

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОТБОРА ЦЕЛЕЙ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫМ ЗЕНИТНЫМ РАКЕТНЫМ КОМПЛЕКСОМ В УСЛОВИЯХ ВОЗДУШНОГО НАЛЕТА ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

В.В. Воронин, Г.С. Залевский, А.Б. Скорик, Г.Н. Зубрицкий
(Харьковский университет Воздушных Сил)

Предлагается один из возможных методов решения задачи отбора целей для уничтожения при управлении огнем многоканального зенитного ракетного комплекса. Метод основывается на учете подлетного времени целей к рубежу выполнения задачи и их тактической важности. В статье обсуждаются особенности реализации разработанного алгоритма отбора целей, а также демонстрируются результаты математического моделирования его работы в условиях, когда количество целей в ударе значительно превышает число целевых каналов комплекса.

задача отбора целей, многоканальный зенитный ракетный комплекс

Постановка проблемы. Для повышения эффективности ведения противовоздушного боя в современных условиях большое значение приобретает разработка технических средств, связанных с автоматизацией управления огнем многоканального зенитного ракетного комплекса (ЗРК). В работе [1] сформулирована задача автоматизации управления огнем в многоканальном ЗРК, и предложено ввести в состав аппаратуры РЛС ЗРК автоматизированное рабочее место командира (АРМК), позволяющее расширить возможности получения данных о целях от различных источников радиолокационной информации (ИРЛИ), а также учитывать возможности оперативного управления как в составе группировок (при управлении с вышестоящего КП), так и самостоятельного ведения боя. В этой же работе определены задачи, которые должно решать АРМК, основными из которых можно считать обработку поступающей радиолокационной информации и отбор целей для уничтожения с последующим их распределением между целевыми каналами многоканального ЗРК. В случае, когда число целей в воздушном ударе значительно превышает число целевых каналов и плотность налета такова, что по времени ЗРК не успевает обслужить все цели (невозможна полная реализация его потенциальных огневых возможностей), возникает проблема выбора очередности обстрела целей. Сущность выбора заключается в отборе из общего числа целей в ударе для уничтожения многоканальным ЗРК наиболее важных из них, т.е. способных нанести обороняемому объекту наибольший ущерб.

Эффективность управления огнем и противовоздушного боя в целом оценивается показателем предотвращенного ущерба объекту обороны [2]:

$$K_{\text{пу}} = \frac{\sum_{k=1}^{N_{\text{обстр}}} P_{\text{пор}_k} C_k}{\sum_{k=1}^{N_{\text{обстр}}} C_k}, \quad (1)$$

где $N_{\text{обстр}}$ – количество обстрелянных целей; $P_{\text{пор}_k}$ – вероятность поражения k -й цели за стрельбу; C_k – тактическая важность k -й цели.

Таким образом, отбор целей для уничтожения должен осуществляться так, чтобы показатель предотвращенного ущерба был максимальным.

Анализ литературы. В настоящий момент рассматриваемая в статье задача решается только на командных пунктах более высокого уровня (ЗРС, КП соединений (частей) ЗРВ) и производится по критерию подлетного времени целей к дальней (ближней) границе зоны поражения ЗРК [3 – 5]. Такой подход эффективен в случае, когда количество распределяемых целей не превышает количества имеющихся стрельбовых каналов, т.е. имеется возможность обстрела всех целей из состава налета. В современных условиях количество целей, как правило, превышает число каналов ЗРК и обстрел всех целей весьма затруднителен. В настоящее время решение задачи отбора целей в такой обстановке возложено на командира, который определяет приоритетность целей на основании личного опыта по косвенным признакам (вид траектории, скорость целей и т.д.) [6]. Автоматизировано эта задача не решается.

В данной статье рассматривается один из возможных подходов к решению задачи отбора целей при управлении огнем в многоканальном ЗРК, предусматривающий совместный учет подлетного времени целей к рубежу выполнения задачи и их тактической важности.

В качестве исходной информации для оценки тактической важности целей в данной статье использовались результаты, описанные в работе [7].

Целью статьи является разработка метода отбора целей для уничтожения многоканальным ЗРК, максимизирующего показатель предотвращенного ущерба, в условиях налета высокой интенсивности (когда количество целей превышает число целевых каналов), основанного на совместном учете подлетного времени целей к рубежу выполнения задачи, а также их тактической важности.

Отбор целей для уничтожения многоканальным ЗРК по критерию максимума предотвращенного ущерба. Далее предполагаем, что от внешних ИРЛИ на АРМК по каждой цели поступают данные в виде координат целей, параметров их движения, а также о классе (типе) цели. Цели движутся прямолинейно и равномерно.

Для решения задачи отбора необходимо выбрать критерий μ , определяющий очередность уничтожения j -й цели ($j \in 1, N_{\text{ц}}$, $N_{\text{ц}}$ – количество

во целей, информация о которых поступает на АРМК), максимизирующий показатель предотвращенного ущерба $K_{пу}$. Данный критерий должен учитывать подлетное время j -й цели $t_{подл j}$ до рубежа выполнения задачи $D_{рвз j}$ и ее тактическую важность C_j .

В данной работе необходимый критерий введен на основании результатов вычислительных экспериментов, проведенных для воздушных налетов различного состава и интенсивности, и имеет вид:

$$\mu_j(\alpha) = \frac{\tilde{t}_{подл j}}{\tilde{C}_j^\alpha}, \quad (2)$$

где

$$\tilde{t}_{подл j} = \frac{t_{подл j}}{\max_j(t_{подл j})} - \quad (3)$$

нормированное подлетное время j -й цели;

$$\tilde{C}_j = C_j / \sum_{j=1}^N C_j - \quad (4)$$

нормированная тактическая важность цели; α – параметр, который подлжит вычислению.

Таким образом, процесс выбора очередности обстрела целей предусматривает нормирование величин подлетного времени и тактической важности целей, вычисление для каждой j -й цели параметра $\mu_j(\alpha)$ при фиксированном параметре α . Цели размещаются в порядке возрастания $\mu_j(\alpha)$. После этого формируется вектор $\vec{\tilde{C}}_{обстр}(\alpha) = \{\tilde{C}_{обстр}(\mu_k(\alpha))\}$ ($k \in 1, N_{обстр}$, $N_{обстр}$ – количество целей, которые могут быть обстрелянными ЗРК до рубежа выполнения боевой задачи) – вектор, элементами которого являются тактические важности из массива $\vec{\tilde{C}} = \{\tilde{C}_j\}$, соответствующие целям, которые могут быть обстрелянными до рубежа выполнения боевой задачи. Оптимальный параметр $\alpha_{опт}$ соответствует максимуму показателя предотвращенного ущерба при заданной функции (2):

$$\alpha_{опт} = \operatorname{argmax}(K_{пу}(\alpha)), \quad (5)$$

где

$$K_{пу}(\alpha) = \sum_{k=1}^{N_{обстр}} P_{порк} \tilde{C}_{обстр}(\mu_k(\alpha)). \quad (6)$$

Окончательно очередность обстрела целей выбирается соответствующей вектору $\tilde{C}_{\text{обстр}}(\alpha)$, при котором $\alpha = \alpha_{\text{опт}}$.

Таким образом, выражения (2), (5) и (6) представляют алгоритм выбора очередности обстрела целей, обеспечивающий максимум показателя предотвращенного ущерба в условиях фиксированного воздушного налета при заданном критерии (2).

В соответствии с полученным алгоритмом для решения задачи отбора целей на АРМК осуществляется решение следующих операций:

1) расчет углов доворота РЛС ЗРК исходя из траекторных параметров целей для обеспечения максимально возможного времени пребывания целей в секторе поиска;

2) оценка рубежа выполнения боевой задачи j -й целью $D_{\text{рвз } j}$ по полученным траекторным данным и заданной модели движения цели;

3) оценка подлетного времени $t_{\text{подл } j}$ каждой j -й цели к рубежу выполнения задачи, вычисляемое по формуле (с учетом принятой модели движения цели):

$$t_{\text{подл } j} = \frac{D_{\text{ц } j} - D_{\text{рвз } j}}{V_{\text{ц } j}}, \quad (7)$$

где $D_{\text{ц } j}$ – дальность обнаружения j -й цели; $V_{\text{ц } j}$ – скорость j -й цели, а также нормирование полученных оценок в соответствии с формулой (3);

4) оценка тактической важности j -й цели C_j и ее нормировка в соответствии с формулой (4);

5) задание значения параметра α ;

6) вычисление значений $\mu_j(\alpha)$ для каждой j -й цели;

7) расстановка целей в порядке возрастания величины $\mu_j(\alpha)$;

8) вычисление вектора $\tilde{C}_{\text{обстр}}(\alpha)$;

9) запоминание номеров целей, соответствующих важностям, составляющим массив $\tilde{C}_{\text{обстр}}(\alpha)$;

10) вычисление показателя предотвращенного ущерба $K_{\text{пу}}(\alpha)$ для заданного значения α ;

11) повторение операций (6 – 10) для каждого значения параметра α из заданного диапазона;

12) вычисление $\alpha_{\text{опт}}$ в соответствии с (5);

13) выдача данных о целях, соответствующих α_{opt} в подсистему распределения целей по целевым каналам РЛС ЗРК.

Структурная схема разработанного алгоритма представлена на рис. 1. Далее в работе демонстрируются данные математического моделирования работы созданного алгоритма.

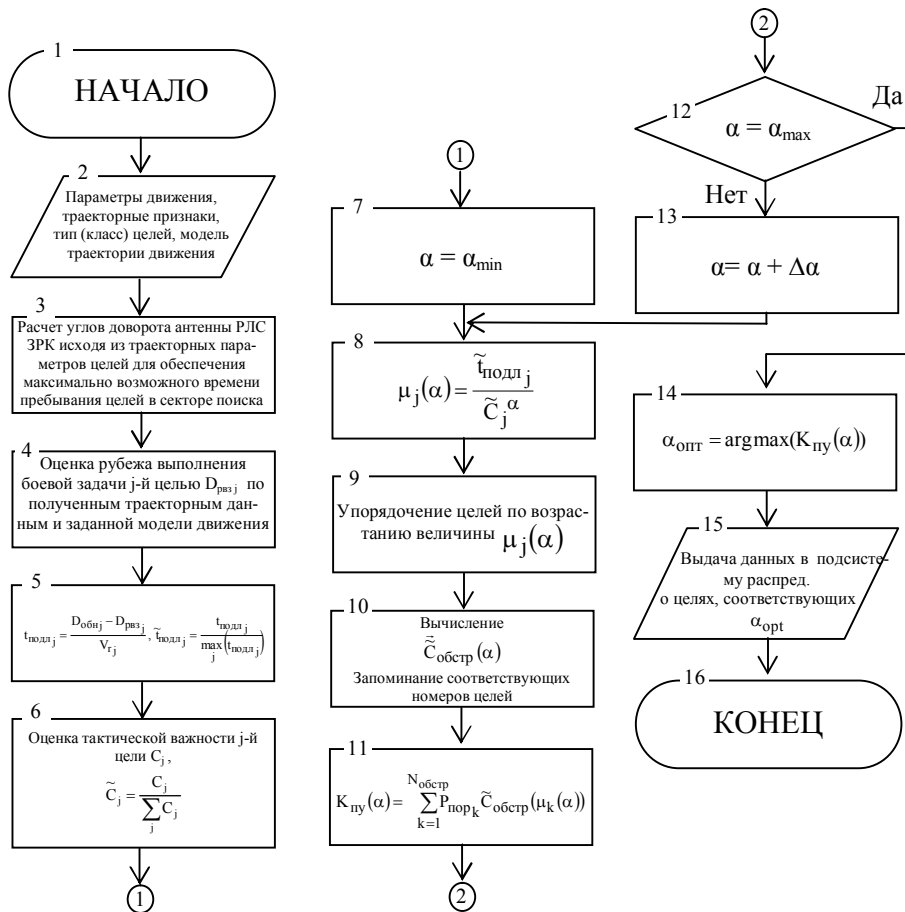


Рис. 1. Структурная схема алгоритма выбора очередности обстрела целей по критерию максимума показателя предотвращенного ущерба

Оценка эффективности управления огнем многоканальным ЗРК при применении алгоритма отбора целей для уничтожения по критерию максимума предотвращенного ущерба. С помощью разработанного алгоритма проведена оценка эффективности управления огнем

ЗРК с шестью целевыми каналами в условиях воздушных ударов с различным составом и плотностью по критерию максимума предотвращенного ущерба.

Как и ранее используется модель прямолинейного и равномерного движения целей. Позиция огневого подразделения ЗРВ расположена относительно обороняемого объекта так, что рубежи выполнения боевой задачи всех рассматриваемых целей расположены в пределах зоны поражения ЗРК. Тактические важности присвоены целям в соответствии с методикой оценки, приведенной в работе [7]. Обстрел целей осуществляется очередью из двух ракет с вероятностью поражения цели за стрельбу $P_{пор,j} = P_{пор} = 0,91$.

В данной статье при моделировании использовались четыре различных воздушных налета, с разным составом целей.

Рассчитанные показатели предотвращенного ущерба представлены на рис. 2 – 5.

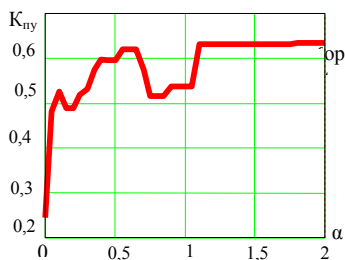


Рис. 2. Зависимость $K_{пу}$ от α для налета 1

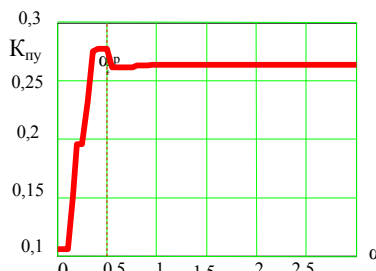


Рис. 3. Зависимость $K_{пу}$ от α для налета 2

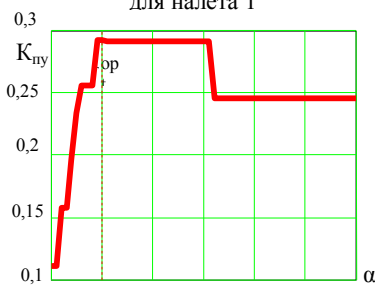


Рис. 4. Зависимость $K_{пу}$ от α для налета 3

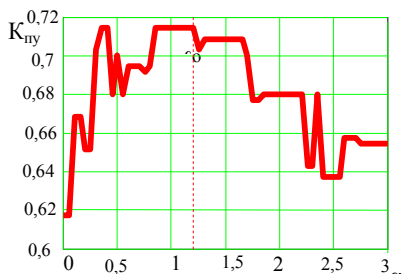


Рис. 5. Зависимость $K_{пу}$ от α для налета 4

Количество обстреливаемых целей в налете $N_{обстр}$ при $\alpha = \alpha_{опт}$ составляет соответственно 14, 7, 6 и 20.

Проведенное для различной воздушной обстановки имитационное моделирование показывает, что величину параметра α достаточно ограни-

чить диапазоном от 0 до 2. При этом показатель предотвращенного ущерба при отборе целей с учетом критерия (2) (при $\alpha = \alpha_{\text{опт}}$) по сравнению с отбором только по подлетному времени ($\alpha = 0$) в 1,16 – 2,6 раза выше.

Выводы. Таким образом, в статье разработан метод отбора целей для уничтожения многоканальным ЗРК и оценена эффективность управления огнем при его использовании. Синтезированный алгоритм максимизирует показатель предотвращенного ущерба. При отборе целей учитывается не только подлетное время целей к рубежу выполнения задачи, но и их тактическая важность.

К достоинствам разработанного алгоритма можно отнести простоту его практической реализации, а также его независимость от условий воздушного налета противника. Сложность его состоит в необходимости задания модели движения целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурцев В.В., Воронин В.В. Решение задачи целераспределения на командном пункте зрэн // Тезисы доклада IX научно-практической конференции Войск ПВО Украины. – Х: ХВУ. – 1999. – С. 10.
2. Ковтуненко А.П., Козлов А.Ф., Коростелев О.П., Шершнев Н.А. Основы построения и оценки потенциальной эффективности систем зенитного управляемого ракетного оружия: Монография. – К.: Фитосоциоцентр, 2003. – 296 с.
3. Справочник офицера противовоздушной обороны / Г.В. Зимин, С.К. Бурмистров, Б.М. Букин и др. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1987. – С. 439 – 442.
4. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України; Х: ХВУ, 2003. – 368 с.
5. Пособие по изучению правил стрельбы (Проект). Ч. 7. Зенитная ракетная система С-300В1. – МО СССР, Войска противовоздушной обороны сухопутных войск, 1988. – 224 с.
6. Мальгин А. С. Управление огнем зенитных ракетных комплексов. – М.: Воениздат, 1987. – 221 с.
7. Шершнев Н.А., Воронин В.В., Галицкий О.Ф. Методика относительной тактической важности ударных средств воздушного нападения // Збірник наукових праць. – Х: ХВУ. – 2002. – Вип. 3 (41). – С. 12 – 14.

Поступила 1.04.2005

Рецензент: доктор военных наук профессор И.О. Кириченко,
Харьковский университет Воздушных Сил.