

УДК.623.565.623.455.

**Б.Й. Семон**<sup>1</sup>, д.т.н, проф.

**В.В. Яковенко**<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.

**А.А. Гончарук**<sup>3</sup>, к.т.н., с.н.с.

<sup>1</sup>Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного, м. Львів, Україна,

<sup>2</sup>Національний університет оборони України, м. Київ,

<sup>3</sup>Військова академія (м. Одеса), Україна

## АНАЛІЗ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБСТРІЛУ СКЛАДОВИХ ОБ'ЄКТІВ СТІЙКОЇ СТРУКТУРИ

*Викладені підходи щодо оцінки ефективності вогневого ураження та параметрів оптимізації обстрілу складових об'єктів стійкої структури з урахуванням уражаючих властивостей осколково-фугасних снарядів.*

*Ключові слова:* боеприпаси, уражаюча дія, імовірність ураження, оцінка ефективності вогневого ураження.

### Постановка проблеми

Нерозривність зв'язку живої сили і зброї світовими військовими теоретиками сучасності [1, 2] окреслено як систему “людина-зброя”. Оскільки будь-яка техніка, не беручи до уваги “фантазмагоричні розробки”, без людей не здатна до раціональних самостійних дій, тому прийнято визначати саме боездатність живої сили даної системи, як об'єкта ураження [1-3]. В той же час існуючі методи оцінки ефективності вогневого ураження, не відповідають умовам сучасності і не акцентують в повній мірі увагу на проблемі зв'язку показників ефективності з умовами стрільби осколково-фугасними снарядами у звичайному спорядженні. Тому, виникає необхідність переосмислення вказаного методу.

### Аналіз останніх досягнень і публікацій

Характеристики уражаючої дії боеприпасів є вихідними даними для оцінки ефективності їх застосування. Тому під час стрільби осколково-фугасними (ОФ) снарядами по живій силі, внаслідок подрібнення їх оболонки на осколки різноманітних фракцій, створюється психологічний вплив та наносяться біомеханічні ураження (поранення і контузії). Виходячи з вище зазначеного, інстинкт самозбереження змушує солдата противника залишати своє місце на бойовій позиції, припиняти протидію і займати укриття під час вогневого нальоту [1-4]. Однак, під час оцінки боездатності ураженої живої сили необхідно враховувати і умови бойової обстановки, що змушують певну частину ураженої живої сили на час бою відновлювати втрачену боездатність [2].

У роботі [5] наведені сучасні підходи щодо конструювання засобів ураження, боеприпасів, підричників та систем управління засобами ураження, однак методів оцінки ефективності їх застосування не має. Інформацію з цього джерела можливо використовувати як вихідні дані для методики, що розробляється.

Отже, існуючі важелі впливу науково-виробничої діяльності в сфері оборонних технологій, на сьогоднішній день дозволяють не заглиблюватися у створення затратних надсучасних засобів ураження на нових фізичних принципах, але здатні схилити ваги здорового глузду у бік традиційного способу виконання вогневих завдань за рахунок осколкової дії снарядів. Тому таке вирішення сталої проблематики Теорії стрільби як науки, щодо вогневого впливу на одиночні (малорозмірні) цілі, на основі прогнозування ефективності уражаючої дії перспективних осколково-фугасних снарядів, дозволить у значній мірі підвищити роль традиційних засобів ураження на сучасному полі бою, з урахуванням підходів, що запропоновані колективом авторів у [6].

### Постановка задачі та її розв'язання

Ключовим завданням з ураження окремої цілі в деякій заданій області  $W$  двовірного простору, полягає в нанесенні їй такого ступеня ураження боеприпаси наявних вогневих засобів, можливості яких виражені у вигляді їх могутності впливу на ціль [1,2,4]. Поширеною величиною, що характеризує стрільбу осколково-фугасними снарядами є так звана приведена зона ураження  $S_{np}$ . В свою чергу положення окремої нерухомої цілі задається деякою щільністю розподілу  $U(x,z)$ , що не залежить від часу.

В теперішній час виникає потреба у створенні методів оцінки ефективності вогневого ураження, які б враховували уражаючі можливості артилерійських боеприпасів, (по живій силі) з використанням математичних залежностей, що відображають зв'язок показників ефективності з умовами стрільби осколково-фугасними снарядами у звичайному спорядженні.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Ймовірність ураження (уражаюче зусилля  $\varphi(x, z)$  на площині та часі) ОФ снарядів в деякій точці  $(x, z)$  на основі щільності розподілення, або згідно теорії пошуку так званої стратегії пошуку уражаючого зусилля, можливо представити за наступним виразом [1-3]:

$$\varphi(x, z) = \int_0^T \lambda(x, z, t) dt \quad (1)$$

де  $T$  – час, відведений на ураження цілі, хв.

$$\left. \begin{aligned} \lambda(x, z, t) \geq 0 \text{ для усіх } (x, z) \in \Omega_{x,z} \\ \iint_{-\infty}^{\infty} \lambda(x, z, t) dx dz = L(t) \text{ для усіх } t \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де  $L(t)$  – функція розподілення пошукових зусиль у часі тобто безпосереднє розподілення боеприпасів у часі;

$\Omega_{x,z}$  – область в площини  $XOZ$ , в якій розриви снарядів забезпечують максимальне (оптимальне) значення ймовірності ураження цілі  $R^{\max}(T) = 1 - \iint_{\Omega_{x,z}} U(x, z) \exp[-\varphi(x, z)] dx dz$ .

Виходячи із задачі оцінки ефективності стрільби, функція щільності обстрілу  $\varphi(x, z) = \varphi^{OPT}(x, z)$  при  $\varphi(x, z) \geq 0$  для усіх точок  $(x, z) \in \Omega_{x,z}$  матиме наступний вигляд [1, 2, 4]:

$$\iint_{\Omega_{x,z}} \varphi(x, z) dx dz = \Psi, \quad (3)$$

де  $\Psi$  – сумарна дія ураження  $N$  боеприпасами;

$U(x, z)$  – функція щільності розподілення помилок, що повторюються стрільби (помилки визначення установок для стрільби на ураження);

$p(x + a_i, z + b_j)$  – умовна ймовірність ураження окремої цілі під час одного пострілу на  $i$ -й установці прицілу,  $j$ -й установці кутоміру;

$a_i$  – віддалення точки прицілювання на  $i$ -й установці прицілу ( $i=1, \dots, k$ ), від центру окремої цілі по дальності;

$b_j$  – віддалення точки прицілювання на  $j$ -й установці кутоміру ( $j=1, \dots, m$ ), від центру окремої цілі по напрямку.

Таким чином, задача оцінки ефективності стрільби боеприпасами у звичайному спорядженні, є досить складною і не вирішеною у повному обсязі. Навіть використання сучасних ПЕОМ, як неодноразово зазначається в роботі [2], не достатньо полегшує трудомісткий шлях. Тому одним із дієвих шляхів подолання перепон даної проблематики є визначення повної (безумовної) ймовірності ураження спостереженої одиночної цілі мінімальною витратою  $N$  боеприпасів та найвигіднішим способом її обстрілу:

$$W = 1 - \iint_{-\infty} U(x, z) \prod_{i=1}^k \prod_{j=1}^m [1 - p(x + a_i, z + b_j)]^{N_{ij}} dx dz. \quad (4)$$

Але практична реалізація вище зазначеного, супроводжується суттєвою витратою боеприпасів та є досить довготривалою, пов'язаною з перебором множини варіантів щодо вибору найвигіднішого способу обстрілу цілі. Тому альтернативним вирішенням існуючої задачі [1,3] є отримання наближених аналітичних рішень для певних умов стрільби та розробки методів приведення реальних умов вогневого ураження до них. В наслідок чого розроблено перехід до завчасно заданої області обстрілу цілі, з розподілом щільності точок розривів в ній. Це створює передумови визначення порівняно максимальної ймовірності ураження окремої цілі, з апроксимацією функції виду координатного закону ураження даного виду цілі, під час одного пострілу. Але в такому випадку існує умова, що складовим виразу  $C_2$ ,  $B$ , притаманні властивості функції щільності розподілу безперервної випадкової величини [1,2,4]:

$$W(x, z) = 1 - \exp[-C_2 B(x, z)] \quad (5)$$

Таким чином, ймовірність ураження одиночної цілі та витрата боеприпасів щодо її ураження, не залежать від розмірів даної та представлена, як правило, у вигляді елементарної цілі.

Розглядаючи ураження одиночної цілі в так званій системі “ефективність уражаючої дії боеприпасу - ефективність вогневого ураження одиночної цілі - ефективність бойового застосування засобу ураження” може бути представлена як характеристика певного ступеня реалізації можливостей чітко зазначених можливостей. Тобто виконання завдань напряму пов'язане з витратою та оцінкою ефективності дії ОФ боеприпасів [2, 3, 5].

А отже в роботі [2] беззаперечним висунуто припущення, що основний вплив на одиночну цілі ОФ снарядом здійснюється осколками та ударною хвилею (не є предметом дослідження). Тому під час вибуху координатний (диз'юнктивний) [6] закон ураження незалежно від перелічених факторів має такий вигляд:

$$G(x, z) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - G_i(x, z)] \quad (6)$$

де  $G_i(x, z)$  – координатний закон ураження цілі  $i$ -м фактором ураження;

Натомість координатний закон ураження одним осколком описано виразом [2]:

$$G_o(x, z) = 1 - \exp[-\Delta_{ef}(x, z) S_{II}] \quad (7)$$

де  $\Delta_{ef}$  – щільність ефективних осколків, що рухаються від точки розриву  $(x, z)$  до цілі з площею ураження  $S_{II}$ .

Тоді щільність ефективних осколків як складову уражаючої дії ОФ снарядів, запропоновано [1, 2, 6] у наступній інтерпретації:

$$\Delta_{ef} = \Delta_{ij} = \frac{N n_i n_j}{2\pi r^2 (\cos \varphi_{c_i} - \cos \varphi_{c_{i+1}})}, \quad (8)$$

де  $N_i = N n_i$  – кількість осколків, що рухаються у смузі прошарку розташування цілі;

частка ефективних осколків, здатних до нанесення цілі заданого ступеня ушкоджень;

EMBED Equation.3 відстань від точки розриву снаряду до цілі;

EMBED Equation.3, EMBED Equation.3 кути, що визначають межі конусів розльоту смуги прошарку з урахуванням швидкості снаряду в точці розриву.

Отже, вираз (7) при сталому значенні уразливої площі однорідної (ізотропної) цілі буде мати вигляд [2]:

$$G_o(r) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } r \geq R_{36}^o; \\ P(\Delta_{ef}(r)), & \text{якщо } R_o^o < r < R_{36}^o; \\ 1, & \text{якщо } r \leq R_o^o, \end{cases} \quad (9)$$

де  $P(\Delta_{ef}(r))$  – функція розподілення випадкової величини  $\Delta_{ef}(r)$ ;

$R_{36}^o$  – радіус області збитків;

$R_o^o$  – радіус достовірного ураження осколками.

Особливої уваги, з огляду на теорію стрільби під час оцінки ефективності вогневого ураження та параметрів оптимізації обстрілу складових об'єктів стійкої структури, заслуговує так звана *приведена зона (площа) ураження*, в межах якої забезпечується достовірне ураження, тому логічним буде її визначення як апроксимація координатного закону ураження [2,6]:

$$\bar{S}_{np} = \iint_{-\infty} G(x, z) dx dz \quad (10)$$

### Висновки

Таким чином, викладені підходи щодо оцінки ефективності вогневого ураження та параметрів оптимізації обстрілу складових об'єктів стійкої структури не є новими. Але проведений аналіз саме уражаючих властивостей осколково-фугасних снарядів налаштовує на думку про необхідність проведення досліджень в даному аспекті. Адже на сьогоднішній день, незважаючи на заяви декларативної форми про налагодження виготовлення вітчизняних боєприпасів, залишають поза увагою питання теоретичних обґрунтувань оцінки уражаючої дії артилерійських боєприпасів.

### Перспективи подальших досліджень

Подальше створення власних методик на основі жорсткого аналізу існуючих, надасть можливість для необхідної побудови методу оцінки ефективності, метою якого є розробка математичних залежностей, що відображають зв'язок показників ефективності з умовами стрільби осколково-фугасними снарядами у звичайному спорядженні.

### Список використаних джерел

1. Основы оценки эффективности и выработки рекомендаций по поражению целей огнем артиллерии / Учебное пособие – С-Петербург, ВАУ, 2006 – 360 с.
2. Д.Н. Луценко, М.С. Спирин // Оценка эффективности осколочного действия боеприпаса по открытой живой силе с учетом тяжести поражения – Пенза: ВАИИ МГО: Наука и военная безопасность, 2015. № 2 (2) – 37-43 с.
3. Оценка эффективности поражающего действия артиллерийских боеприпасов основного назначения / Учебное пособие // А.А. Ганин, Ю.М. Голубинский, А.А. Горобец, П.Н. Дерябин, А.И. Сидоров. - Пенза: ПАИИ, 2004. - 80 с.

4. Грачёв И.И., Котосов А.А., Логаткин С.М. *Определение эффективных параметров противоосколочной стойкости бронезилетов / под общей ред. А.А. Котосова - Пенза: ПАИИ, 2008. - 217с.*

5. *Конструкция средств поражения, боеприпасов, взрывателей и систем управления средствами поражения / учебник. Ч. 2. Действие средств поражения и боеприпасов // А.А. Плющ, П.Н. Дерябин, А.А. Котосов, и др.; под общ.ред. А.А. Плюща. - Пенза: Филиал ВУНЦ СВ «ОБА ВС РФ», 2011. - 370 с.*

6. Ширенко А.П., Максимов Т.К. *Основы теории оценивания комплексной поражаемости личного состава / Ч. 1. Гипотезы, модели, критерии и информационное обеспечение оценивания // - М.: МО СССР, 1972. - 272 с.*

### **АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕВОГО ПОРАЖЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ОПТИМИЗАЦИИ ОБСТРЕЛА СОСТАВЛЯЮЩИХ ОБЪЕКТОВ УСТОЙЧИВОЙ СТРУКТУРЫ**

Б.Й. Семон, В.В. Яковенко, А.А. Гончарук

*Изложены подходы к оценке эффективности огневого поражения и определению параметров оптимизации обстрела составляющих объектов устойчивой структуры с учетом поражающих свойств осколочно-фугасных снарядов.*

**Ключевые слова:** боеприпасы, поражающее действие, вероятность поражения, оценка эффективности огневого поражения.

### **ANALYSIS OF ESTIMATED EFFECTIVENESS OF FIRE DAMAGE AND PARAMETERS OF THE OPTIMIZATION OF CONSTITUENT OBJECTS OF SUSTAINABLE STRUCTURE**

B. Semon, V. Yakovenko, A. Honcharuk

*The article gives the approaches to the estimation of the effectiveness of fire damage and determination of the parameters of optimization of the firing of constituent objects of sustainable structure taking into account the damaging characteristics of high-explosive fragmentation shells.*

**Key words:** ammunition, damaging action, probability of damage, estimation of fire damage effectiveness.