А.И.Буравлев, доктор технических наук, профессор
В.С.Брезгин, кандидат технических наук, доцент

Об оценке эффективности поражения высокоточным оружием объектов военно-экономического потенциала

В статье рассматривается методический подход к оценке эффективности поражения ВТО объектов военно-экономического потенциала. Рассматриваемые объекты и средства поражения обладают рядом специфических свойств, что не позволяет напрямую применять к ним известные расчетные методики. В статье предлагается новая методика оценки эффективности применения ВТО по групповым функционирующим объектам. Приводится иллюстрирующий пример.

Введение

В современных войнах и военных конфликтах применение высокоточного оружия (ВТО) рассматривается не только для поражения войсковых объектов, но и объектов военно-экономического потенциала [1]. Примерами таких объектов являются объекты топливно-энергетического комплекса, коммуникаций, государственного и территориального управления, войсковые объекты оперативно-стратегического значения. Это связано, с одной стороны, с высокой стоимостью данного вида оружия, а, с другой, – необходимостью нанесения ущерба стратегически важным объектам, сводя при этом к минимуму ущерб, наносимый окружающей среде, гражданским объектам и населению. Поэтому основным требованием, предъявляемым к ВТО, является высокая *точность* и *избирательность применения*, обеспечивающие при этом *гарантированное поражение* заданных объектов.

Объекты военно-экономического потенциала представляют собой сложные групповые объекты, включающие некоторую совокупность элементарных целей, рассредоточенных на ограниченном пространстве и связанных между собой функционально-технологическими связями. Поражение такой цели по определенному типу возможно, если будет поражена определенная совокупность (*критическая комбинация*) ее элементарных целей. Набор критических комбинаций характеризует структуру уязвимости объекта.

Особенностью применения ВТО по таким объектам является точное определение координат элементарных объектов для выбранной критической комбинации с помощью воздушно-космической и агентурной разведки, расчет оптимальной траектории полета средств ВТО к цели и обеспечение точного наведения на элементарные объекты, гарантирующее с высокой вероятностью прямое попадание в них. В состав ВТО входят как моноблочные, так и кассетные боевые части с самонаводящимися боевыми элементами.

Указанные выше особенности существенно отличают применение ВТО от применения обычного оружия. Поэтому при оценке эффективности применения ВТО известные критерии и показатели эффективности, используемые в существующих руководствах и методиках, не всегда применимы.

В частности, при оценке эффективности поражения групповых целей, как правило, исходят из статистически равномерного расположения элементов в составе групповой цели, а сама элемент представляется точечным объектом. В качестве точки прицеливания при залповой и серийной стрельбе рассматрива-

ется центр групповой цели. Показателем эффективности поражения групповой цели выступает относительный ущерб в виде отношения среднего числа пораженных элементарных целей к общему их числу или средней площади обобщенной зоны поражения к общей площади групповой цели [2, 3].

В данной статье рассматривается подход к оценке эффективности поражения военно-экономических объектов ВТО, учитывающий особенности, как объектов, так и средств поражения.

Методика оценки эффективности поражения высокоточным оружием сложных групповых объектов

В качестве основных допущений в рассматриваемой методике принимаются следующие допущения:

1) для каждого сложного группового объекта известен набор критических комбинаций элементарных целей, поражение которых приводит к поражению объекта;

2) для каждой элементарной цели, входящей в критическую комбинацию, известны координаты ее местоположения и геометрические размеры;

3) поражение элементарной цели возникает в случае прямого попадания средства поражения (СП) и накрытия его приведенной зоной поражения;

4) элементарная цель представляет собой прямоугольник с точкой привязки географических координат в ее центре;

5) наведение СП осуществляется в точку привязки географических координат элементарной цели;

6) рассеивание СП является нормальным относительно точки прицеливания (наведения) с нулевой систематической ошибкой;

7) приведенная зона поражения СП представляет собой прямоугольник, стороны которого параллельны главным осям рассеивания.

Указанные допущения практически не отличаются от принятых в теории боевой эффективности [2, 3] и позволяют вполне корректно решать поставленную задачу.

Для определения критических комбинаций элементарных целей, приводящих к поражению группового объекта, с помощью экспертов формируется диагностическая таблица, связывающая результат поражения элементарной цели с поражением объекта. В этой таблице результат поражения *i*-ой элементарной цели характеризуется значением переменной $x_i=1$, а ее непоражение – значением $x_i=0$.

Таблица 1 – Диагностическая таблица группового объекта

x_1	x_2	x_3	…	x_n	$y=\phi(x_1,x_2,\ldots,x_n)$
1	0	1		0	1
1	1	0		0	0
0	0	1		1	0
…					
1	1	1		1	1

Результат огневого воздействия ВТО по групповому объекту описывается логической функцией $y=\phi(x_1,x_2,\ldots,x_n)$, принимающей также значение $y=1\cup0$ в зависимости от того, будет поражен или не поражен объект при поражении определенной комбинации элементарных целей. Из общего числа 2^n возможных комбинаций выбираются комбинации, для которых логическая функция принимает значение $y=1$. Эти комбинации элементарных целей и есть критические комбинации группового объекта.

Пусть в составе некоторой критической комбинации объекта находится m элементар-

ных целей из общего их числа n. Для поражения одной элементарной цели необходимо прямое попадание СП в контур цели, проникание через преграду и поражение цели осколочно-фугасным, фугасно-зажигательным или другим видом поражающего действия.

Проникающее действие СП характеризуется вероятностью пробивания преграды *G*, а ее запреградное действие – площадью (объемом) приведенной зоны поражения (ПЗП) $S_{П}=l_y\times l_z$, где l_y, l_z – линейные размеры ПЗП (рисунок 1).

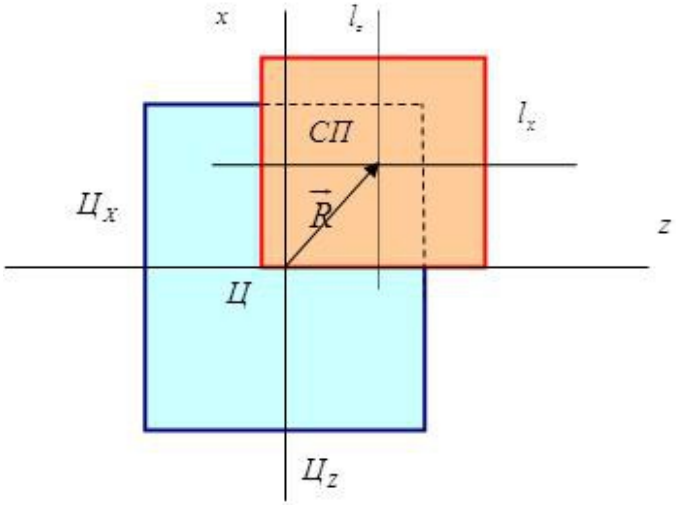

Рисунок 1 – Схема применения высокоточного СП по элементарной цели

Вероятность поражения элементарной цели определяется вероятностью пробивания СП преграды цели и величиной (долей) перекрытия ее площади $S_{Ц}=Ц_y\times Ц_z$ приведенной зоной поражения СП [4]

$$W=\frac{G\overline{V}_y\overline{V}_z}{Ц_y Ц_z} \qquad (1)$$

где $\overline{V}_y, \overline{V}_z$ – средние значения перекрытий линейных размеров элементарной цели линейными размерами ПЗП. Если элементарная цель не имеет специальной защиты, то принимается *G*=1.

В работе [4] получено приближенное аналитическое выражение для средних перекрытий в следующем виде:

$$\overline{V}=min\{AP-B;РЦ;Pl\}, \qquad (2)$$

где: $A=\frac{Ц+l}{2}$; $P=2\Phi\left(\frac{Ц}{2\sigma}\right)-1$ – вероятность попадания в отрезок $\left[-\frac{Ц}{2},\frac{Ц}{2}\right]$;

$$B=\sigma\sqrt{\frac{2}{\pi}}\left[1-\exp\left(-\frac{Ц^2}{8\sigma^2}\right)\right];$$

$\Phi(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{u^2}{2}}du$ – табличная функция нормального распределения (функция Лапласа); σ – среднее квадратическое отклонение (СКО) промаха СП по определенной координате.

Для расчета вероятности попадания в элементарную цель вместо табличной функции $\Phi(x)$ рекомендуется использовать логистическую функцию $\Psi(x)=\frac{1}{1+\exp(-1{,}7x)}$, которая дает погрешность аппроксимации функции Лапласа $\Phi(x)$ в диапазоне $-3\leqslant x\leqslant 3$ не выше 1%.

Рассчитав вероятности поражения элементарных целей W_i, ($i=\overline{1,n}$), входящих в групповой объект, можно определить вероятность поражения группового объекта для выбранной критической комбинации

$$W_0^{(s)}=\prod_{i=1}^{m}W_i\prod_{k=m+1}^{n}(1-W_k). \qquad (3)$$

Если таких критических комбинаций несколько ($s=\overline{1,l}$), то целесообразно выбрать комбинацию s*, обеспечивающую максималь-

ную вероятность поражения группового объекта

$$s^{*} = arg\{\max_{1 \leqslant s \leqslant l} W_0^{(s)}\}. \quad (4)$$

Для такой критической комбинации потребуется наименьший потребный наряд СП для поражения как отдельных элементарных целей, так и всего объекта

$$\omega_i = \frac{lg(1-W_Г)}{lg(1-(1-P_{ПВО})W_i)}; \ \omega_0 = \sum_{i=0}^{m} \omega_i, \quad (5)$$

где $W_Г$ – гарантийная вероятность поражения элементарной цели;

РПВО – вероятность поражения СП средствами ПВО на маршруте и у объекта. Если СП имеет кассетную боевую часть с самонаводящимися боевыми элементами, то расчет вероятности поражения объекта также может быть произведен по формулам (1)...(5) для боевых элементов кассетного СП.

Рассмотрим пример применения данной методики.

Пример

Объектом поражения выбран нефтеперерабатывающий завод (НПЗ). Наиболее уязвимыми его элементами являются ректификационная колонна технологической установки прямой перегонки нефти, вакуумная печь и вакуумная колонна атмосферно-вакуумной установки. Линейные размеры ректификационной колонны $Ц_Y$ =45м, $Ц_Z$ =7м; вакуумной печи $Ц_Y$ =20м, $Ц_Z$ =15м; вакуумной колонны $Ц_Y$ =36м, $Ц_Z$ =13м.

По объекту планируется применение крылатой ракеты с боевой частью осколочно-фугасного типа массой *G*=220 кг, приведенная зона поражения которой по типу А имеет размеры l_y =15м, l_z =10м. СКО промаха КР составляют $\sigma_y = \sigma_z = 5{,}5$ *м*.

Предполагается, что при попадании ракеты в элементарную цель, она с вероятностью единица проникает за преграду цели.

Для поражения НПЗ необходимо либо полное разрушение ректификационной колонны технологической установки перегонки нефти, либо разрушение вакуумной печи и вакуумной колонны атмосферно-вакуумной установки.

Требуется оценить вероятность поражения уязвимых элементов НПЗ и потребный наряд крылатых ракет для его уничтожения.

Решение

Найдем вероятность поражения ректификационной колонны при попадании в нее крылатой ракеты по формулам (1), (2). Вероятность попадания ракеты в прямоугольник $Ц_y \times Ц_z = 45 \times 7$ *м*^{2} составляет

$$P = P_y \times P_z = \left[2\Phi\left(\frac{Ц_y}{2\sigma}\right) - 1\right] \times \left[2\Phi\left(\frac{Ц_z}{2\sigma}\right) - 1\right] =$$

0,998 * 0,494 = 0,493.

Рассчитаем средние линейные перекрытия $\bar{V}_x, \bar{V}_z$ для ректификационной колонны:

$\bar{V}_y = min\{A_y P_y - B_y; P_y Ц_y; P_y l_y\}$ = min {25,3; 45,0; 15,0} = 15,0 м;

$\bar{V}_z = min\{A_z P_z - B_z; P_z Ц_z; P_z l_z\}$ = min {3,4; 4,5; 4,9} ≈ 3,4 м.

Площадь перекрытия ректификационной колоны ПЗП КР составляет $\bar{V} = \bar{V}_x, \bar{V}_z$ = 15,0 * 3,4 = 50,3 *м*^{2}, при этом вероятность поражения ректификационной колонны будет равна W_1 = 0,16.

Аналогичным образом рассчитываем вероятности поражения вакуумной печи W_2 = 0,32 и вакуумной колонны W_3 = 0,21.

Если по каждой элементарной цели действует одна ракета, то вероятность поражения НПЗ тремя ракетами составит

$W_0 = W_1 + (1 - W_1) W_2 W_3$ = 0,16 + 0,84 * 0,32 * 0,21 ≈ 0,22.

Найдем потребный наряд для поражения НПЗ с гарантированной вероятностью WГ= 0,8 при противодействии ПВО с вероятностью РПВО ⩽ 0,15:

$$\omega = \frac{lg(1-0{,}8)}{lg(1-(1-0{,}15)0{,}22)} = 7{,}7 \text{ ед.}$$

Таким образом, для надежного уничтожения НПЗ потребуется практически 8 крылатых

ракет с индивидуальным наведением по уязвимым элементам.

Заключение

Рассмотренная методика оценки эффективности действия ВТО по объектам военно-экономического потенциала учитывает практически все особенности объектов поражения и применяемых по ним средств ВТО. С расчетной точки зрения методика является достаточно простой и легко программируется без применения специальных программных средств. В методике используются исходные данные по объектам и средствам поражения, содержащиеся в современных руководствах по боевому применению и информационных базах данных.

С учетом вышесказанного предлагаемую методику целесообразно использовать при разработке специального программного обеспечения для автоматизированных систем планирования боевого применения средств ВТО.

Список использованных источников

1. Макнаб К., Китер Х. Оружие уничтожения XXI века. – М.: ЭКСМО, 2009.

2. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии. Военно-теоретический труд / Под ред. А.А. Бобрикова. – СПб.: Академия военных наук. – 2006.

3. Буравлев А.И., Буренок В.М., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники. – СПб.: ВАТТ, 2011.

4. Буравлев А.И. Методика оценки вероятности поражения размерных объектов высокоточными средствами поражения // Вооружение и экономика. – 2012. – №3 (15).