

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЙ ПРОТИВОБОРСТВУЮЩИХ СТОРОН

Ю.С. Голумбиевский, В.В. Ящишин
(представил проф. В.А. Прокопов)

Предлагается математическая модель расчета эффективности огневого удара.

Постановка задачи. Требования, предъявляемые к управлению огневыми ударами в условиях современного боя, определяют необходимость разработки новых методов оперативно-тактических расчетов, применение которых позволило бы, с одной стороны – учитывать большее количество значащих факторов, влияющих на эффективность планируемых ударов, а с другой – обеспечить своевременность принятия решений об их нанесении. Понятно, что принимаемые решения должны обосновываться результатами, полученными при решении некой оптимизационной задачи. Отсюда вытекает актуальность разработки методов оперативно-тактических расчетов, позволяющих получать априорную оценку эффективности огневых ударов и решать задачу распределения целей в реальном масштабе времени работы органов управления войсками.

Цель статьи: разработка математического аппарата оценки эффективности нанесения огневого удара при планировании боевых действий, который будет учитывать влияние тактико-технических параметров боеприпаса, объекта поражения, точности прицеливания на вероятность поражения объекта и величину понесенного им ущерба.

Решение задачи. Рассмотрим процесс нанесения удара по одиночному объекту при его поражении одной боевой частью (БЧ). Предположим, что с одной пусковой установки будет проводиться не один, а несколько огневых ударов по одной и той же точке прицеливания, то распределение точек падения БЧ может быть представлено совокупностью точек, показанных на рис. 1.

Смещение центра рассеивания относительно точки прицеливания в рассматриваемом случае обусловлено ошибками определения координат пусковой установки, цели, а также методическими ошибками расчета полетного задания [1]. Эти ошибки вызывают случайные, но в данной серии пусков ракет одинаковые (повторяющиеся) отклонения точек падения всех БЧ от точки

прицеливания \bar{L}_0 . Вектор \bar{L}_0 назовем ошибкой-вектором подготовки данных, а его проекции x_0 и y_0 отклонениями центра рассеивания от точки прицеливания по дальности и боковому направлению. Случайные величины x_0 и y_0 , характеризующие отклонение центра рассеивания, подчиняются нормальному закону распределения, между собой независимы и имеют соответствующие среднеквадратические отклонения (СКО) σ_x^0 и σ_y^0 .

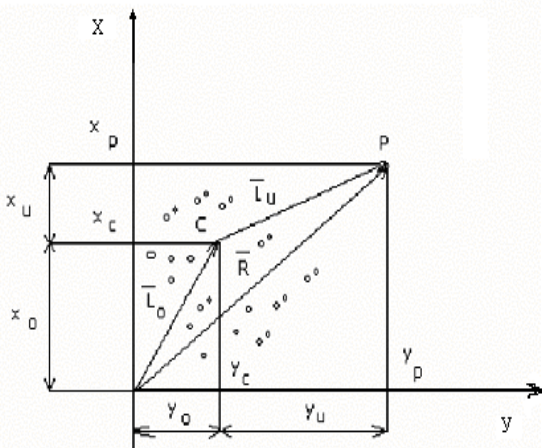


Рис. 1. Отклонение точки падения БЧ

Остальные источники ошибок, действующие при подготовке ракет к пуску, в процессе их пуска и при полете БЧ, вызывают дополнительное отклонение точек падения \bar{L}_u , индивидуальное для каждой ракеты (БЧ).

Вектор \bar{L}_u назовем ошибкой-вектором рассеивания, а его проекции: $x_u = x_p - x_c$ и $y_u = y_p - y_c$ – отклонениями точки падения БЧ от центра рассеивания по дальности и боковому направлению.

В результате теоретических исследований и обработки результатов пусков ракет установлено, что случайные величины x_u и y_u являются практически некоррелированными между собой [2], а закон распределения каждой из них близок к нормальному закону распределения с приведенными СКО σ_x^u и σ_y^u соответственно. Рассмотрим полное (суммарное) отклонение точки падения БЧ от точки прицеливания в виде суммы

$$\bar{R} = \bar{L}_0 + \bar{L}_u. \quad (1)$$

Равенству (1) соответствуют два скалярных равенства:

$$x_p = x_0 + x_u; \quad y_p = y_0 + y_u. \quad (2)$$

При исследовании эффективности ударов для простоты расчетов часто принимают круговой нормальный закон распределения. Тогда плотность совместного распределения суммарных отклонений точки падения БЧ от точки прицеливания, записываемая в системе координат с началом в точке прицеливания, имеет вид [2]:

$$f(x_p, y_p) = \frac{1}{2\pi\sigma_p^2} \exp\left(-\frac{(x_p - x_t)^2 + (y_p - y_t)^2}{2\sigma_p^2}\right), \quad (3)$$

где x_t, y_t – координаты точки прицеливания; $\sigma_p = \sigma_x^p = \sigma_y^p$.

Определим функцию ущерба как зависимость уровня ущерба от вероятности поражения объекта. Для количественной оценки уровня ущерба введем предельные состояния объекта поражения (табл. 1). Каждое предельное состояние объекта характеризуется требуемым временем восстановления: $T_{ss}^t, T_{sr}^t, T_{sl}^t$ – после сильной, средней и слабой степени повреждения соответственно.

Таблица 1

Расчетные предельные состояния объектов поражения

Крайние состояния объекта и их описание		
Сильная степень повреждения	Средняя степень повреждения	Слабая степень повреждения
Есть вытеснение, откол, разрушение; или вытеснение, разрушение; или разрушение защитного сооружения	Есть только откол защитного сооружения	Есть только попадание в защитное сооружение

Каждая степень поражения наступает с некоторой вероятностью. При рассмотрении конкретного объекта поражения и заданного боеприпаса значения указанных вероятностей будут определяться расстоянием точки взрыва от объекта [4]. В нашем случае (рис. 1) это расстояние определяется вектором \bar{R} . Пусть $P_{ss}(R), P_{sr}(R), P_{sl}(R)$ – вероятности сильной, средней и слабой степени повреждения соответственно.

Рассмотрим случайную величину – время восстановления объекта T_B , принимающую значения $T_{ss}^t, T_{sr}^t, T_{sl}^t$ с вероятностями $P_{ss}(R), P_{sr}(R), P_{sl}(R)$. Определим математическое ожидание T_B :

$$M[T_B] = T_{ss}^t P_{ss}(R) + T_{sr}^t P_{sr}(R) + T_{sl}^t P_{sl}(R),$$

которое характеризует уровень ущерба объекта в зависимости от вероятности его поражения. Тогда в качестве функции ущерба определим

$$W = M[T_B]. \quad (4)$$

Таким образом, оценку эффективности применения конкретного боеприпаса можно свести к определению точки взрыва, нахождению расстояния R^* и расчету $P_{ss}(R^*), P_{sr}(R^*), P_{sl}(R^*)$ для заданного объекта поражения.

Определение зависимостей $P_{ss}(R^*), P_{sr}(R^*), P_{sl}(R^*)$ аналитически представляется сложной задачей. Поэтому предлагается использовать метод имитационного моделирования [3]. Представим схему имитационной модели оценивания эффективности огневого удара при поражении заданного объекта (рис. 2). В имитационной модели в N реализациях каждый раз по-

сле нахождения R как случайной величины с нормальным законом распределения с учетом ТТХ боеприпаса и объекта поражения для последнего по методике определения ущерба определяется степень повреждения. Выполнив N реализаций, в блоке обработки статистики определяются оценки вероятностей $P_{ss}(R^*)$, $P_{sr}(R^*)$, $P_{s/}(R^*)$. Далее, в блоке оценивания эффективности огневого удара рассчитывается функция ущерба W .



Рис. 2. Схема имитационной модели оценивания ракетного удара

Выводы. Предложена математическая модель, позволяющая рассчитать эффективность огневого удара с учетом тактико-технических параметров, как боеприпаса, так и объекта поражения и оценить ущерб, нанесенный объекту поражения. В перспективе, использование математической модели позволит упростить прогнозирование эффективности огневого удара при планировании ведения боевых действий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фендриков Н.М., Яковлев В.И. Методы расчетов боевой эффективности вооружения. – М.: Воениздат, 1971. – 224 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
3. Прицнер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II. – М.: Мир, 1981. – 648 с.
4. Пилипенко О.М., Звиглянич С.М., Литвинов Ю.С. Задача распределения ресурсов в системе с учетом ее элементов // Системи обробки інформації. – Х.: ХФВ "Транспорт України". – 2000. – Вип. 1(11). – С. 204 – 208.

Поступила 12.01.2004

ГОЛУМБИЕВСКИЙ Юрий Сергеевич, в 2002 году окончил Харьковский военный

университет. Область научных интересов – моделирование боевых действий.

ЯЩИШИН Владислав Васильевич, в 2001 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – моделирование боевых действий.
