

УДК 623.462.12:681.3.06

О.О. Журавльов, М.Г. Іванець

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІЧНОГО ПОЛЯ ВРАЖАЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ФОРМУЄТЬСЯ ПРИ РОЗРИВІ ОДНОГО НЕКЕРУЄМОГО ОСКОЛКОВО-ФУГАСНОГО БОЙОВОГО ЕЛЕМЕНТА

У статті розглядається питання оцінювання параметрів динамічного поля вражаючих елементів, що утворюється при вибуху одного неуправляемого осколково-фугасного бойового елемента. Потік вражаючих елементів характеризується напрямком, швидкістю польоту, щільністю і масою вражаючого елемента. Запропонована модель дозволяє оцінити область осколкового ураження одного неуправляемого осколково-фугасного бойового елемента та визначити залежності значень імовірності ураження типових елементарних об'єктів від відстані до точки подриву неуправляемого осколково-фугасного бойового елемента при різних масах вражаючого елемента.

Ключові слова: касетна бойова частина, неуправляемий осколково-фугасний бойовий елемент, вражаючий елемент, динамічне поле вражаючих елементів, елементарний об'єкт.

Вступ

Загальна постановка проблеми Актуальність статті обумовлена тим, що в процесі науково-технічного супроводження (НТС) дослідно-конструкторських робіт (ДКР) виникає необхідність проведення в науково-дослідних установах (НДУ) Замовника науково-технічної експертизи конструкторської документації по касетним бойовим частинам (КБЧ) виробів, що проектуються, підготовки та надання на затвердження Замовнику висновків щодо якості їх опрацювання.

Аналіз світової тенденції розв'язання цього завдання свідчить, що проведення в НДУ Замовника науково-технічної експертизи ґрунтується на математичних моделях та методах дослідження ефективності застосування виробів, що проектуються.

Мета статті. Розробка математичної моделі для оцінювання ефективності застосування осколково-фугасного бойового елемента (ОФБЕ) для ураження типових розрахункових об'єктів.

Викладення матеріалів досліджень

При вибуху одного ОФБЕ утворюється динамічне поле вражаючих елементів (ВЕ) – потік ВЕ, що характеризується напрямком, швидкістю польоту, щільністю і масою ВЕ.

Законом розльоту ВЕ є залежність відносної кількості і швидкості ВЕ, що летять в даному напрямі щодо подовжньої осі ОФБЕ.

Розглянемо ОФБЕ, що формують осесиметричне кругове поле ВЕ.

Осесиметричне кругове поле ВЕ характеризується також кутом розльоту $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$, в створі якого розлітаються 80...90% всіх ВЕ. Для циліндрових оболонок ОФБЕ з подовженням $L_0/d_0 = 1,5...2,5$ при точковій ініціації з торця заряду і з центру заряду кут розльоту $\Delta\varphi \approx 15^\circ...25^\circ$.

Прийняті наступні допущення:

- розрив ОФБЕ відбувається на заданій висоті h_p^* ;
- розміри ОФБЕ нехтовно малі в порівнянні з розмірами осколкового поля;
- фугасною дією ОФБЕ нехтуємо;
- осколкова оболонка виготовляється в загальному випадку укладанням квадратних в плані готових ВЕ;
- осколкове поле можна розглядати як однозонне, осесиметричне, кругове з невеликим кутом розльоту ($\Delta\varphi \leq 40^\circ$) і постійною швидкістю ВЕ на еквідистантній від точки розриву поверхні, обмеженій кутом розльоту;
- об'єкт ураження однокомпонентний, характеризується постійною уразливою площею S_y і сталим еквівалентом $h_{ст}^e$;
- щільність повітря ρ уздовж траєкторії ВЕ постійна;
- вплив сили тяжіння на зміну модуля вектора швидкості ВЕ нехтовно мало;
- площа міделя ВЕ рівна її середньому значенню S_m ;
- значення аеродинамічного коефіцієнта сили лобового опору c_x приймається середнім в діапазоні швидкостей $[V_0, V_{y6}]$.

Динамічні і геометричні характеристики поля ВЕ, що формуються при розриві одного ОФБЕ описуються наступною системою рівнянь [1, 2]:

– значення V_0 початкової швидкості ВЕ для випадку осової симетрії бойового елемента (БЕ) розраховується по формулі Покровського-Гарні:

$$V_0 = 0,5 \varphi_0 D \sqrt{\xi / (2 - \xi)}, \quad (1)$$

де ξ – місцевий коефіцієнт наповнення;

D – швидкість детонації заряду вибухової речовини (ВР).

Значення коефіцієнта ξ обчислюється за формулою:

$$\xi = \frac{\alpha}{1-\mu}; \quad \alpha = \frac{m_{BP}}{m_{BE}}; \quad \mu = \frac{m_{KH}}{m_{BE}}, \quad (2)$$

де m_{BE} – маса БЕ; m_{BP} – маса вибухової речовини БЕ; m_{KH} – маса всіх конструктивних частин БЕ, не використовуваних для осколкоутворення.

Для оболонки БЕ природного дроблення $\varphi_0 = 0,98$, для оболонки заданого дроблення $\varphi_0 = 0,9 \dots 0,95$, для оболонки з готовими вражаючими елементами $\varphi_0 = 0,8 \dots 0,85$.

Значення D швидкість детонації заряду для типових ВР приведені в табл. 1;

Таблиця 1

Значення D швидкість детонації заряду для типових ВР

Тип ВР	D , м/с
ТНТ	6200
Гексоген-алюміній флегматизований	7900
Октоген флегматизований	8600

– наближене значення кута φ_1 між напрямом вектора V_0 і площиною, перпендикулярною до осі заряду, приймається рівним:

$$\varphi_1 = \arcsin\left(\frac{V_0}{2D}\right); \quad (3)$$

– при проведенні оцінних розрахунків значення c_x можна обчислити по наступному співвідношенню:

$$c_x = 0,855 \left(1 + \frac{50}{V_0}\right) \quad \text{при} \quad V_0 \geq 550 \text{ м/с}; \quad (4)$$

– значення висоти h польоту одного БЕ на відстані x від точки розриву ОФБЕ оцінюється по формулі:

$$h = h_0 + x \left[\tan \theta_0 - x \frac{0,5 g}{(V_0 \cos \theta_0)^2} \left\{ 1 + x \frac{k}{3} \right\} \right];$$

$$k = \frac{S_M c_x \rho}{m_{BE}}, \quad (5)$$

де h_0 – висота розриву ОФБЕ; θ_0 – кут нахилу вектора швидкості БЕ до горизонту; g – прискорення сили земного тяжіння; ρ – щільність повітря; S_M – площа міделя БЕ; c_x – аеродинамічний коефіцієнт сили лобового опору БЕ; m_{BE} – маса БЕ.

Кут нахилу вектора швидкості БЕ до горизонту $\theta_0 \in [-\varphi_1, \varphi_1]$.

Значення параметрів g і ρ приймаються постійними, і на рівні моря вони рівні $g=9,81 \text{ м/с}^2$, $\rho=1,225875 \text{ кг/м}^3$;

– значення V швидкості БЕ залежно від x дальності польоту обчислюється за формулою:

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

– значення параметра форми Φ обчислюється за формулою:

$$\Phi = \frac{S_M}{U^{2/3}}; \quad S_M = 0,25 S_\Sigma, \quad (7)$$

де S_Σ – повна площа поверхні БЕ;

U – об'єм БЕ.

Значення параметра Φ для тіл правильної геометричної форми представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Значення параметра Φ для тіл правильної геометричної форми

Форма БЕ		Φ
куля		1,31
циліндр	$L/d = 1$	1,38
	$L/d = 2$	1,45
тетраedr		1,80
октаedr		1,43
куб		1,5
паралелепіпед	$1 \times 1 \times 2$	1,58
	$1 \times 1 \times 8$	2,13
	$1 \times 2 \times 2$	1,59
	$1 \times 4 \times 4$	1,89

Для БЕ приймається модель Е.С. Вентцель у вигляді паралелепіпеда $a \times b \times c$ ($a > b > c$), тоді площа міделя БЕ обчислюється за формулою:

$$S_M = 0,5 (a + b + c [a + b]); \quad (8)$$

– значення потрібної для пробиття сталевго листа товщиною $h_{ст}^e$ убойної швидкості $V_{уб}^{потр}$ сталевго БЕ масою m_{BE} на рівні землі обчислюється за формулою:

$$V_{уб}^{потр} = 145 h_{ст}^e \Phi m_{BE}^{-1/3}, \quad (9)$$

де $h_{ст}^e$ – сталевий еквівалент цілі [мм].

Розмірність величин наступна: $V_{уб}^{потр}$ [м/с]; m_{BE} [г];

– значення $h_{пр}$ товщини сталевго листа, яку може пробити сталевий БЕ, визначається по формулі:

$$h_{пр} = 2,1 \frac{m_{BE}}{S_M} \lg(1 + 6,5 V^2), \quad (10)$$

де $h_{пр}$ [мм], m_{BE} [г], S_M [см²], V [км/с];

– значення $X_{уб}$ убойного інтервалу БЕ обчислюється за формулою:

$$X_{уб} = \frac{2}{k} \ln\left(\frac{V_0}{V_{уб}^{потр}}\right); \quad (11)$$

– значення динамічної щільності f_{BE} поля убойних БЕ, що утворюється при вибуху одного ОФБЕ, на відстані x від точки розриву, обчислюється за формулою:

$$f_{BE} = \frac{N_{BE}}{S_{OY}} = \frac{N_{BE}}{4 \pi x^2 (1 - \sin \varphi_1)} \quad \text{при} \quad x \leq X_{уб} \quad (12)$$

де S_{Oy} – площа поверхні області ураження;

N_{BE} – кількість ВЕ в БЕ; x – відстань від точки підризу ВЕ;

– значення приведеної площі S_{Π} осколкового ураження одним ОФБЕ обчислюється за формулою:

$$S_{\Pi} = 2 \pi \int_0^{x_{y6}} \left(1 - \exp \left[- \frac{S_y N_{BE}}{4 \pi x^2 (1 - \sin \varphi_1)} \right] \right) x dx ; \quad (13)$$

– значення x_{Π} радіусу приведеної площі осколкового ураження одним ОФБЕ обчислюється за формулою:

$$x_{\Pi} = \sqrt{\frac{S_{\Pi}}{\pi}} ; \quad (14)$$

– значення P_{Π} імовірності нанесення об'єкту збитку, що знаходиться на відстані x_{Π} від точки розриву одного осколково-фугасного бойового елемента, обчислюється за формулою:

$$P_{\Pi} = 1 - \exp \left[- \frac{S_y N_{BE}}{4 \pi x_{\Pi}^2 (1 - \sin \varphi_1)} \right] ; \quad (15)$$

– значення P_C середньої інтегральної імовірності нанесення об'єкту збитку, що знаходиться на відстані x до точки розриву одного ОФБЕ, обчислюється за формулою:

$$P_C = \frac{1}{x} \int_0^x \left(1 - \exp \left[- \frac{S_y N_{BE}}{4 \pi x^2 (1 - \sin \varphi_1)} \right] \right) dx ; \quad (16)$$

– відстань X_{p^*} від точки розриву ОФБЕ на якій значення імовірності попадання ВЕ в уразливу площу цілі S_{uy} буде не менше заданої величини P^* обчислюється за формулою:

$$X_{p^*} = 0,5 \sqrt{- \frac{N_{BE} S_{uy}}{\pi (1 - \sin \varphi_1) \ln(1 - P^*)}} . \quad (17)$$

Система рівнянь (1) – (17) дозволяє провести оцінку значень основних параметрів динамічного поля ВЕ, що утворюється при розриві одного ОФБЕ на висоті h_0 .

Для визначення параметрів динамічного поля ВЕ, що формується при розриві одного осколково-фугасного бойового елемента, були використані розрахункові дані.

Траєкторії розльоту ВЕ при розриві ОФБЕ на висоті 1 м представлені на рис. 1, а). Вертикальний перетин динамічного поля ВЕ при розриві одного ОФБЕ на висоті 1 м представлений на рис. 1, б).

Можливості ВЕ вражати різні об'єкти розглядалися на прикладі трьох класів типових об'єктів ураження:

– відкрито розташована жива сила в положенні стоячи - $S_y = 0,5 \text{ м}^2$, $h_{ct}^e = 1 \text{ мм}$ (рис. 2 а, б);

– неброньована техніка - $S_y = 1,8 \text{ м}^2$, $h_{ct}^e = 5 \text{ мм}$ (рис. 2 в, г);

– легкоброньована техніка - $S_y = 1,8 \text{ м}^2$, $h_{ct}^e = 10 \text{ мм}$ (рис. 2 д, е).

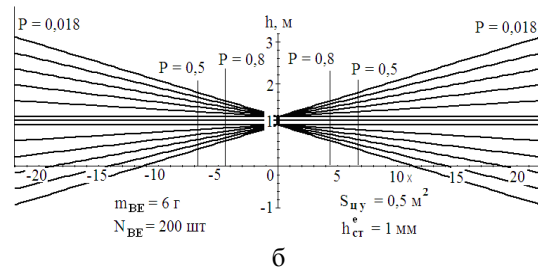
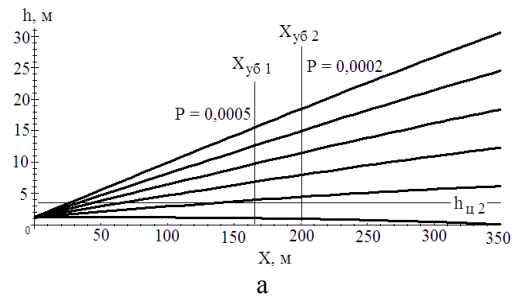


Рис. 1. Вертикальний перетин динамічного поля ВЕ при розриві ОФБЕ на висоті 1 м
 X_{y61} – убойча дальність ВЕ з масою 4 г;
 X_{y62} – убойча дальність ВЕ з масою 6 г
 (для незахищеної живої сили)

Залежності імовірності осколкового ураження різних типових ЕО від відстані до точки розриву ОФБЕ при різних значеннях маси ВЕ представлені на рис. 2.

Значення необхідної убойчої швидкості $V_{y6}^{потр}$ і убойчої дальності X_{y6} для ВЕ масою 4 і 6 г при дії на ці об'єкти представлені в табл. 3.

Також, в табл. 3 представлені значення x_d і x_{dp} .

Таблиця 3

Необхідна убойча швидкість і убойча дальність ВЕ

h_{ct}^e , мм	m_{BE} , г	N , шт	V_0 , м/с	$V_{y6}^{потр}$, м/с	X_{y6} , м	x_d , м	x_{dp} , м
1	4	300	1420	137	166	0,3	1,9
	6	200		120	200	0,15	1,2
5	4	300		685	50	2,0	4,2
	6	200		600	70	1,6	3,6
10	4	300		1370	3,3	1,8	4,4
	6	200		1200	18,5	1,4	3,4

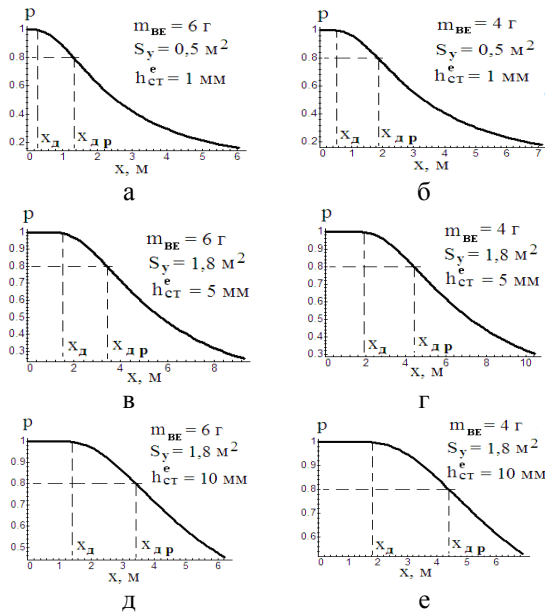


Рис. 2. Залежність значень імовірності ураження типових ЕО від відстані x від точки розриву ОФБЕ при різних масах ВЕ
 $x_{д}$ – радіус області достовірних уражень ЕО;
 $x_{дp}$ – радіус розширеної області достовірних уражень ЕО

Висновки

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

- область осколкового ураження одного ОФБЕ є однозоною, вісесиметричною, круговою з центром в точці розриву;
- при розриві ОФБЕ на висоті 1 м в радіусі до 10 м під точкою розриву знаходиться конусоподібна область, в яку не потрапляють ВЕ і, відповідно, об'єкти,

що знаходяться в ній не будуть уражені осколками. У радіусі до декількох метрів від точки розриву об'єкти можуть бути уражені фугасною дією ОФБЕ;

– значення радіусу розльоту ВЕ досягає 1800 ... 2000 м при вуглі розльоту $\sim 5^\circ$, а значення убойної дальності досягає до 200 м. Проте, динамічна щільність ВЕ на цій дальності низька і імовірність попадання убойного ВЕ в уразливу область типового об'єкта ураження мала. Відношення значень дальностей розльоту і убойної дальності складає близько 10;

– для розглянутих класів ЕО значення радіусу розширеної області ураження (на якій імовірність попадання убойного ВЕ в уразливу область ЕО приймається рівною 1) складає 1,2...4,4 м;

– ВЕ з більшою масою зберігають убойну швидкість на великих дальностях від точки розриву ОФБЕ. Проте, при цьому зменшується загальна кількість ВЕ, що приводить до зменшення щільності осколкового поля.

Список літератури

1. Балаганский И.А. Действие средств поражения и боеприпасов: учебн. / И.А. Балаганский, Л.А. Мерзневский. – Н.: НГТУ, 2004. – 408 с.
2. Бабкин А.В. Средства поражения и боеприпасы: учебн. / А.В. Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984 с.

Надійшла до редколегії 8.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Баранник, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ФОРМИРУЕМОГО ПРИ РАЗРЫВЕ ОДНОГО НЕУПРАВЛЯЕМОГО ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНОГО БОЕВОГО ЭЛЕМЕНТА

А.А. Журавлев, М.Г. Иванец

В статье рассматриваются вопросы оценивания параметров динамического поля поражающих элементов, которое образуется при взрыве одного неуправляемого осколочно-фугасного боевого элемента. Поток поражающих элементов характеризуется направлением, скоростью полета, плотностью и массой поражающего элемента. Предложенная модель позволяет оценить область осколочного поражения одного неуправляемого осколочно-фугасного боевого элемента и определить зависимости значений вероятности поражения типовых элементарных объектов от расстояния к точке подрыва неуправляемого осколочно-фугасного боевого элемента при разных массах поражающего элемента.

Ключевые слова: кассетная боевая часть, неуправляемый осколочно-фугасный боевой элемент, поражающий элемент, динамическое поле поражающих элементов, элементарный объект.

MODEL OF EVALUATION PARAMETERS THE DYNAMIC FIELD STRIKING ELEMENTS, FORMED AT THE BREAK UNCONTROLLED FRAGMENTATION HIGH-EXPLOSIVE BATTLE ELEMENT

A.A. Zhuravlev, M.G. Ivanets

In the article examined questions evaluation parameters the dynamic field striking elements, which appears at the explosion of one uncontrolled fragmentation high-explosive battle element. The stream striking elements is characterized direction, speed of flight, closeness and mass of striking element. The offered model allows to estimate the area of splinter defeat of one uncontrolled fragmentation high-explosive battle element and define dependences values hit model elementary objects probability on distance to the point injury uncontrolled fragmentation high-explosive battle element at different the masses striking element.

Keywords: cassette battle part, uncontrolled fragmentation high-explosive battle element, striking an element, dynamic field striking elements, elementary object.