

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО КОНТАКТА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОИСКА ЦЕЛИ

к.т.н. Н.А. Шершнев, к.т.н. А.В. Савич, к.т.н. С.И. Бурковский
(представил д.т.н., проф. В.И. Карпенко)

Приведена методика определения времени радиолокационного контакта при организации процесса поиска цели на основе учета характеристик визируемых целей, полученных в результате распознавания и характеристик поисковой системы в конкретных условиях проведения поиска. Выведены соотношения для определения рационального времени радиолокационного контакта в зависимости от ЭОП цели и ширины диаграммы направленности.

Постановка проблемы и анализ литературы. Основной особенностью существующих многофункциональных РЛС является то, что при использовании штатных вычислительных средств поиск и сопровождение целей, захват и сопровождение ЗУР осуществляются с помощью специальных программ, как правило, не являющихся адаптивными к параметрам движения целей и их типу, что в конечном итоге снижает боевую эффективность и огневую производительность многоканального ЗРК средней дальности [1, 2].

Выбор рационального способа поиска сводится к установлению параметров, обеспечивающих решение поисковой задачи в кратчайшее или заданное время при минимальных затратах поисковых усилий. Поскольку выделенные для ведения поиска ресурсы (время, мощность), как правило, ограничены, возникает задача разработки рационального плана распределения поисковых ресурсов.

Целесообразно создание таких алгоритмов управления временным балансом, которые бы позволяли в каждой конкретной поисковой ситуации задавать требуемые режимы работы станции (длительность, период повторения и число импульсов в пачке, уровень излучаемой мощности, несущую частоту и т.д.). Вопросы оптимизации временной диаграммы на основе изменения структуры зондирующих сигналов исследовались в [2].

Целью статьи является разработка методики определения времени радиолокационного контакта при организации процесса поиска цели, которая учитывает параметры движения целей, в частности ЭОП цели и

коэффициент расширения диаграммы направленности.

Пусть имеется некоторая область пространства, в которой необходимо произвести обнаружение цели. Центр области совпадает с центром ЦУ. При этом систематических ошибок при обнаружении цели нет ($h \rightarrow 0$). Случайные ошибки порождаются в результате воздействия большого числа примерно равно влияющих и слабо зависящих друг от друга факторов, поэтому на основании следствий центральной предельной теоремы теории вероятностей можно считать распределение ошибок близким к нормальному [3]:

$$\varphi(y, z) = \frac{1}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp \left\{ -\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{z^2}{2\sigma_z^2} \right\}, \quad (1)$$

где σ_y и σ_z – среднеквадратические значения ошибок ЦУ.

Приведение эллиптического рассеивания к круговому осуществляется путем усреднения среднеквадратических ошибок с использованием соотношений [4]:

$$\sigma = \frac{\sigma_y + \sigma_z}{2}; \quad \sigma = \sqrt{\sigma_y\sigma_z}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sigma_y^2 + \sigma_z^2}{2}}, \quad (2)$$

тогда

$$\varphi(y, z) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left\{ -\frac{y^2 + z^2}{2\sigma^2} \right\}. \quad (3)$$

Ошибки обнаружения распределены по закону Релея

$$\varphi(r) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}; \quad F(r \leq R) = 1 - e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

где R – радиус сектора поиска.

Таким образом, при введенных выше ограничениях, вероятность обнаружения цели в области поиска связана с радиусом сектора поиска в этой области соотношением

$$P = F(r \leq R) = 1 - e^{-\frac{R^2}{2\sigma^2}}. \quad (5)$$

Отсюда

$$R = \sqrt{-2\sigma^2 \ln(1 - P_{\text{обн}})}. \quad (6)$$

Область поиска характеризуется площадью

$$S = \pi R^2. \quad (7)$$

Для осуществления обзора области поиска аппроксимируем поперечное сечение луча ДН антенны РЛС кругом с площадью

$$S_{\Pi} = \pi \frac{\theta^2 r_{\text{ЦУ}}^2}{4}, \quad (8)$$

где θ – ширина луча ДН антенны РЛС; $r_{\text{ЦУ}}$ – дальность целеуказания.

Определим требуемую ширину луча θ_{Π} , исходя из условия $S = S_{\Pi}$:

$$\theta_{\Pi} = \frac{R}{2r_{\text{ЦУ}}}. \quad (9)$$

Подставляя в это выражение значение радиуса сектора поиска получим

$$\theta_{\Pi} = \frac{1}{2r_{\text{ЦУ}}} \sqrt{-2\sigma^2 \cdot \ln(1 - P_{\text{обн}})}. \quad (10)$$

Отличительным способом обзора данной области при заданных выше ограничениях является обзор с минимально возможным временем $T_{\text{обз}}$.

В свою очередь,

$$T_{\text{обз}} = N_{\text{обз}} (T_{\text{подг}} + T_{\text{рлк}}), \quad (11)$$

где $N_{\text{обз}}$ – количество обзоров; $T_{\text{подг}}$ – время, необходимое для перестройки луча и анализа помеховой обстановки; $T_{\text{рлк}}$ – время радиолокационного контакта с целью

$$T_{\text{рлк}} = \begin{cases} T_{\text{подг}} + T_{\text{повт}}, & \text{при } q_p \geq q_0; \\ (T_{\text{подг}} + T_{\text{повт}}) \cdot N_{\text{обз}}, & \text{при } q_p < q_0, \end{cases} \quad (12)$$

где q_0 – заданное отношение сигнал/шум, характеризуемое вероятностями $P_{\text{лт}}$ и $P_{\text{по}}$; q_p – реализуемое отношение сигнал/шум, характеризуемое шириной ДН луча РЛС, дальностью обнаружения и параметрами РЛС.

В случае, когда площадь сечения луча диаграммы направленности совпадает с областью, в которой производится обнаружение цели и при этом реализуемое отношение сигнал/шум меньше требуемого ($q_p < q_0$), время радиолокационного контакта $T_{\text{рлк}}$ равно

$$T_{\text{рлк}} = \begin{cases} T_{\Pi}, & \text{при } q_0 < q_p; \\ T_{\Pi} \frac{q_0}{q_p}, & \text{при } q_0 > q_p, \end{cases} \quad (13)$$

где T_{Π} – минимальное время наблюдения в заданном положении, определяемое диапазоном обзора по дальности или скорости.

Учтем, что

$$q_p = \frac{A_{\text{рлс}}^4 S_{\text{эф}}}{r_{\text{ЦУ}}^4}. \quad (14)$$

В свою очередь,

$$A_{\text{рлс}} = \frac{A \max}{m_{\varepsilon} m_{\beta}}, \quad (15)$$

где $m_{\varepsilon(\beta)} = \frac{G(\delta \neq 0)}{G(\delta = 0)}$ – коэффициент расширения диаграммы направленности при ее отклонении от нормали ($\delta \neq 0$) (рис. 1).

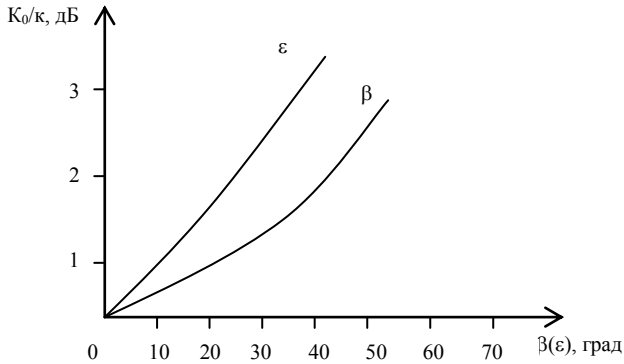


Рис. 1. Зависимость коэффициента расширения диаграммы направленности от отклонения от нормали

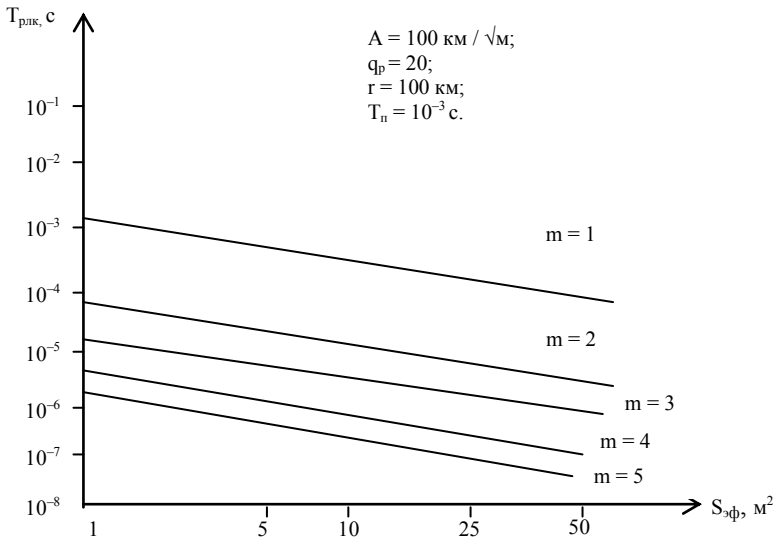


Рис. 2. Зависимость времени радиолокационного контакта от ЭОП цели и коэффициента расширения диаграммы направленности

Для определения времени радиолокационного контакта с целью аппроксимируем данную зависимость выражением

$$m_{\varepsilon}(\beta) = 1 + \frac{\Delta\varphi}{45^{\circ}}, \quad (16)$$

где $\Delta\varphi$ – угловое отклонение диаграммы направленности РЛС от нормали.

В итоге получаем выражение для определения времени радиолокационного контакта с целью:

$$T_{\text{рлк}} = \begin{cases} T_{\Pi}, & \text{при } q_0 \leq q_p; \\ T_{\Pi} \cdot q \frac{r_{\text{цц}}^4 m_{\varepsilon}^4 m_{\beta}^4}{A_{\text{рлс}}^4 S_{\text{эф}}}, & \text{при } q_0 > q_p. \end{cases} \quad (17)$$

Зависимость $T_{\text{рлк}}$ от эффективной отражающей поверхности цели при различных m приведена на рис. 2.

Выводы. Учет характеристик визируемой цели, полученных в результате распознавания и характеристик поисковой системы в конкретных условиях проведения поиска, позволяет выбирать рациональное время радиолокационного контакта, и тем самым, оптимизировать время поиска целей. Реализация приведенной методики в вычислительных средствах многофункциональных РЛС позволит рационально распределять временные и энергетические ресурсы многофункциональной РЛС и может быть использована при усовершенствовании алгоритмов поиска и обнаружения многоканальных ЗРК средней дальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головинский О.Б., Лавинский Г.В. *Поисковые системы*. – К.: Техніка, 1979. – 103 с.
2. Горбунов В.А. *Эффективность обнаружения целей*. – М.: Воениздат, 1980. – 160 с.
3. *Теория вероятностей и элементы математической статистики*. – М.: Воениздат, 1980. – 398 с.
4. Ковтуненко А.П., Шершнев Н.А. *Основы теории построения и моделирования функционирования сложных систем вооружения*. – Х.: ВИРТА ПВО, 1992. – 233 с.

Поступила 17.08.2004

ШЕРШНЕВ Николай Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры Харьковского университета Воздушных Сил. В 1961 году окончил ВИРТА ПВО. Область научных интересов – радиолокационные средства зенитного ракетного вооружения.

САВИЧ Андрей Валентинович, канд. техн. наук, доцент кафедры Харьковского уни-

верситета Воздушных Сил. В 1996 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – радиолокационные средства зенитного ракетного вооружения.

БУРКОВСКИЙ Сергей Иванович, канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник ОНИИ ВС.
Область научных интересов – обработка сигналов в радиотехнических системах
