

кандидат технічних наук доцент  
провідний науковий співробітник  
Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-8176-3039>

##### **Ізюмський Микола Павлович**

науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2752-239X>

##### **Шигімага Наталія Вікторівна**

молодший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-6326-0008>

#### Information about the authors:

##### **Viktor Tarasov**

Candidate of Military Sciences Professor  
First depchief  
of Ivan Chernyakhovsky  
National Defense University of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-4176-2055>

##### **Aleksandr Zhuravlev**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Lead Researcher  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-8176-3039>

##### **Nikolay Izumskiy**

Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2752-239X>

##### **Natalia Shigimaga**

Junior Research  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6326-0008>

**МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РАЗМЕРОВ ОБЛАСТИ РАССЕЙВАНИЯ ТОЧЕК ПАДЕНИЯ БОЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСЛЕ РАСКРЫТИЯ КАССЕТНОЙ БОЕВОЙ ЧАСТИ РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА КРУПНОГО КАЛИБРА**

В.Н. Тарасов, А.А. Журавлев, Н.П. Изюмский, Н.В. Шигимага

Приводятся основные положения метода аналитической оценки размеров области рассеивания точек падения боевых элементов (БЭ) после раскрытия в определенной момент времени кассетной боевой части (КБЧ) реактивного снаряда крупного калибра. Область рассеивания точек падения БЭ аппроксимируется эллипсом. Приведены простые формулы для оценки значений параметров этого эллипса. Предложено рассчитывать дальность полета БЭ от точки раскрытия КБЧ на основе "кубической" теории движения материальной точки в плоско параллельном гравитационном поле с учетом влияния воздуха. На основе приведенного метода получена оценка площади равномерного рассеивания точек падения БЭ. Установлена зависимость размеров этой площади от дальности стрельбы, что нужно учитывать при расчетах значений показателей эффекта действия КБЧ по типичным расчетным объектам поражения.

**Ключевые слова:** боевые элементы, рассеивание точек падения, площадь области рассеивания, кубическая теория движения материальной точки.

**A METHOD OF ANALYTICAL ESTIMATION OF BATTLE ELEMENTS FALLING POINTS DISPERSION AREA SPACE AFTER OPENING CASSETTE WARHEAD OF LARGE CALIBER ROCKET**

V. Tarasov, A. Zhuravlev, N. Izumskiy, N. Shigimaga

The article examines the possibility of reducing the required amount of large-caliber rockets with a cluster warhead equipped with combat elements to perform a typical fire mission with a given probability value. The probability of impact a small object that is part of a group target depends on the probability of its covering by the area of uniform dispersion of combat elements drop points, after opening the cluster warhead, and on the probability of the combat element hitting the reduced object damage area. For calculating probability values, the average values of these areas are usually used. The main theses of the method of analytical assessment of the combat elements drop points dispersion area space are given. It area is approximated by an ellipse. Formulas for estimating the values of this ellipse parameters (the maximum range and lateral deviations of combat elements drop points from the grouping center) are given. It was propose to calculate the flight range of a combat element in the main shooting plane based on the "cubic" theory of a material point motion in a plane-parallel gravity field, taking into account the effect of air resistance by finding the real positive root of a third-degree polynomial. The conditions the maximum range and in the lateral deviations of combat elements drop points from the grouping center occur are determined. Based on the above method, an estimation of the size of uniform dispersion area of combat elements drop points was obtained. It has been established that the dimensions of this space depend on the height of the cluster warhead opening point and the velocity vector of the center of mass of the rocket at the time of opening the cluster warhead, which in turn depend on the firing range. The graph of the dependence of combat elements dispersion area from the firing range is obtained. Given graph shows that at small and long firing ranges, the value of the combat elements dispersion area decreases compared with the average value, which leads to an increase the density of distribution of combat elements. This feature is a prerequisite for exploring the possibility of reducing required amount of rockets in future research.

**Keywords:** combat elements, dispersion of drop points, space of dispersion area, cubic theory of a material point motion.