

УДК 623.4.018

А.И. Биленко, В.В. Афанасьев

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

*Проанализированы и определены показатели эффективности стрельбы из стрелкового оружия. Рассмотрено влияние параметров рассеивания на вероятность попадания и на эффективность стрельбы в целом.*

## Постановка задачи и анализ литературы

При разработке огнестрельного оружия ставится задача создания такого оружия, свойства которого обеспечивали бы поражение заданных целей в различных условиях боевого применения. Свойства оружия тесно связаны с понятием «требования к оружию». Требования выступают как желаемые свойства, а свойства – как реализованные требования [1].

Всю совокупность свойств стрелкового оружия можно разделить на две группы: служебно-эксплуатационные и производственно-экономические.

Одной из важнейших составляющих служебно-эксплуатационных свойств является эффективность стрельбы. Стрелковое оружие, обладающее высокой эффективностью стрельбы, позволяет выполнить поставленную огневую задачу качественно, своевременно и с наименьшим расходом боеприпасов, что в свою очередь влияет на успешный исход боевой задачи в целом.

Эффективностью стрельбы называется степень соответствия результатов стрельбы поставленной боевой задаче [1 – 3]. Она зависит от свойств стрелкового оружия и условий боевого применения (рис. 1).

К свойствам стрелкового оружия, влияющим на эффективность стрельбы, относятся: меткость стрельбы, действие пули по цели, начальная скорость пули. Условия боевого применения оружия зависят от геометрических характеристик цели (размеров, формы

цели и т. д.), защищенности, маневренности, видимости цели и дальности до нее.

Так как эффективность стрельбы зависит от многих факторов, то охарактеризовать ее одним показателем сложно, для более полной и объективной оценки эффективности стрельбы целесообразно воспользоваться комплексом показателей.

Из литературных источников видно, что существует ряд подходов к оценке эффективности стрелкового оружия.

Так, в армии США [5, 6] эффективность стрельбы из стрелкового оружия принято оценивать по следующим показателям:

1. *Совокупное время показа мишеней, которое определяется как сумма времен (в минутах) показа каждой мишени до момента попадания в нее.* По оценке зарубежных специалистов, этот показатель учитывает не только число попаданий, но и затраченное на них время. Считается, что при прочих равных условиях образец оружия, обеспечивающий меньшее совокупное время показа, лучше других, поскольку вооруженное им подразделение будет нести меньшие потери за счет более быстрого снижения интенсивности ответного огня противника.

2. *Суммарное значение близких промахов (не превышающих 2 м).* С помощью этой величины специалисты выявляют уровень снижения эффективности ответного огня противника за счет реакции его личного состава на точность прицельного огня.

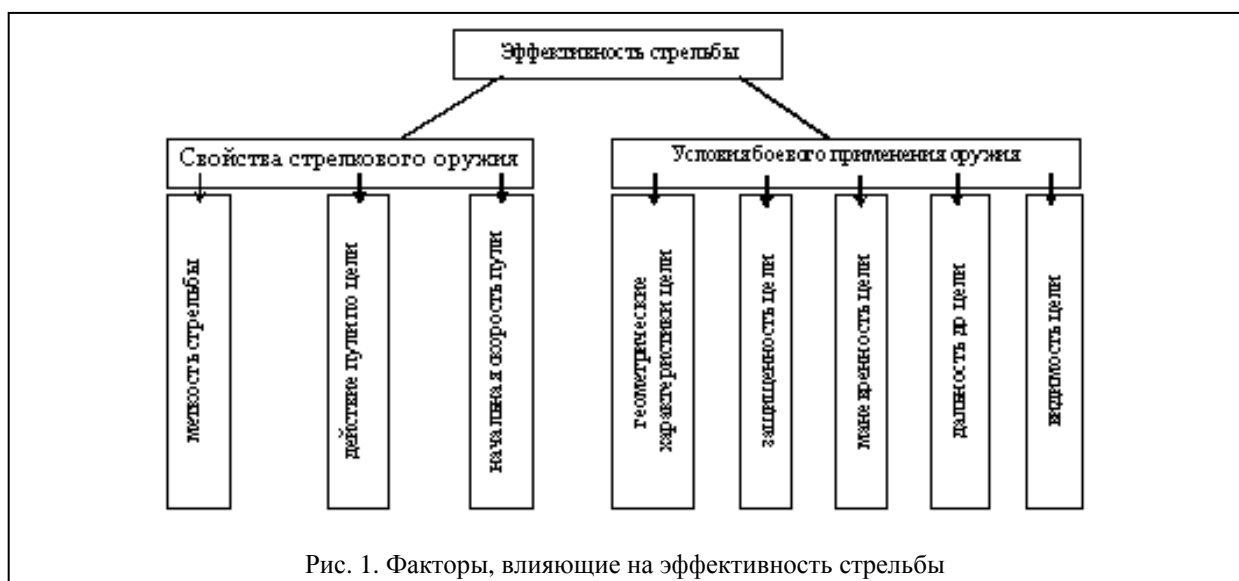


Рис. 1. Факторы, влияющие на эффективность стрельбы

3. *Количество боекомплекта, сохранившегося после выполнения поставленной задачи.* Специалисты армии США считают этот показатель основным, потому что, если при одном варианте вооружения отделение израсходует 50 % боекомплекта, чтобы достичь цели, а при другом 25 %, то последний вариант вооружения вдвое лучше.

Следующий автор [1] в своей работе рассматривает показатели эффективности стрельбы как:

1. Вероятность поражения цели при различной стрельбе (очередью, несколькими очередями).

2. Математическое ожидание числа пораженных целей, появляющихся в порядке случайных последовательностей при стрельбе одним стрелком и подразделением.

3. Эффективность отдельного образца при выполнении им комбинированных боевых задач.

В [3] эффективность стрельбы оценивается следующими показателями:

1. Вероятность попадания в цель.
2. Вероятность поражения одиночной цели.
3. Математическое ожидание числа (процента) пораженных фигур в групповой цели.

4. Средний ожидаемый расход боеприпасов на выполнение огневой задачи.

5. Средний ожидаемый расход времени на выполнение огневой задачи с учетом времени на подготовку к стрельбе и время на стрельбу.

Эффективность стрельбы ракетных комплексов в [4] оценивается таким образом:

1. Вероятность поражения цели, используется в том случае, если рассматривается применение комплекса для поражения малоразмерных одиночных целей.

2. Математическое ожидание ущерба, наносимого цели, применяется в случае поражения крупных целей, объектов, имеющих значительную площадь.

3. Математическое ожидание числа пораженных целей используется при поражении групп одинаковых малоразмерных целей.

4. Вероятность нанесения цели ущерба не менее заданного.

5. Вероятность поражения не менее заданного числа объектов.

**Цель статьи** – анализ и определение показателей эффективности стрельбы из стрелкового оружия; рассмотрение влияния параметров рассеивания на вероятность попадания и на эффективность стрельбы в целом.

### Основной материал

Рассмотренные показатели эффективности стрельбы, можно разделить по сходным признакам на четыре основных группы.

К *первой группе* относятся: вероятность попадания в цель, суммарное значение близких промахов.

*Вторая группа* включает: вероятность поражения малоразмерных одиночных целей, число пораженных объектов в составе групповой цели, математическое

ожидание ущерба, наносимого крупной цели, вероятность нанесения цели ущерба не менее заданного, вероятность поражения не менее заданного числа объектов в составе групповой цели.

В *третью группу* входят показатели: средний ожидаемый расход боеприпасов, количество боекомплекта, сохранившегося после выполнения поставленной задачи.

*Четвертую группу* составляют: средний ожидаемый расход времени на выполнение огневой задачи, совокупное время показа мишеней.

Специфика применения стрелкового оружия заключается в следующем:

стрельба ведется по одиночным малоразмерным целям или по группе таких целей;

зачастую попадание в цель влечет ее уничтожение, т.е. вероятность попадания в цель и вероятность ее поражения численно равны;

стрелковое оружие, как правило, применяется в условиях активного огневого противодействия противника, поэтому особое значение имеет время, необходимое для поражения цели;

относительно большой расход боеприпасов для выполнения огневой задачи при стрельбе из автоматического оружия делает задачу повышения экономичности стрельбы особенно актуальной.

Таким образом, для оценки эффективности стрельбы стрелкового оружия целесообразно использовать следующие показатели:

1. Вероятность попадания в цель (P).
2. Вероятность поражения цели (W).
3. Средний ожидаемый расход боеприпасов на выполнение огневой задачи (N).
4. Средний ожидаемый расход времени на выполнение огневой задачи (T).

Показатели эффективности стрельбы могут быть определены различными способами:

1. Вероятность попадания в цель [3, 4, 8, 9] (рис. 2.).

Определение вероятности попадания с помощью плотности распределения вероятности [3, 7 – 9]:



Рис. 2. Способы определения вероятности попадания

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \int_0^A e^{-\frac{(x-M_x)^2}{2\sigma_x^2}} dX \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \int_0^B e^{-\frac{(y-M_y)^2}{2\sigma_y^2}} dY, \quad (1)$$

где P – вероятность попадания в цель;

$\sigma_x$  [м] – среднеквадратическое отклонение координат точек попадания от оси рассеивания по боковому направлению;

$\sigma_y$  [м] – среднеквадратическое отклонение координат точек попадания от оси рассеивания по высоте;

$M_x$  [м] – математическое ожидание координат попадания пуль по боковому направлению;

$M_y$  [м] – математическое ожидание координат попадания пуль по высоте;

B [м] – высота цели;

A [м] – ширина цели.

Определение вероятности попадания сравнением площади цели с площадью сердцевины рассеивания применяется только в тех случаях, когда площадь цели меньше сердцевины рассеивания или равна ей. При этом допускается, что рассеивание пуль в пределах сердцевины равномерно и СТП пройдет через середину цели [3, 4, 8, 9]:

$$P = \frac{50\%s_{ц}}{c_{в}c_{б}}, \quad (2)$$

где  $s_{ц}$  [м<sup>2</sup>] – площадь цели;

$c_{в}$  [м] – величина сердцевинной полосы рассеивания по высоте;

$c_{б}$  [м] – величина сердцевинной полосы рассеивания по боковому направлению.

Определение вероятности попадания по шкале рассеивания, применяется, если в каком-либо направлении цель по своим размерам больше сердцевины рассеивания [3, 8, 9]

$$P = P_{в}P_{б}K, \quad (3)$$

где  $P_{в}$  – вероятность попадания в бесконечно длинную полосу, равную высоте цели;

$P_{б}$  – вероятность попадания в бесконечно длинную полосу, равную ширине цели;

K – коэффициент фигурности цели.

Определение вероятности попадания по таблице значений вероятностей, когда средняя точка попадания совпадает с серединой цели [3, 8, 9]:

$$P = \Phi(y / V_{всум})\Phi(x / V_{всум})K, \quad (4)$$

где  $\Phi(y / V_{всум})$  – табличное значение вероятности

попадания в полосу, равную высоте цели [3];

$\Phi(x / V_{всум})$  – табличное значение вероятности

попадания в полосу, равную ширине цели [3];

y [м] – половина высоты цели;

x [м] – половина ширины цели;

$V_{всум}$  [м] – суммарное срединное отклонение по высоте;

$V_{бсум}$  [м] – суммарное срединное отклонение по боковому направлению;

K – коэффициент фигурности цели.

Определение вероятности попадания по таблице значений вероятностей, когда средняя точка попадания не совпадает с серединой цели [3, 8, 9]:

$$P = \frac{1}{4} [\Phi(y_1 / V_{всум}) \pm \Phi(y_2 / V_{всум})] \times [\Phi(x_1 / V_{бсум}) \pm \Phi(x_2 / V_{бсум})] K, \quad (5)$$

где  $y_1$  [м] – расстояние от оси рассеивания по высоте до дальнего края цели;

$y_2$  [м] – расстояние от оси рассеивания по высоте до ближнего края цели;

$x_1$  [м] – расстояние от оси рассеивания по боковому направлению до дальнего края цели;

$x_2$  [м] – расстояние от оси рассеивания по боковому направлению до ближнего края цели;

$V_{всум}$  [м] – суммарное срединное отклонение по высоте;

$V_{бсум}$  [м] – суммарное срединное отклонение по боковому направлению;

K – коэффициент фигурности цели.

Знак плюс берется, когда ось рассеивания СТП проходит через цели, а знак минус, когда ось рассеивания СТП вне цели.

2. Вероятность поражения цели [3, 4, 7 – 9]:

$$W = 1 - \left(1 - \frac{P}{V}\right)^n, \quad (6)$$

где 1 – P – вероятность промаха;

n – число выстрелов;

V – требуемое число попаданий в цель для вывода ее из строя.

3. Средний ожидаемый расход боеприпасов на выполнение огневой задачи [3, 8, 9]:

$$N = \frac{V}{P}. \quad (7)$$

4. Средний ожидаемый расход времени на выполнение огневой задачи [3, 8, 9]:

$$T = T_1 + T_2, \quad (8)$$

где  $T_1$  – время подготовки первого выстрела;

$T_2 = \frac{N}{B}$  – время на стрельбу;

$N$  – математическое ожидание расхода боеприпасов;

$B$  – боевая скорострельность оружия с учетом режима огня.

Видно, что вероятность попадания в цель входит в расчетные формулы (6) – (8), причем при повышении значения вероятности растут и другие показатели эффективности, поэтому данный показатель можно считать основным. В случае автоматизации расчетов с использованием ЭВМ наиболее удобным и быстрым представляется расчет вероятности, описанный в [7], в основе которого лежит использование метода определения вероятности попадания с помощью плотности распределения вероятности. Рассмотрим пример расчета изменения эффективности стрельбы из 7,62-мм пулемета ПКМ при условии, что при температуре ствола  $T = 312$  °К и математическом ожидании начальной скорости пули  $V_0 = 845$  м/с, среднеквадратическое отклонение координат точек попадания от оси рассеивания по высоте равно  $\sigma_y = 0,15$  м, а при нагреве ствола от стрельбы до температуры, равной  $T = 587$  °К, данные величины равны:  $V_0 = 822,8$  м/с,  $\sigma_y = 0,51$  м. Примем, что в первом случае средняя траектория пройдет через центр цели (величины  $M_x, M_y$  будут равны нулю), а во втором случае средняя траектория пройдет через центр цели только по боковому направлению ( $M_x = 0$ ). Стрельба ведется по ростовой фигуре [3] на дальность 700 м при нормальных условиях.

Решение: Для того, чтобы найти вероятность попадания в цель по формуле (1), найдем среднеквадратическое отклонение по боковому направлению  $\sigma_x$  из таблиц стрельб [3] из условия, что  $B_x = 0,6745\sigma_x$  [9], где  $B_x$  – табличное значение среднего отклонения по боковому направлению для расстояния 700 м равно 0,42 м [3], тогда  $\sigma_x = 0,623$ .

По выражениям (1), (6) – (8) были рассчитаны показатели эффективности стрельбы для заданных условий (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели эффективности стрельбы**

Показатели эффективности	$T = 312$ °К	$T = 587$ °К
$P$	0,312	0,241
$W$	0,312	0,241
$N$	3,21	4,2
$T$	5,76	6

Из рассмотренного примера видно, что при увеличении дисперсии (разброса точек попадания) уменьшается вероятность попадания в цель, что в целом влияет на снижение эффективности стрельбы. Таким образом, рассмотрев мнение разных авторов на показатели эффективности стрельбы, мы пришли к выводу, что для оценки эффективности стрельбы из стрелкового оружия целесообразно использовать следующие показатели:

- 1) вероятность попадания в цель ( $P$ );
- 2) вероятность поражения цели ( $W$ );
- 3) математическое ожидание расхода боеприпасов ( $N$ );
- 4) математическое ожидание расхода времени на поражение цели ( $T$ ).

Основной задачей дальнейших исследований является изучение влияния параметров боеприпаса на начальную скорость пули и эффективность стрельбы.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Теория и расчет автоматического оружия: Учебник / Под ред. В.М. Кирилова. – Пенза: ПВАИУ, 1973. – 493 с.
2. Петухов С.И., Степанов А.Н. Эффективность ракетных средств ПВО. – М.: Воениздат МО СССР, 1976. – 104 с.
3. Наставление по стрелковому делу / Под ред. В.М. Чайка. – М.: Воениздат, 1985. – 640 с.
4. Волков Е.Б., Дворкин В.З., Прокудин А.И. Технические основы эффективности ракетных систем. – М.: Машиностроение, 1989. – 256с.
5. Соколов Д. Оценка эффективности стрелкового оружия // Зарубежное военное обозрение. – 1981. – № 9. – С. 31 – 33.
6. Большаков В.Н. К вопросу о необходимости системного анализа предложений по принятию на вооружение и оснащение образцов спецтехники, вооружения, тактических приемов и их правового регулирования в интересах органов и подразделений специального назначения МВД Украины // Сучасна спеціальна техніка. – 2003. – № 1 – С. 37 – 39.
7. Проектирование ракетных и ствольных систем / Под ред. Б.В. Орлова. – М.: Машиностроение, 1974. – 828 с.
8. Семиколенов Н.П., Бондаренко Ф.Г., Краснер Н.Я. Основы стрельбы из оружия стрелковых подразделений. – М.: Воениздат, 1958. – 266 с.
9. Шапиро Я.М. Внешняя баллистика. – М.: Гос. изд-во оборонной промышленности, 1946. – 408 с.

Поступила 13.12.2005

Рецензент: канд. техн. наук доцент О.М. Сальников, Военный институт ВВ МВД, Харьков.