

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ УВЕЛИЧЕНИЯ
ДАЛЬНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО
НАПАДЕНИЯ
СРЕДСТВАМИ АКТИВНОЙ И ПАССИВНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ
ЗА СЧЕТ ИХ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ**

В.В. Куценко, В.А Гардаш
(представил д.т.н. Г.В. Ермаков)

Приведена методика теоретической оценки увеличения дальности обнаружения средств воздушного нападения (СВН) за счет комплексного использования средств активной и пассивной радиолокационной разведки, объединенных в систему пассивной радиолокации.

Одной из главных проблем противовоздушной обороны Сухопутных войск является возрастание возможностей СВН по поражению объектов на земле за счет широкого привлечения для этих целей крылатых и тактических ракет, беспилотных летательных аппаратов, противодействие которым требует больших усилий. Поэтому актуален поиск теоретических и технических решений, которые позволят зенитным средствам уверенно функционировать в условиях интенсивного и все более жесткого противодействия всех видов.

Анализ литературы. В работе [2] была проведена оценка точностных характеристик системы пассивной радиолокации зенитных комплексов ближнего действия по выдаче координатной информации. Однако в ней не были рассмотрены важные вопросы теоретической оценки увеличения дальности обнаружения цели за счет комплексирования средств активной и пассивной радиолокационной разведки.

Цель статьи – теоретически оценить увеличение дальности обнаружения и улучшения качества сопровождения СВН за счет комплексного использования средств активной и пассивной радиолокационной разведки, объединенных в систему пассивной радиолокации.

Очевидно, что комплексирование будет эффективным только в том случае, когда дальность пассивной радиолокационной разведки (ПР) $D_{ПР}$ в необходимое число раз (K) превышает дальность активной радиолокационной разведки (АР) $D_{АР}$. Это обеспечит расширение зоны обнаружения

радиоизлучающей цели по сравнению с радиолокационными целями.

Анализ энергетических соотношений при комплексировании средств ПР и АР можно свести к исследованию неравенства

$$D_{\text{ПР}} \geq K \cdot D_{\text{АР}}. \quad (1)$$

В зависимости от конкретного способа комплексирования изменяются условия анализа соотношения (1).

Основным принципом создания многофункциональных средств разведки на основе комплексного использования средств АР, ПР и огневого поражения является принцип дополнительности.

Из общих закономерностей совместного применения средств АР и ПР вытекают следующие способы их комплексирования.

1. Объединение стоящих на вооружении средств АР и ПР на информационном уровне.
2. Встраивание аппаратуры ПР в стоящие на вооружении РЛС АР.
3. Создание интегральных информационных и информационно-помеховых средств для перспективных многофункциональных комплексов.

Исходя из особенностей применения ЗК БД [1], предлагается рассмотреть первый и второй способы комплексирования.

При комплексировании первым способом используемые средства ПР и АР имеют различные характеристики антенных систем и приемных устройств, определяющие энергетические возможности при активной и пассивной разведке.

При втором способе комплексирования аппаратура ПР и АР включает различные приемные устройства, подключенные к одной и той же антенной системе.

Для анализа соотношения (1) воспользуемся известными выражениями [3, 4]:

$$D_{\text{АР}} = D_{\text{АР}}^{\text{СВ}} \cdot \sqrt[4]{F_{\text{пер}}^2(\theta, \varphi) \cdot F_{\text{ПР}}^2(\theta, \varphi)} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{РЛС}} \cdot G_{\text{пер}} \cdot G_{\text{ПР}} \cdot \lambda_{\text{РЛС}}^2 \cdot \sigma \cdot F_{\text{пер}}^2(\theta, \varphi) \cdot F_{\text{ПР}}^2(\theta, \varphi)}{(4\pi)^3 \cdot P_{\text{ПР РЛС}}}}; \quad (2)$$

$$D_{\text{ПР}} = D_{\text{ПР}}^{\text{СВ}} \cdot F_{\text{пер}}^2(\theta, \varphi) \cdot F_{\text{ПР}}^2(\theta, \varphi) = \sqrt{\frac{P_{\text{РЭС}} \cdot G_{\text{РЭС}} \cdot G_{\text{ПР}} \cdot \lambda_{\text{РЭС}}^2 \cdot \sigma \cdot F_{\text{РЭС}}^2(\theta, \varphi) \cdot F_{\text{ПР}}^2(\theta, \varphi)}{(4\pi)^3 \cdot P_{\text{ПР ПР}}}}, \quad (3)$$

где $D_{\text{АР}}^{\text{СВ}}$ и $D_{\text{ПР}}^{\text{СВ}}$ – дальности АР и ПР в свободном пространстве, соот-

ветственно;

$P_{РЛС}$ и $P_{РЭС}$ – мощности излучения РЛС и бортового РЭС;

$G_{пр}$ и $G_{ПР}$ – коэффициенты усиления приемных антенн средств АР и ПР;

$G_{пер}$ и $G_{РЭС}$ – коэффициенты усиления передающих антенн РЛС и бортового РЭС в направлении взаимного визирования;

$F_{пер}(\theta, \varphi)$ и $F_{ПР}(\theta, \varphi)$ – диаграмма направленности (ДН) антенных систем РЛС соответственно на передачу и прием;

$F_{ПР}(\theta, \varphi)$ и $F_{РЭС}(\theta, \varphi)$ – ДН для антенных систем станции ПР и бортового РЭС;

$P_{прРЛС}$ и $P_{прПР}$ – реальные чувствительности приемных устройств РЛС и средств ПР;

$\lambda_{РЛС}$ и $\lambda_{РЭС}$ – длины волн РЛС и бортового РЭС;

σ – эффективная поверхность рассеяния (ЭПР) СВН в направлении главного максимума ДН.

При первом способе комплексирования исследование (1) сводится к расчету дальностей АР и ПР по формулам (2) и (3) и проверке выполнения неравенства (1).

Как показано в работе В.С. Сиромашенко, при использовании в РЛС приемопередающих антенн $F_{ПР}(\theta, \varphi) \approx F_{пер}(\theta, \varphi)$, тогда выражение (1) можно представить в виде

$$D_{ПР}^{СВ} \cdot F_{РЭС}(\theta, \varphi) \geq K \cdot D_{АР}^{СВ}. \quad (4)$$

При комплексировании средств АР и ПР с целью расширения зоны обнаружения на предельно малых высотах необходимо учитывать множитель $F_{РЭС}(\theta, \varphi)$, изменяющийся в пределах первых двух боковых лепестков. Он показывает во сколько раз дальность ПР при учете отражений от земной поверхности и прочих равных условиях больше или меньше дальности АР в зависимости от диапазона ожидаемых ракурсных углов цели или, иначе, от номера и характера интерференционного лепестка диаграммы направленности антенны РЭС СВН, по которому ведется разведка.

Для второго способа комплексирования характерным является условие $\lambda_{РЭС} \approx \lambda_{РЛС}$. В этом случае (1) можно записать в виде

$$\frac{W_{РЭС}^2}{V_{АР}^2} \geq K^4 \cdot G_{РЛС} \cdot \frac{W_{АР}}{V_{АР}}, \quad (5)$$

где $W_{РЭС} = P_{РЭС} \cdot G_{РЭС}$ и $W_{АР} = P_{РЛС} \cdot G_{пр}$ – энергетические потенциалы

бортового РЭС СВН и средств АР;

$$V_{AP} = \frac{P_{прРЛС}}{G_{AP}} \quad \text{и} \quad V_{ПР} = \frac{P_{прПР}}{G_{ПР}} - \text{эквивалентные чувствительности}$$

приемных устройств средств АР и ПР;

$$G_{РЛС} = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot \sigma - \text{коэффициент эквивалентного усиления радиолока-$$

ционной цели в направлении главного максимума ДН.

Из (5) видно, что целесообразность встраивания в большей степени определяется характеристиками РЭС СВН и аппаратуры ПР. Чем выше чувствительность приемного устройства ПР и чем хуже скрытность излучений средств воздушного нападения, тем выше эффективность комплексирования.

Важной характеристикой является коэффициент $G_{РЛС}$ характеризующий отражательные свойства СВН, как радиолокационной цели.

Выражение (5) позволяет количественно оценить выигрыш в дальности $D_{ПР}$ по сравнению с D_{AP} и, следовательно, целесообразность встраивания аппаратуры ПР в РЛС.

В качестве примера проведен расчет выигрыша в дальности ПР СВН типа ВQM-34 по излучениям его РЭС по сравнению с дальностью АР. Излучения РЭС ВQM-34 принимаются по боковым лепесткам на уровне -10 дБ. Радиолокационное обнаружение производится СОЦ комплекса 2К22, а аппаратура ПР обладает реальной чувствительностью не хуже -100 дБ/Вт. Как показывают расчеты, выигрыш в дальности ПР при этом составляет 2 раза.

В условиях воздействия активных помех противника на средства АР выигрыш комплексного использования средств ПР дополнительно возрастает. При действии помех дальность АР D_{AP}^n , согласно [4], определяется выражением

$$D_{AP}^n = D_{AP} \cdot \sqrt[4]{\frac{N_0}{N_0 + N_{пвх}}}, \quad (6)$$

где N_0 – спектральная плотность мощности внутренних шумов приемного устройства РЛС;

$N_{пвх}$ – спектральная плотность мощности помех на входе приемного устройства РЛС.

Тогда выигрыш в дальности обнаружения $D_{ПР}$ можно определить как

$$K^{\text{п}} = \frac{K}{\sqrt[4]{\frac{N_0}{N_0 + N_{\text{п вх}}}}} = \frac{K}{K_{\text{сж}}}, \quad (7)$$

где $K_{\text{сж}} = \sqrt[4]{\frac{N_0}{N_0 + N_{\text{п вх}}}}$ – коэффициент сжатия зоны видимости РЛС в условиях помех.

Таким образом, полученные в результате расчетов по предложенной методике оценки, позволяют определить возможность и целесообразность комплексирования средств радиолокационной и радиотехнической разведки, а также наметить технические пути построения multifunctional комплексов.

Выводы. Приведенная методика количественной оценки целесообразности и эффективности различных способов комплексного применения средств активной и пассивной разведки делает возможным проведение сравнительной оценки прироста дальности обнаружения радиоизлучающих СВН при встраивании аппаратуры ПР в имеющиеся на вооружении РЛС ЗК БД.

Наиболее эффективным является встраивание аппаратуры ПР в СОЦ ЗК БД, что примерно в 2,5 раза увеличивает дальность обнаружения крылатых ракет по излучениям радиовысотомера ВQM-34.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бойовий статут військ ППО СВ Ч.2.* – К.: Варта, 2000. – 240 с.
2. Куценко В.В. Система пасивної радіолокації при виявленні та супроводженні повітряних об'єктів у режимі радіомовчання // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 2. – С. 86 – 90.
3. Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. – М.: Сов. радио, 1968. – 448 с.
4. Теоретические основы радиолокации / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Сов. радио, 1970. – 560 с.

Поступила 8.10.2004

КУЦЕНКО Владимир Валериевич, адъюнкт Харьковского университета Воздушных Сил. В 2000 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – применение пассивной радиолокации в технике ПВО СВ.

ГАРДАШ Владимир Анатолиевич, преподаватель Харьковского университета Воздушных Сил. В 1991 году закончил Киевское ВЗРИУ. Область научных интересов – применение пассивной радиолокации в технике ПВО СВ.