

В.П. Греков, О.О. Журавльов, Ю.А. Ткаченко

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОД ОЦІНКИ РОЗМІРУ ПРИВЕДЕНОЇ ПЛОЩІ ОСКОЛКОВОГО УРАЖЕННЯ КАСЕТНОЇ БОЙОВОЇ ЧАСТИНИ РЕАКТИВНОГО СНАРЯДУ З ОСКОЛКОВО-ФУГАСНИМИ БОЙОВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

В статті розглянуто метод оцінки розміру приведеної площі осколкового ураження, що створюється касетною бойовою частиною реактивного снаряду з осколково-фугасними (ОФ) бойовими елементами (БЕ), що відрізняється від відомих методів тим, що додатково урахуються: залежність значення площі області групування точок падіння ОФ БЕ від дальності стрільби; залежність форми та розмірів області осколкового ураження, що створюється ОФ БЕ, від значення кута його підльоту до поверхні; висоти розміщення уразливої частини заданого елементарного об'єкту ураження відносно точки підриву ОФ БЕ, а також, висоти уразливої частини та інші фактори.

**Ключові слова:** реактивний снаряд, касетна бойова частина, осколково-фугасний бойовий елемент, вражаючий елемент, модель уразливості, убойна дальність, приведена область осколкового ураження.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Кількість реактивних снарядів (РС) реактивної системи залпового вогню (РСЗВ), що потрібні для ураження площинного (групового) об'єкту, як правило, визначається на основі завчасно визначеної “норми витрати РС на ураження одиниці площі визначеного типу цілі” з урахуванням площі позиції, що займає об'єкт ураження, ступеня його укритості, дальності стрільби та потрібного рівня збитків [1].

При стрільбі РС з касетними бойовими частинами (КБЧ), що споряджені осколково-фугасними (ОФ) бойовими елементами (БЕ), “норми витрати” визначались з урахуванням величини середньої приведеної площі осколкового ураження (ОУ) однієї КБЧ, при цьому припускалось, що після розкриття КБЧ її БЕ падають вертикально на поверхню та після його розриву утворюється круговий розліт вражаючих елементів (ВЕ). Це обумовлює максимальне значення приведеної площі ОУ. Також, при розрахунках значення приведеної площі ОУ застосовується ступінчатий круговий закон ураження [2].

Моделювання польоту БЕ з урахуванням початкових умов, що формуються після розкриття КБЧ РС, показало, що БЕ падають на поверхню не вертикально, а під деяким кутом в залежності від дальності стрільби [3].

Таким чином, зазначену особливість необхідно враховувати при розрахунках приведеної площі ОУ при оцінці ефекту дії КБЧ РС КК з ОФ БЕ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що на даний час у розрахунках приведеної площі ОУ артилерійських снарядів враховуються їх кути підльоту до поверхні. В [2] пропонується об-

ласть ОУ КБЧ з ОФ БЕ оцінювати на основі її порівняння з областю ОУ, моноблочної ОФ бойової частини, в [4] пропонується область ОУ КБЧ з ОФ БЕ оцінювати на основі номограм. Таким чином, в відомих методах [2–12] відсутнє врахування кутів підльоту ОФ БЕ до поверхні, а також, висоти розташування уразливої частини елементарного об'єкту ураження (ЕОУ) відносно потоку ВЕ та висот уразливої частини.

**Метою статті** є вдосконалення методу аналітичної оцінки розміру приведеної площі осколкового ураження, що створюється при вибуху касетної бойової частини реактивного снаряду, оснащеної осколково-фугасними бойовими елементами.

### Виклад основного матеріалу

Значення приведеної площі ОУ, що створюється при розкритті КБЧ одного РС з ОФ БЕ можливо оцінити за формулою [5]:

$$S_{КБЧ} = \varepsilon N_{БЕ} S_{OyI}(D, \eta), N_{БЕ}^{-1} < \varepsilon \leq 1, \quad (1)$$

де  $N_{БЕ}$  – кількість ОФ БЕ в КБЧ;  $\varepsilon$  – коефіцієнт, що враховує ступінь перекриття приведених областей осколкового ураження ОФ БЕ;  $S_{OyI}(D, \eta)$  – приведена площа ОУ, що створюється одним ОФ БЕ;  $D$  – дальність стрільби;  $\eta$  – вектор характеристик уразливості заданого ЕОУ.

Якщо  $\varepsilon = 1$ , то приведені області ОУ не перетинаються, при  $\varepsilon = N_{БЕ}^{-1}$  вони накладаються одна на одну – що є граничним невірогідним випадком.

Значення коефіцієнта  $\varepsilon$  можна оцінювати за формулою:

$$\varepsilon = \begin{cases} 1, & k_S \geq 1, \\ k_S, & k_S < 1, \end{cases} \quad (2)$$

де  $k_S = \frac{S_p(D)}{N_{BE} S_{ov1}(D, \eta)}$ ;  $S_p(D)$  – площа області

групування точок падіння ОФ БЕ.

Дослідження, що проведені в [11], дозволили отримати залежності значення  $S_p(D)$  площі області розсіювання точок падіння ОФ БЕ після розкриття КБЧ одного РС КК (рис. 1) від  $D$  дальності стрільби.

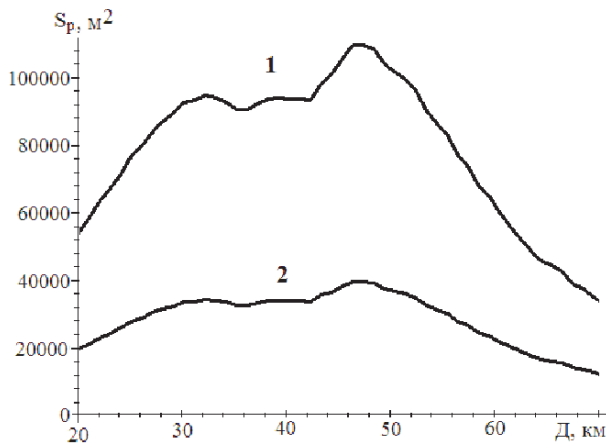


Рис. 1. Залежність  $S_{p\ BE}$  площі рівномірного розсіювання БЕ одного РС від дальності стрільби  $D$  при різних значеннях швидкості БЕ, що додається при відстрілюванні із КБЧ: 1 – 50 м/с; 2 – 30 м/с

Слід зазначити, що більшим значенням площі  $S_p(D)$  відповідає менше значення щільності розподілу ОФ БЕ, та меншим значенням площі  $S_p(D)$  – більша щільність розподілу ОФ БЕ.

Таким чином, для проведення розрахунків за формулою (1) необхідно отримати функціональну залежність  $S_{ov1}(D, \eta)$ .

Проведені обчислення траєкторій польоту ОФ БЕ після розкриття КБЧ РС КК, показали залежності значення  $\theta_p$  кута підльоту ОФ БЕ до поверхні від  $D$  дальності стрільби, що обумовлена залежностями висоти та вектора швидкості КБЧ РС КК в момент її розкриття, від дальності стрільби (рис. 2).

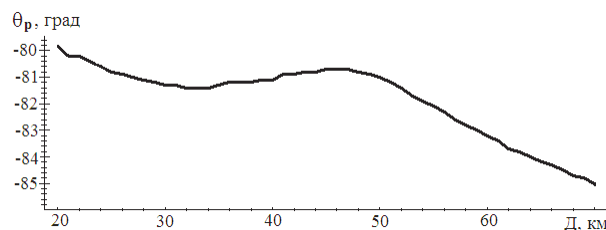


Рис. 2. Залежність значення кута підльоту  $\theta_p$  від дальності стрільби  $D$

Із графіку видно, що ОФ БЕ в діапазоні дальності

стрільби РСЗО КК 20...70 км підлітає до поверхні не вертикально, а під кутом  $\theta_p$ , що змінюється в діапазоні приблизно  $-85^\circ \dots -80^\circ$  в залежності від дальності стрільби (рис. 3). Цей результат обумовлює необхідність дослідити ступень впливу зміни значення кута  $\theta_p$  на форму і розміри області розльоту БЕ, що утворюються після розриву ОФ БЕ.



Рис. 3. ОФ БЕ, що не розірвався

Для оцінки форми та розмірів приведеної області ОУ, що утворюється при розриві ОФ БЕ, введемо систему координат OXYZ з початком (точка O) в центрі мас БЕ, вісь OX направлена в горизонтальній площині по проекції вектора швидкості БЕ на цю площину; вісь OY – вертикально вгору; вісь OZ – доповнює систему до правої трійки.

При вибуху ОФ БЕ утворюється потік БЕ з параметрами:  $\Delta\varphi$  – кут розльоту БЕ,  $\beta$  – напрямок і  $V_0$  – початкова швидкість польоту БЕ,  $m_{BE}$  – маса та  $f_{BE}$  – щільність БЕ.

Траєкторія БЕ оцінюється по формулі [12]:

$$y = x \left[ \tan \mu_0 - x \frac{0,5 g}{(V_0 \cos \mu_0)^2} \left\{ 1 + x \frac{k}{3} \right\} \right], \quad (3)$$

де  $k = \frac{S_M c_x \rho}{m_{BE}}$ ;  $V_0$  – початкова швидкість розльоту

БЕ;  $\mu_0$  – початковий кут нахилу вектора швидкості БЕ до горизонту;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення сили земного тяжіння;  $\rho = 1,226 \text{ кг/м}^3$  – щільність повітря;  $S_M$  – площа міделевого перерізу БЕ;  $c_x$  – аеродинамічний коефіцієнт сили лобового опору БЕ;  $m_{BE}$  – маса БЕ.

Біля 80...90 % всіх БЕ розлітаються в створі кута розльоту  $\Delta\varphi$ , значення якого оцінюється за формулою:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 + \varphi_2, \quad (4)$$

де  $\varphi_{1(2)}$  – кути між напрямом векторів швидкості верхньої та нижньої меж розльоту БЕ і площиною, перпендикулярною до осі ОФ БЕ.

Наближене значення кута  $\varphi_{1(2)}$  оцінюється за формулою [12]:

$$\varphi_{1(2)} = \arcsin\left(\frac{V_0}{2D}\right), \quad (5)$$

де  $D$  – швидкість детонації вибухової речовини.

Для циліндрових оболонок ОФ БЕ кут розльоту  $\Delta\varphi \approx 15^\circ \dots 25^\circ$  [12].

Траєкторії ВЕ при їх розльоті від точки вибуху ОФ БЕ під різними кутами в створі  $\Delta\varphi$  - кута розльоту за формулою (3) зображені на рис. 4.

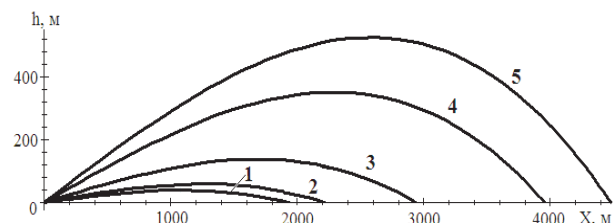


Рис. 4. Траєкторії ВЕ масою 4,5 г при їх розльоті під кутами, град: 1 - 3, 2 - 4, 3 - 7, 4 - 13, 5 - 17

ВЕ розлітаються від точки вибуху на відстань 4000...5000 м.

Значення швидкості ВЕ  $V$  залежно від  $x$  дальності польоту:

$$V = V_0 \cdot \exp(-0,5 \cdot x \cdot k). \quad (6)$$

Залежності швидкості ВЕ масою 0,75 г та 4,5 г від дальності польоту наведені на рис. 5.

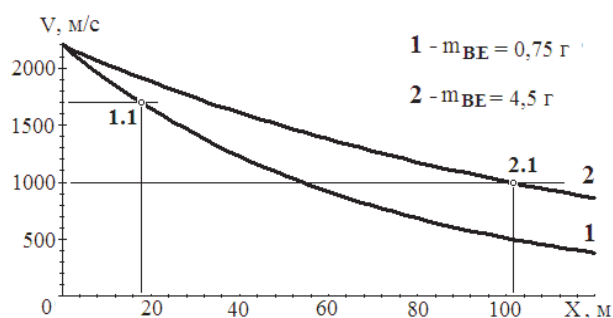


Рис. 5. Залежність швидкості ВЕ від відстані до точки вибуху БЕ

Убивча відстань заданого ЕОУ визначається, якщо відоме значення убивчої швидкості ВЕ. Наприклад, для об'єкта, що уражається ВЕ масою 0,75 г з убивчою швидкістю  $V_{y\delta 1} = 1700$  м/с, убивча відстань  $X_{y\delta 1} = 18$  м, а для об'єкта, що уражається ВЕ масою 4,5 г з убивчою швидкістю  $V_{y\delta 2} = 1000$  м/с, убивча відстань дорівнює  $X_{y\delta 2} = 102$  м (рис. 2).

Апроксимуємо сферичний фронт ВЕ циліндром з радіусом  $r$  та висотою  $h$  (рис. 6).

Оцінити значення кутів нахилу верхнього та нижнього конусів, що обмежують потік ВЕ  $\mu_1, \mu_2$  в залежності від кутів  $\theta_p$  і  $\beta$  дозволяє отримана нами залежність:

$$\mu_{1(2)}(\theta_p, \beta) = \arctg\left[ \operatorname{tg} \lambda_{1(2)} - \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \theta_p\right)(1 - \cos\beta) \right], \quad (7)$$

$$\text{де } \beta \in [0, \pi], \text{ а } \lambda_{1(2)} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} - \theta_p + \varphi_1, \\ \frac{\pi}{2} - \theta_p - \varphi_2. \end{cases}$$

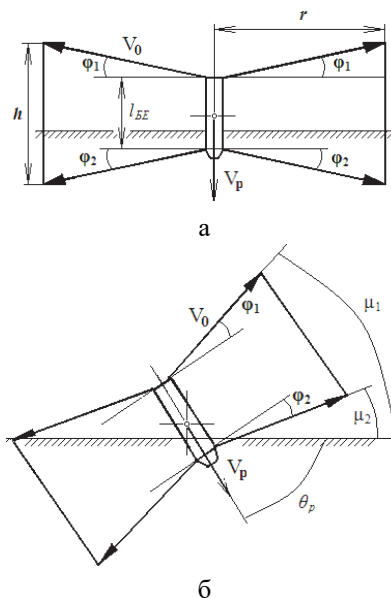


Рис. 6. Перетин поля ВЕ вертикальною площиною: а – при вертикальному підльоті БЕ до поверхні; б – при підльоту БЕ до поверхні під кутом  $\theta_p$

Графіки залежностей значень кутів  $\mu_1, \mu_2$  від значень кутів  $\theta_p$  та  $\beta$  надані на рис. 7.

На графіках пунктирною лінією виділені віртуальні ділянки, що знаходяться під горизонтальною поверхнею. Аналіз графіків дозволяє зробити висновки, що при збільшенні значення  $\theta_p$  кута підльоту ОФ БЕ до поверхні від  $-90^\circ$  до  $-75^\circ$  збільшуються значення кутів  $\mu_1$  і  $\mu_2$  при  $\beta = 0$  та зменшується простір розльоту ВЕ.

Елементарний об'єкт ураження, на який спрямований динамічний потік ВЕ, представимо у вигляді простішої моделі уразливості, що характеризується двома параметрами:  $S_y$  – середньоракурсна уразлива площа,  $h_{CTE}$  – товщина еквівалентної сталевий пластини, пробиття якої сталевим ВЕ приведе до ураження об'єкта. Для більш детального врахування можливостей ОУ ЕОУ додатково введемо ще два параметра:  $h_y$  – висота уразливої площі та  $h_H$  – висота, на якій розташована уразлива площа ЕОУ.

Таким чином, для простішої моделі уразливості заданого ЕОУ вектор характеристик уразливості може бути записаний у вигляді  $\eta = (S_y, h_{CTE}, h_y, h_H)$ .

Розглянемо можливі варіанти розташування  $S_y$  - уразливої частини ЕОУ в потоці ВЕ відносно точки вибуху з урахуванням висоти  $h_H$  розташування

уразливої частини ЕОУ, а також її висоти  $h_y$  і  $\theta_p$  - кута підльоту ОФ БЕ до поверхні (рис. 8).

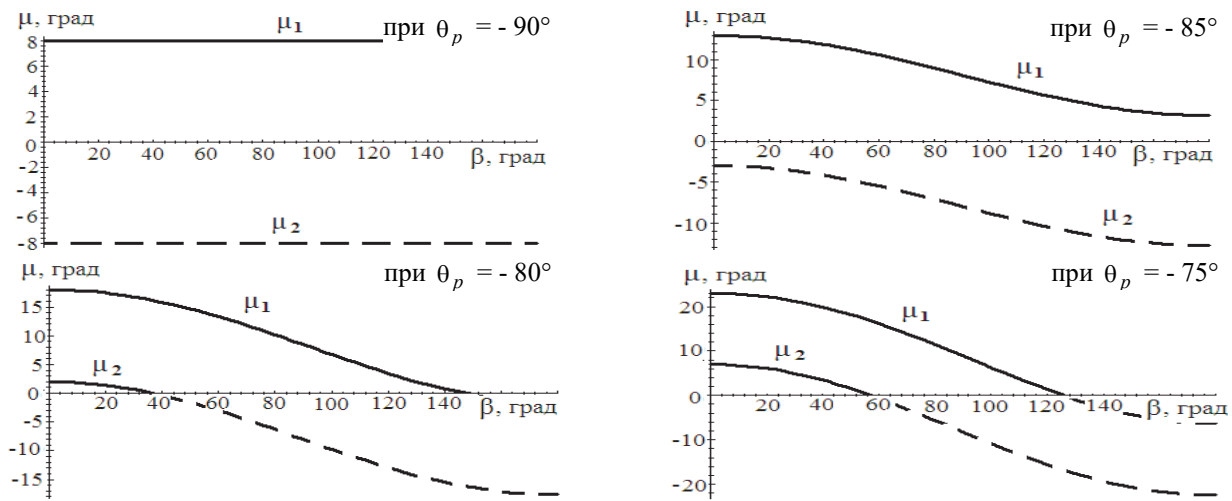


Рис. 7. Графіки залежності кутів  $\mu_1, \mu_2$  від кута  $\beta$  при різних значеннях кута  $\theta_p$

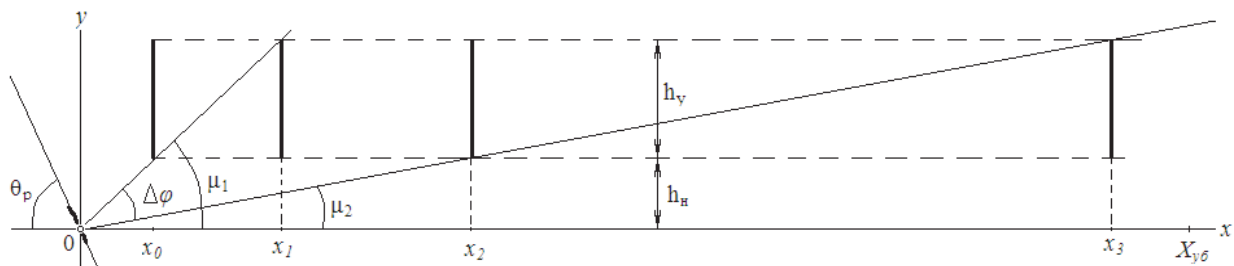


Рис. 8. Можливі варіанти розташування уразливої частини об'єкту в потоці ВЕ

Визначимо наступні інтервали дальності відносно точки підриву ОФ БЕ:

- $0 < x \leq x_0$  - уразлива частина  $S_y$  ЕОУ висотою  $h_y$ , що розміщена на висоті  $h_H$ , розташована над потоком ВЕ, а на  $r_3 < r \leq X_{y\phi}$  - нижче потоку ВЕ. На цих інтервалах ураження ЕОУ не відбувається;
- $x_0 < x \leq x_1$  і  $x_2 < x \leq x_3$  - в потоці ВЕ розташована лише деяка частина  $S_y$  уразливої області ЕОУ, в яку може влучити убивчий ВЕ;
- $x_1 < x \leq x_2$  - уразлива частина  $S_y$  ЕОУ цілком розташована в потоці ВЕ.

Значення дальності  $x_0, x_1, x_2, x_3$  розраховуються за формулами:

$$x_0 = \frac{h_H}{\text{tg } \mu_1}, \quad x_1 = \frac{h_H + h_y}{\text{tg } \mu_1}, \quad (8)$$

$$x_2 = \frac{h_H}{\text{tg } \mu_2}, \quad x_3 = \frac{h_H + h_y}{\text{tg } \mu_2}. \quad (9)$$

Таким чином, значення  $S_y$  уразливої площі ЕОУ, що приймає потік ВЕ, залежить від  $x$  дальності до точки розриву ОФ БЕ та оцінюється по формулі:

$$S_y(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x \leq x_0, \\ (x \text{tg } \mu_1 - h_H) \cdot b_y, & x_0 < x \leq x_1, \\ h_y \cdot b_y, & x_1 < x \leq x_2, \\ (h_H + h_y - x \text{tg } \mu_2) \cdot b_y, & x_2 < x \leq x_3, \\ 0, & x_3 < x \leq X_{y\phi}, \end{cases} \quad (10)$$

де  $b_y$  - ширина уразливої частини ЕОУ.

Значення  $f_{BE}$  щільності потоку ВЕ на дальності  $x$  від точки вибуху ОФ БЕ оцінюється за уточненою формулою:

$$f_{BE} = \frac{N_0}{2\pi x [l_{BE} + x(\text{tg } \varphi_1 + \text{tg } \varphi_2)]}, \quad (11)$$

де  $N_0$  - кількість готових ВЕ в ОФ БЕ.

При  $x \gg l_{BE}$  та  $\varphi_1 \approx \varphi_2$  отримаємо приблизну формулу:

$$f_{BE} \approx \frac{N_0}{4\pi x^2 \operatorname{tg}\varphi_1}. \quad (12)$$

Значення  $h_{np}$  товщини сталевго листа, яку здатен пробити сталевий ВЕ, визначається по формулі:

$$h_{np} = 2,1 \frac{m_{BE}}{S_M} \lg(1 + 6,5 V^2), \quad (13)$$

де  $h_{np}$  [мм],  $m_{BE}$  [г],  $S_M$  [см<sup>2</sup>],  $V$  [км/с].

Значення потрібної для пробиття сталевго листа товщиною  $h_{CTE}$  убивчої швидкості  $V_{y\delta}^*$  сталевго ВЕ масою  $m_{BE}$  обчислюється за формулою:

$$V_{y\delta}^* = 145 h_{CTE} S_M U^{-\frac{2}{3}} (m_{BE})^{-\frac{1}{3}}, \quad (14)$$

де  $U$  – об'єм ВЕ;  $h_{CTE}$  – сталевий еквівалент цілі.

За (14) отримано графік залежності потрібної убивчої швидкості ВЕ масою 0,75 г та 4,5 г від товщини сталевго пластины, що пробивається (рис. 9).

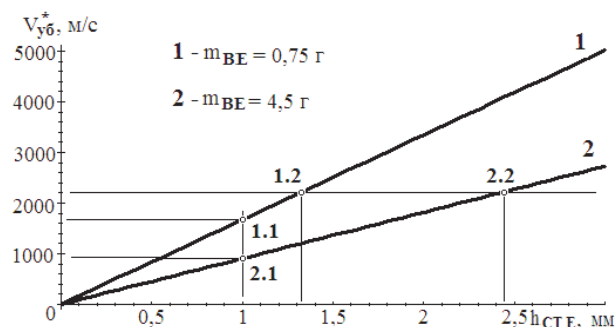


Рис. 9. Залежність потрібної убивчої швидкості ВЕ від товщини сталевго пластины, що пробивається

З наведеного графіка можна бачити, що для пробиття сталевго пластины товщиною 1 мм ВЕ масою 0,75 г повинен мати швидкість не менш 1600 м/с, а ВЕ масою 4,5 г – близько 1000 м/с.

При швидкості 2200 м/с ВЕ масою 0,75 г здатен пробити сталевий лист товщиною  $\approx 1,4$  мм, а ВЕ масою 4,5 г –  $\approx 2,4$  мм.

Значення  $X_{y\delta}$  убивчого інтервалу сталевго ВЕ обчислюється за формулою:

$$X_{y\delta} = \frac{2}{k} \ln \left( \frac{V_0}{V_{y\delta}^*} \right). \quad (15)$$

За формулами (14), (15) отримано графік залежності  $X_{y\delta}$  убивчого інтервалу ВЕ від  $h_{CTE}$  товщини сталевго пластины, що пробивається (рис. 10).

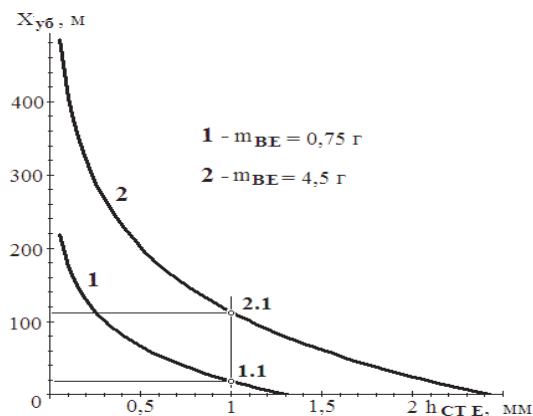


Рис. 10. Залежність  $X_{y\delta}$  убивчого інтервалу ВЕ від товщини сталевго пластины, що пробивається

З наведеного графіка можна побачити, що відстань пробиття сталевго пластины товщиною 1 мм ВЕ масою 0,75 г дорівнює 20 м, а ВЕ масою 4,5 г – 110 м. Також можна заключити, що значення убивчої дальності польоту ВЕ значно менша ніж значення максимальної дальності його польоту.

Для оцінки величини приведенної площі ОУ розглянемо імовірність влучення ВЕ в уразливу частину заданого ЕОУ.

При гіпотезі, що випадкова кількість ВЕ, які влучать в уразливу частину заданого ЕОУ  $S_y(x)$  підпорядковується закону Пуассона

Значення імовірності того, що в  $S_y(x)$  влучить рівно  $n$  ВЕ, оцінюється за формулою:

$$P_n = \frac{(f_{BE} S_y)^n}{n!} \exp(-f_{BE} S_y(x)). \quad (16)$$

Значення імовірності того, що в  $S_y(x)$  уразливу частину ЕОУ влучить хоча б один ВЕ оцінюється за формулою:

$$P_{\geq 1} = 1 - \exp\left(-\chi \frac{S_y(x)}{x^2}\right), \quad (17)$$

де  $\chi = \frac{N_0}{4\pi \operatorname{tg}\varphi_1}$ .

Значення відстані  $x_{P^*}$ , з якої в  $S_y(x)$  уразливу частину ЕОУ з імовірністю  $P^*$  влучить хоча б один ВЕ для діапазону дальності  $x_1 < x \leq x_2$ , де уразлива частина  $S_y(x) = h_y b_y$  ЕОУ цілком розташована в потоці ВЕ, оцінюється за формулою:

$$x_{P^*} = \sqrt{-\frac{\chi h_y b_y}{\ln(1-P^*)}}. \quad (18)$$

На основі формул (7), (8), (9) отримані перетини області розльоту ВЕ (рис. 11, 12) горизонтальною площиною для різних значень кутів підльоту ОФ ВЕ до поверхні при умовах  $\alpha_1 = \alpha_2 = 8^\circ$ , та параметрах

моделі уразливості модельного ЕОУ  $h_H = 1,5$  м;  
 $h_y = 1,0$  м,  $b_y = 1,5$  м,  $h_{CT E} = 1$  мм.

На рис. 11 позначено: 1 – точка підриву ОФ БЕ; 2 – область, де уразлива частина ЕОУ знаходиться над потоком ВЕ (перша мертва зона); 3 – область, де уразлива частина ЕОУ частково знаходиться в потоці ВЕ; 4, 5, 6, – відстані,  $x_{0,8}$ ,  $x_{0,5}$ ,  $x_{0,1}$  з яких убивчий ВЕ влучає в уразливу частину заданого ЕОУ з імовірністю  $P^* = 0,8; 0,5; 0,1$ ; 7 – убивча дальність  $X_{y\bar{b}}$  польоту ВЕ для заданого ЕОУ.

На рис. 12 позначено: 1 – точка підриву ОФ БЕ; 2, 4 – області, де уразлива частина ЕОУ частково знаходиться в потоці ВЕ; 3 – область, де уразлива частина ЕОУ повністю знаходиться в потоці ВЕ; 5, 6, 7 – відстані, з яких убивчий ВЕ влучає в уразливу частину заданого ЕОУ з імовірністю  $P^* = 0,8; P^* = 0,5; P^* = 0,1$ ; 8 – убивча дальність  $X_{y\bar{b}}$  польоту ВЕ для заданого ЕОУ.

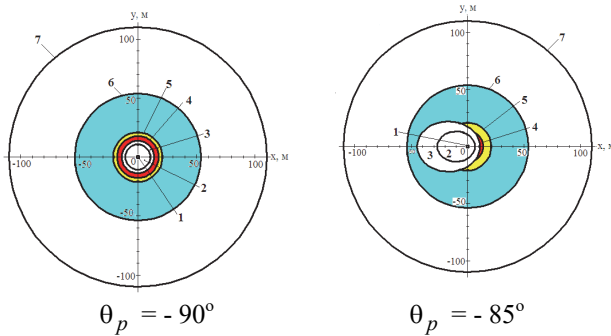


Рис. 11. Область розльоту ВЕ

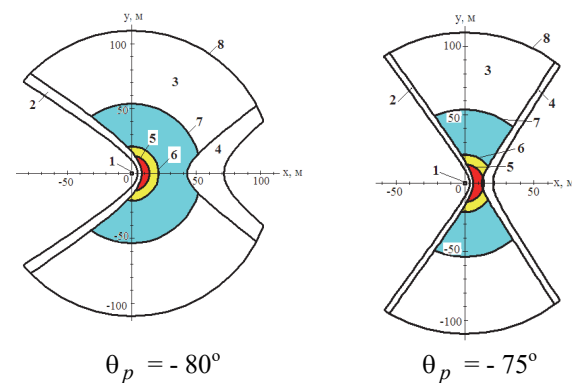


Рис. 12. Область розльоту ВЕ

Аналіз рис. 11–12 дозволяє зробити наступні висновки:

– форма та розміри площі, на якій в уразливу частину заданого ЕОУ з імовірністю не менш ніж 0,8 (0,5) влучить хоча б один ВЕ, залежить від значення  $\theta_p$  кута підльоту ОФ БЕ до поверхні, що змінюється в межах  $-85^\circ \dots -80^\circ$  в залежності від  $D$  дальності стрільби;

– значення дальності  $x_{0,8}$  ( $x_{0,5}$ ) багато менш

ніж значення  $X_{y\bar{b}}$  убивчої дальності польоту ВЕ для заданого ЕОУ;

– максимальне значення площі осколкового ураження, що створюється одним ОФ БЕ, буде спостерігатися при куті підльоту  $\theta_p = -85^\circ$ ;

– мінімальне значення площі осколкового ураження, що створюється одним ОФ БЕ, буде спостерігатися при куті підльоту  $\theta_p = -80^\circ$ ;

– площу області ОУ ОФ БЕ, що падає на поверхню під кутом  $\theta_p = -85^\circ \dots -80^\circ$ , не можна вважати круговою, тому не можна для розрахунків застосовувати ступінчатий круговий закон ураження та приведений радіус ураження.

Таким чином, імовірність ОУ ЕОУ залежить не тільки від  $x$  відстані до точки вибуху ОФ БЕ, а також і від  $\beta$  напрямку на ЕОУ, що відлічується від проекції вектора швидкості ОФ БЕ на горизонтальну поверхню (напрямок вісі ОХ).

Викладений матеріал дозволяє сформулювати наступні відмінності розробленого метода оцінювання значення приведеної площі ОУ, що створюється однією КБЧ РС з ОФ БЕ, від відомих методів, а саме – додаткове врахування:

– залежності значення площі області групування точок падіння ОФ БЕ від дальності стрільби, що впливає на значення коефіцієнта перекриття областей ОУ, що створюються ОФ БЕ;

– залежності форми та розмірів області ОУ, що створюється ОФ БЕ, від значення кута його підльоту до поверхні;

– висоти розміщення уразливої частини заданого ЕОУ відносно точки підриву ОФ БЕ та висоти уразливої частини, що дозволяє визначити діапазон дальності, де уразлива частина ЕОУ знаходиться частково або повністю в потоці ВЕ;

– області ОУ, що створюється ОФ БЕ, не є колом, тому не можна використовувати круговий ступінчатий закон ураження для визначення приведеного радіуса зони ОУ;

– значення відстані ОУ, яке залежить від напрямку від точки вибуху ОФ БЕ на заданий ЕОУ;

– визначення не приведенного радіуса зони ОУ, а відстані на якій убивчі ВЕ можуть влучити в уразливу частину заданого ЕОУ з заданою імовірністю.

## Висновки

1. Вдосконалення методу аналітичної оцінки розміру приведеної площі ОУ, що створюється при розкритті КБЧ реактивного снаряду, за рахунок додаткового врахування кутів підльоту ОФ БЕ до поверхні та введених параметрів, що характеризують заданий ЕОУ, дозволяє з більшою точністю визначити значення приведеної площі ОУ.

2. Значення приведеної площі ОУ, що створюється однією КБЧ РС КК, залежить не тільки від характе-

ристик уразливості заданого ЕОУ, а також, від дальності стрільби та кутів підльоту ОФ БЕ до поверхні.

3. При оцінці значення приведеної площі ОУ, що створюється при вибуху одного ОФ БЕ, необхідно додатково враховувати висоту розташування уразливої частини ЕОУ над по верхньою та висоту уразливої частини.

3. Імовірність ОУ заданого ЕОУ залежить не тільки від дальності до точки вибуху ОФ БЕ, а також і від напрямку від точки вибуху на заданий ЕОУ. Тому, не можна застосовувати ступінчатий круговий закон ураження та приведений радіус ОУ заданого ЕОУ.

## 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. Хазов В.А. Практические рекомендации артиллерийским командирам (начальникам) и штабам по выполнению огневых задач реактивным полком [Електронний ресурс] / В.А. Хазов, Р.В. Волошин // Журнал научных публикаций. – 2008. – № 4. – С. 250-253. Режим доступа: <http://jurnal.org/articles/2008/mil4.html>.
3. HenelSmith Nina. Projectile Motion: Finding the Optimal Launch Angle / Nina HenelSmith. – Whitman College, 2016. – 38 p.
4. Бобриков А.А. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии: военно-теоретический труд / А.А. Бобриков и др. – СПб.: Галяя Принт, 2006. – 421 с.
5. Энциклопедия Оружие и технологии России. XXI век. Т. 12. Боеприпасы и средства поражения. – М.: Оружие и технологии, 2006. – 844 с.
6. Efficient Method to Evaluate Critical Ricochet Angle of Projectile Penetrating into a Concrete Target / Choi Min Kuk, Han Jihoon, Park Sangjin, Az Woo Jin // Mathematical Problems in Engineering. – 2018. – Vol. 2018. – 12 p. <https://doi.org/10.1155/2018/3696473>.
7. Maya Brehm. Explosive Weapons: Framing the Problem – final report / Maya Brehm, John Borrie. – GICHD, Geneva, 2010. – 145 p.
8. Dullum O. The Rocket Artillery Reference Book [Електронний ресурс] / O. Dullum // Norwegian Defense Research Establishment, 2010. – 178 p. Режим доступа: <https://www.ffi.no/no/Rapporter/09-00179.pdf>.
9. Analysis of influencing factors of mortar projectile reproduction process on fragment mass distribution / Berko Zecevic, Alan Catovic, Jasmin Terzic, Kadic Sabina Serdarevic // Defense Technologies Department. – 2010. – pp. 783-795.
10. Звиглянич С.Н. Обоснование модели оценивания степени поражения объектов при использовании кассетной боевой части / С.Н. Звиглянич, Ю.С. Литвинов // Системи обробки інформації. – 2005. – № 2(42). – С. 35-40.
11. Метод аналітичної оцінки розмірів області розсіювання точок падіння бойових елементів після розкриття касетної бойової частини / В.М. Тарасов, О.О. Журавльов, М.П. Ізюмський, Н.В. Шигімага // Системи озброєння і військова техніка. – 2018. – № 4(56). – С. 60-66. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.56.09>.
12. Журавльов О.О. Модель оцінювання параметрів динамічного поля вражаючих елементів, що формується при розриві одного некеруемого осколково-фугасного бойового елемента / О.О. Журавльов, М.Г. Іванець // Системи озброєння і військова техніка. – 2012. – № 2(30). – С. 55-58.

## References

1. Alimpiev, A.M., Pevtsov, G.V. and Grib, D.A. (2015), "Dovidnyk uchasnika 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. Hazov, V.A. (2008), "Prakticheskie rekomendacii artillerijskim komandiram (nachal'nikam) i shtabam po vypolneniyuognevnyh 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: [www.jurnal.org/articles/2008/mil4.html](http://www.jurnal.org/articles/2008/mil4.html).
3. HenelSmith, Nina (2016), *Projectile Motion: Finding the Optimal Launch Angle*, Whitman College, 38 p.
4. Bobrikov, A.A. (2006), "Ocenka ehffektivnosti ogneвого porazheniya udarami raket i ognem artillerii: 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.
5. Svertilov, Nikolay (2006), *The XXI century encyclopedia. Vol. 12. Ordnance and munition*, Russia's Arms Technologies, Moscow, 844 p.
6. Min, Kuk Choi, Jihoon, Han, Sangjin, Park, and Woo, Jin Az, (2018), Efficient Method to Evaluate Critical Ricochet Angle of Projectile Penetrating into a Concrete Target, *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2018, 12 p. <https://doi.org/10.1155/2018/3696473>.
7. Brehm, Maya and Borrie, John (2010), *Explosive Weapons: Framing the Problem – final report*, GICHD, Geneva, 145 p.
8. Dullum, O. (2010), *The Rocket Artillery Reference Book*, *Norwegian Defense Research Establishment*, 178 p., available at: <https://www.ffi.no/no/Rapporter/09-00179.pdf>.
9. Zecevic, Berko, Catovic, Alan, Terzic, Jasmin and Serdarevic, Kadic Sabina (2010), Analysis of influencing factors of mortar projectile reproduction process on fragment mass distribution, *Defense Technologies Department*, pp. 783-795.
10. Zviglyanich, S.N. and Litvinov, Yu.S. (2005), "Obosnovaniye modeli otsenivaniya stepeni porazheniya ob'yektov pri ispol'zovanii kassetnoy boyevoy chasti" [Justification of the model of assessing the degree of damage to objects when using a cluster warhead], *Information Processing Systems*, No. 2(42), pp. 35-40.
11. Tarasov, V.M., Zhuravlov, O.O., Iziumskiy, M.P. and Shyhimaha, N.V. (2018), "Metod analitichnoi otsinky rozmiriv oblasti rozsiuvannia tochok padinnia boiovykh elementiv pislia rozkryttia kasetnoi boiovoi chastyny" [A method of analytical

estimation of battle elements falling points dispersion area space after opening cassette warhead of large caliber rocket], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 4(56), pp. 60-66. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.56.09>.

12. Zhuravlov, O.O. and Ivanets, M.H. (2012), "Model otsiniuvannia parametriv dynamichnoho polia vrazhaiuchykh elementiv, shcho formuietsia pry rozryvi odnogo nekeruiemoho oskolokovo-fugasnoho boiovoho elementa" [Model of estimation of the parameters of the dynamic field of the impressive elements, which is formed when a single non-guided fragmented-high-explosive military element breaks], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 2(30), pp. 55-58.

Надійшла до редколегії 16.01.2019

Схвалена до друку 19.02.2019

#### Відомості про авторів:

##### Греков Володимир Пилипович

кандидат технічних наук доцент  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил імені І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2322-2015>

##### 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>

##### Ткаченко Юрій Анатолійович

кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил імені І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-7904-4062>

#### Information about the authors:

##### Vladimir Grekov

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2322-2015>

##### Aleksandr Zhuravlov

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>

##### Yuri Tkachenko

Candidate of Technical Sciences  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-7904-4062>

### МЕТОД ОЦЕНКИ ЗНАЧЕНИЯ ПРИВЕДЕННОЙ ПЛОЩАДИ ОСКОЛОЧНОГО ПОРАЖЕНИЯ КАССЕТНОЙ БОЕВОЙ ЧАСТИ РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА С ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНЫМИ БОЕВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В.Ф. Греков, А.А. Журавлев, Ю.А. Ткаченко

*В статье рассмотрен метод оценки значения приведенной площади осколочного поражения, которая создается касетной боевой частью реактивного снаряда с осколочно-фугасными (ОФ) боевыми элементами (БЭ), которая отличается от известных методик тем, что дополнительно учитываются: зависимость значения площади области группирования точек падения ОФ БЭ от дальности стрельбы; зависимость формы и размеров области осколочного поражения, которая создается ОФ БЭ, от значения угла его подлета к поверхности; высота расположения уязвимой части заданного элементарного объекта поражения относительно точки подрыва ОФ БЭ и высоты уязвимой части, а также другие факторы.*

**Ключевые слова:** реактивный снаряд, касетная боевая часть, осколочно-фугасный боевой элемент, поражающий элемент, модель уязвимости, убойная дальность, приведенная область осколочного поражения.

### METHOD FOR EVALUATING THE REFERENCE COVERAGE AREA VALUE OF CASSETTE HIGH-EXPLOSIVE SUBMUNITION OF THE MULTIPLE LAUNCH ROCKET SYSTEM MISSILE

V. Grekov, A. Zhuravlov, Yu. Tkachenko

*In an article, the method for evaluating the reference coverage area value of cassette high-explosive submunition of the multiple launch rocket system is considered. The analysis of existing methods for calculating the reference damage area was carried out, which showed that these calculations do not take into account the incidence angle of cluster munitions to the surface at the target. The necessity of additional consideration the incidence angle to the surface of the high-explosive cluster submunition shell splinters, as well as the height of the vulnerable part of the elementary destruction object relative to the flow of damaging elements when assessing the value of the reference lesion area was confirmed. The methodology of the study is using the methods of numerical integration of a differential equations system describing the movement of the combat element mass center in a vertical plane to obtain the dependence of the area value of grouping the impact incidence points of combat elements from the firing range. The trajectories of the striking elements were described analytically in the range of scattering angles of shell splinters to estimate their possible ranges, spatial geometry for deriving the functional dependence the values of the upper and lower bounds of the striking elements flow relative to the incidence angle values of combat elements to the surface, the spread of the angles and the direction of fragment distribution. The simplest model of the vulnerability of a given elementary object was also used to estimate the reference area of fragmentation damage. The dependence of the reference kills area dimensions of cluster submunition shell splinters which formed when exploding one cassette of a high-explosive cluster submunition on the firing range was obtained. Achieved results can be used at calculating the required number of rocket projectiles for inflicting specified damage to a group object.*

**Keywords:** missile, cluster warhead, high-explosive fragmentation element, damaging element, vulnerability model, killing range, reference fragmentation lesion area.