

Ivelin G. Katsev,

METHOD FOR EVALUATION OF THE ARTILLERY FIRE EFFECTIVENESS AGAINST AREA TARGET

Ivelin G. Katsev

*Faculty of Artillery, Air Defense and Communication and Information Systems,
National Military University, Shumen, Bulgaria, katsev.i@abv.bg*

ABSTRACT: *Artillery's effectiveness heavily depends on how accurate and powerful will be weapon delivery, which is a function of dependent and independent errors, effective weapon radii, salvo coverage and target resilience, all of those are related to weapon-target interaction.*

KEY WORDS: *Damage probability, damage function, multiple weapons with dependant error.*

МЕТОД ЗА ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА АРТИЛЕРИЙСКИЯ ОГЪН ПО ГРУПОВА ЦЕЛ

Ивелин Г. Кацев

Въведение

Артилерията е основно огнево средство на сухопътния компонент за поразяване на различни цели и обекти на противника разположени в зоната на операцията. Главното съдържание на бойното използване на артилерийските формирования е огневата поддръжка. Огневата поддръжка е една от основните бойни функции и представлява прилагане на огнева мощ, чрез използване на огъня на огневите системи в състава на артилерийските формирования. Основна задача на артилерията е максимално да се намали бойния потенциал на групировката на противника и да се ограничат неговите възможности за водене на бойни действия. Успеха на операцията зависи от ефективността на огневата поддръжка, която от своя страна зависи от ефективността на войските и силите участващи в поддръжката. Като основно средство на сухопътния компонент, участващо в огневата поддръжка, артилерията има основна роля за постигане и удържане на огнево превъзходство в операцията.

Артилерийските формирования поразяват различни по характер цели и обекти на противника. Целите и обектите в състава на противниковата групировка в операциите могат да бъдат най-общо разделени на отделни и групови. За да изпълним целта на това изследване ще се съсредоточим върху огневото въздействие по групови цели и метода за определяне на ефективността на огъня на артилерията по тях.

Ефективността на огъня на артилерията по групова цел зависи от вероятността за поразяване на елементарните цели в състава на груповата цел. Тази вероятност зависи от:

- отклонението, в разстоянието и направление на точката на попадение от центъра на целта(точката на мерене);
- разположението на елементарните цели спрямо точката на мерене,
- поразяващото действие на един снаряд;
- накриването на целта от огневото въздействие;
- устойчивостта и подвижността на груповата цел.

Отклоненията в разстояние и направление са породени от множество случайни грешки свързани със спецификата на работата на артилерийските формирования по подготовка на данните за стрелба. Случайните грешки обикновено се делят на два вида: повтарящи се за всички изстрели свързани с неточности в насочването вследствие на грешки в пресмятането на координатите на ОП, НП и целта, грешки в насочването на огневите системи, грешки при определяне на метеорологичните и балистичните условия на стрелбата и други. Втория вид случайни грешки са неповтарящите се грешки свързани с балистично разсейване на снарядите причинени от отклонения във формата на боеприпасите, ъгъла на изхвърляне на снаряда, количеството на барута използвано в гилзите и други.

Елементарните цели в състава на груповата се приемат за равномерно разпределени и стрелбата на артилерийските формирования се характеризира с нормално разпределение.

Поразяващото действие на снарядите в зависимост от вида на снаряда, взривателя и съответното накриване на целта от проекцията на огневото поразяване на артилерийските формирования показват количествената стойност на ефективността на поразяването.

1. Метода за оценка на ефективността на огневото въздействие на артилерийските формирования по групова цел

Метода за определяне на ефективността на стрелба за поразяване на артилерийските системи по групова цел може да бъде разгледан в следния алгоритъм:

1. Определят се средно-квадратичните отклонения на грешките от разсейването и грешките в подготовката на данни за стрелба по формулите:

$$(1) \sigma_{mpi_x} = \frac{E_{x_s}}{0.6745}$$

$$(2) \sigma_{mpi_y} = \frac{E_{y_s}}{0.6745}$$

$$(3) \sigma_{d_x} = \frac{E_{d_x}}{0.6745}$$

$$(4) \sigma_{d_y} = \frac{E_{d_y}}{0.6745}$$

$$(5) \sigma_x = \sqrt{\sigma_{mpi_x}^2 + \sigma_{d_x}^2}$$

$$(6) \sigma_y = \sqrt{\sigma_{mpi_y}^2 + \sigma_{d_y}^2}$$

където:

σ_{MPI_x} и σ_{MPI_y} – стандартни отклонения в разстояние и направление на срединните грешки от подготовката;

σ_{PE_x} и σ_{PE_y} – стандартни отклонение на балистическото разсейване;

E_{d_x} и E_{d_y} – случайни грешки от балистическото разсейване на снаряда, които се изчисляват в зависимост от количеството и вида на артилерийски системи участващи в огневото въздействие, по формулите:

$$(7) E_{d_x} = \sum_{i=1}^n E_{d_{x_i}}$$

$$(8) E_{d_y} = \sum_{i=1}^n E_{d_{y_i}}$$

E_{x_s} и E_{y_s} – сумарни грешки в подготовката на данните за стрелба, които се изчисляват в зависимост от количеството и вида артилерийски системи участващи в огневото въздействие, по формулите:

$$(9) E_{x_s} = \sqrt{E_{x_1} + \dots + E_{x_j}}$$

$$(10) E_{y_s} = \sqrt{E_{y_1} + \dots + E_{y_j}}$$

$$(11) E_{x_j} = \sum_{i=1}^n E_{x_i}$$

$$(12) \quad E_{y_j} = \sum_{i=1}^n E_{y_i}$$

, където:

E_{dx_i} и E_{dy_i} – случайни грешки от балистическото разсейване на снарядите за артилерийските системи участващи в огневото въздействие;

E_{x_i} и E_{y_i} – срединни грешки в разстояние и направление от подготовката на данните за стрелба на i -тия елемент за огневото формирование;

E_{x_j} и E_{y_j} – срединна грешка в разстояние и направление в подготовката на данните за стрелба за огневото формирование;

i – брой на елементите влизаци в подготовката на данните за стрелба;

j – брой на огневите формирания участващи в поразяването на груповата цел.

2. Определяне на поразяващото действие на снарядите и ефективната зона за поразяване на целта

Поразяване с ударна вълна от разрива на снаряда:

$$(13) \quad S_r = \overline{Al}$$

$$(14) \quad S_d = S_r$$

Поразяване с осколките от разрива на снаряда:

$$(15) \quad S_r = \overline{Al * \alpha}$$

$$(16) \quad S_d = \frac{S_r}{\alpha}$$

където:

S_r – размери на ефективната зона за поразяване на един снаряд в разстояние;

S_d – размери на ефективната зона за поразяване на един снаряд в направление;

Al – размери на приведената площ за поразяване на целта;

α – коефициент отчитащ ъгъла на падане.

3. Изчисление на увеличената зона за поразяване на всяка огнева система, със стойността на балистическото разсейване и намиране на условната вероятност за поразяване:

$$(17) \quad S_r^k = S_r + k * E_{dx}$$

$$(18) \quad S_d^k = S_d + k * E_{dy}$$

$$(19) \quad P_{CD1} = \frac{S_r * S_d}{S_r^k * S_d^k}$$

където:

k – коефициент на статистически анализ на грешките в следствие разсейването на снаряда;

S_r^k – увеличена зона за поразяване с отчитане на балистическото разсейване в разстояние;

S_d^k – увеличена зона за поразяване с отчитане на балистическото разсейване в направление;

P_{CD1} – условна вероятност за поразяване.

4. Определяне на проекцията на огневото въздействие и зоната на целта накрита от стрелбата:

$$(20) \quad L_c = N_m - 1 * \frac{L_a}{N_m}$$

$$(21) \quad W_c = N_w * N_u - 1 * \frac{W_a}{N_w * N_u}$$

$$(22) \quad L_{vp} = L_c + S_r^k$$

$$(23) \quad W_{vp} = W_c + S_d^k$$

където:

N_m и N_w – броя на точките на насочване на огневите системи в разстояние и направление;

L_c и W_c – коефициенти отчитащи размерите на целта и броя на точките за насочване на огневите системи;

L_{vp} и W_{vp} – размери на проекцията на залпа на огневите системи с отчитане размерите на целта.

5. Определяне на застъпването на зоните за поразяване на снарядите на отделните артилерийски системи.

$$(24) \quad n_{od} = N_w * N_u * \frac{S_d^k}{W_{vp}}$$

В зависимост от стойността на n_{od} дали е по голяма или по-малка от единица се изчислява условната вероятност за поразяване в направление $P_{CD \setminus d}$ с използване на различен математически апарат:

$$(25) \quad n_{od} < 1 \rightarrow P_{CD \setminus d} = N_w * N_u * P_{CD1} * \frac{S_d^k}{W_{vp}}$$

$$(26) \quad n_{od} \geq 1 \rightarrow P_{CD \setminus d} = 1 - 1 - P_{CD1}^{n_{od}}$$

Изчисляването на застъпването на зоните за поразяване на оръдията в разстояние n_{or} се определя с помощта на формулите:

$$(27) \quad n_{or} = N_m * \frac{S_r^k}{L_{vp}}$$

$$(28) \quad n_{or} < 1 \rightarrow P_{CD \setminus s} = N_m * P_{CD \setminus d} * \frac{S_r^k}{L_{vp}}$$

$$(29) \quad n_{or} \geq 1 \rightarrow P_{CD \setminus s} = 1 - 1 - P_{CD \setminus d}^{n_{or}}$$

6. Определяме ефективността на стрелбата на артилерията по груповата цел.

Определя се увеличената зона за поразяване в разстояние и направление:

$$(30) \quad LEP = \max L_{vp}, L_a$$

$$(31) \quad WEP = \max W_{vp}, W_a$$

където:

LEP – увеличена зона за поразяване в разстояние;

WEP – увеличена зона за поразяване в направление.

Пресмятане на границите на интервалите с помощта, на които ще може да бъде определена очакваната зона, която накрива модела на поразяваната площ от огневите системи. В разстояние формулите имат следния вид:

$$(32) \quad S_{range} = \frac{LEP + L_a}{2}$$

$$(33) \quad T_{range} = \frac{LEP - L_a}{2}$$

$$(34) \quad a_{range} = \frac{S_{range}}{\sigma_x * \sqrt{2}}$$

$$(35) \quad b_{range} = \frac{T_{range}}{\sigma_x * \sqrt{2}}$$

В направление формулите са идентични:

$$(36) \quad S_{deflection} = \frac{WEP + W_a}{2}$$

$$(37) \quad T_{deflection} = \frac{WEP - W_a}{2}$$

$$(38) \quad a_{deflection} = \frac{S_{deflection}}{\sigma_y * \sqrt{2}}$$

$$(39) \quad b_{deflection} = \frac{T_{deflection}}{\sigma_y * \sqrt{2}}$$

След това се пресмятат интервалите в разстояние:

$$(40) \quad I_{r_1} = \text{normcdf } T_{range}, 0, \sigma_x - \text{normcdf } -T_{range}, 0, \sigma_x$$

$$(41) \quad I_{r_2} = \frac{LEP + L_a}{2 * L_a} \text{normcdf } T_{range}, 0, \sigma_x - \text{normcdf } -S_{range}, 0, \sigma_x$$

$$(42) \quad I_{r_3} = \frac{LEP + L_a}{2 * L_a} \text{normcdf } S_{range}, 0, \sigma_x - \text{normcdf } T_{range}, 0, \sigma_x$$

$$(43) \quad I_{r_4} - I_{r_5} = \frac{2\sigma_x}{L_a} e^{-a_{range}^2} - e^{-b_{range}^2}$$

Аналогично се постъпва за направлението.

Сумират се получените стойности и резултата е очакваното накриване на целта от поразяваната площ от огневите средства $E F_c$ в разстояние и направление:

$$(44) \quad E F_r = I_{r_1} + I_{r_2} + I_{r_3} + I_{r_4} - I_{r_5}$$

$$(45) \quad E F_d = I_{d_1} + I_{d_2} + I_{d_3} + I_{d_4} - I_{d_5}$$

$$(46) \quad E F_c = E F_r * E F_d$$

За изчисляване на очакваната поразена площ от целта (Expected Fractional Damage $E D$) използваме очакваното накриване на целта от поразяваната площ от огневите средства $E F_c$, надеждността на въоръжението R и условната вероятност за поразяване $P_{CD \setminus s}$ съгласно следната формула:

$$(47) \quad E D = E F_c * 1 - 1 - R * P_{CD \setminus s}^{n_v}$$

където:

n_v – броя на залповете на артилерийските системи.

Пример: Стрелба по групова цел с размери по фронта 300м., в дълбочина 200м., разстояние на стрелбата 12км, сумарна грешка от подготовката в разстояние $E_{x_s} = 75$ м, сумарна грешка от подготовката в направление $E_{y_s} = 44$ м, случайна грешка от разсейването в разстояние $E_{d_x} = 46$ м, случайна грешка от разсейването в направление $E_{d_y} = 23$ м; брой артилерийски системи участващи в огневото въздействие $N_w = 8$; брой на мерници $N_m = 3$; разхода на снаряди по норма $N = 108$.

Таблица 1 Стойности на параметрите от метода за оценка на ефективността на стрелбата на артилерията по групови цели определени чрез използване на софтуер за обработка „Excel” и програмен пакет „Data analysis”.

Параметър	Стойност	Параметър	Стойност	Параметър	Стойност
E_{x_s}	75	S_r	24,9	S_{range}	248,1
E_{y_s}	44	S_d	28,4	T_{range}	48,1
E_{d_x}	46	S_d^k	194,5	a_{range}	2,57
E_{d_y}	23	S_r^k	100,5	b_{range}	0,99
N_w	8	P_{CD1}	0,036	$S_{deflection}$	329,9
N_m	3	L_c	133,3	$T_{deflection}$	29,9
N	108	W_c	262,5	$a_{deflection}$	3,17
σ_{mpi_x}	111,2	L_{vp}	296,2	$b_{deflection}$	0,28
σ_{mpi_y}	65,2	W_{vp}	259,9	$E F_r$	1,27
σ_{d_x}	68,2	n_{od}	2,16	$E F_d$	1,24
σ_{d_y}	34,1	$P_{CD \setminus d}$	0,077	$E F_c$	1,56
σ_x	130,4	n_{or}	1,65	$E D$	0,362
σ_y	73,6	$P_{CD \setminus s}$	0,123	36,2% МО на процента поразени елементарни цели	

Заклучение

Резултатите от направеното изследване позволяват да се направят следните **изводи**:

1. Таблица 1 показва математическото очакване на процента поразени елементарни цели в състава на груповата цел по входните данни от примера по реда на предложения метод за оценка на ефективността на стрелбата за поразяване по групови цели;

2. Условната вероятност за поразяване на коя да е елементарна цел в състава на груповата цел е 3,6%;

3. Застъпването на зоната за поразяване в направление е $n_{od} = 2,16$, в разстояние е $n_{or} = 1,65$, което повишава условната вероятност за поразяване $P_{CD \setminus s} = 12,3\%$;

4. Вероятността за поразяване на груповата цел при така зададените стойности е 36,2%, което отговаря на степента за поразяване унищожение;
5. Модела за оценка на ефективността на поразяване на артилерийските формирования по групова цел обхваща всички аспекти на огневото въздействие и позволява моделирането на стрелбата по груповата цел с задача да разкрие най-благоприятните условия при което ще бъде изпълнена задачата за поразяване на целта;
6. Оценката на ефективността на стрелбата на артилерийските системи е основен елемент при определяне съотношението на сили и средства в операцията.

Литература:

1. Атанасов, А. Проблеми на определяне на степените за поразяване на войскова групировка в операциите. Сборник научни трудове, научна сесия НВУ "В.Левски", факултет "Артилерия, ПВО и КИС", 2010, стр. 69-78, ISSN 1313-7433.
2. Марков, Д. Повишаване на способностите на артилерийските системи за изпълнение на задачи в системата за артилерийска поддръжка на сухопътен компонент. *Сборник доклади от Годишна университетска научна конференция, електронно издание, издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”*, 2019, с. 842-851, ISSN 2367-7481.
3. Anderson, C. Generalized weapon effectiveness modeling. *Master's Thesis, Naval post graduate school*, 2004, p 113.
4. Explosive weapon effects. *Report, GICHD, Geneva*, 2017 ISBN: 978-2-940369-61-4.
5. Eckler, A., Burr, S. Mathematical models of target coverage and a missile allocation. *Military operations research*, 1972, p 254.
6. Wang, H., et al, Average damage caused by multiple weapons against an area target of normally distributed elements. *American journal of operations research*, 2017, vol 7, pp289-206, ISSN: 2160-8830.
7. Washburn, A. Diffuse-Gaussian multiple-shot pattern. *Military operations research*, 2003, v8, n 3, pp 59-64.