

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ РЛС С ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКОЙ ДЛЯ ПОДСИСТЕМЫ АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ ПО ДАЛЬНОСТИ

А.А. Ковальчук, И.И. Сачук, А.А. Сосунов
(Харьковский университет Воздушных Сил)

Проведена оценка потенциальной пропускной способности многоканальной РЛС с фазированной антенной решеткой для подсистемы автосопровождения по дальности при различных отношениях сигнал/шум.

многоканальная радиолокационная станция, фазированная антенная решетка, подсистема автосопровождения

Введение. Многоканальные РЛС с фазированной антенной решеткой (МК РЛС с ФАР) широко используются в радиолокационных комплексах, благодаря ряду своих несомненных преимуществ, в том числе многоканальности за счет временного разделения каналов. В МК РЛС с ФАР при сопровождении определенного воздушного объекта (ВО) последовательные моменты измерения его координат разделяются интервалами времени длительностью T .

В ряде работ [1, 2] управление длительностью T интервала времени между радиоконтактами используется для оптимизации пропускной способности МК РЛС с ФАР. В настоящее время в таких РЛС, как правило, используются системы раздельного автосопровождения [3, 4]. При использовании квазинепрерывного излучения это системы автосопровождения по угловым координатам, дальности и радиальной скорости.

В этом случае возникает естественное стремление оценить, как каждая из вышеуказанных следящих систем автосопровождения влияет на пропускную способность МК РЛС с ФАР при различных отношениях сигнал/шум q . Исследование данного вопроса позволит определить наиболее критичную систему автосопровождения, совершенствование которой обеспечит наибольший прирост показателя качества.

В работе [5] указанное исследование проведено для системы автосопровождения по радиальной скорости

В рамках данной статьи будет рассмотрена система автосопровождения по дальности.

Цель статьи. Целью данной статьи является оценка потенциальной пропускной способности МК РЛС с ФАР для подсистемы автосопрово-

ждения по дальности при различных отношениях сигнал/шум основе постановки задачи оптимизации, изложенной в [2].

Исходные данные и результаты использования базовой модели.

Базовой моделью задачи оптимизации является двухфазная модель массового обслуживания, описанная в работах [2, 5, 6], с использованием эквивалентных статистических характеристик временного дискриминатора [7].

При использовании таких характеристик в работе [7] предложен показатель качества радиотехнической следящей системы – вероятность устойчивого сопровождения p_n . Этот показатель представляет собой вероятность нахождения ошибки к следующему радиоконтакту с целью в пределах апертуры эквивалентной характеристики дискриминатора.

Показатель p_n при отсутствии систематической ошибки является функцией длительности интервала времени T между радиоконтактами и отношения сигнал/шум q [2] и неявным образом входит в функционал пропускной способности (1).

Пропускная способность R (показатель качества) МК РЛС с ФАР представляет собой [2] некоторый функционал от параметров модели

$$R = F(L_{t_{цy}}, L_{t_{пз}}, L_{t_{ср}}, L_{t_{соп}}, T, T_1, q), \quad (1)$$

где $L_{t_{цy}}$ – распределение длительности интервалов времени $t_{цy}$ между целеуказаниями; $L_{t_{пз}}$ – распределение длительности интервалов времени $t_{пз}$ поиска и захвата воздушного объекта на сопровождение; $L_{t_{ср}}$ – распределение длительности интервалов времени $t_{ср}$ до срыва сопровождения; $L_{t_{соп}}$ – распределение длительности интервалов времени $t_{соп}$ сопровождения ВО; T – длительность интервала времени между радиоконтактами с ВО; T_1 – длительность интервала времени радиоконтакта с ВО.

В этой же работе проведен краткий анализ возможных путей решения задачи оптимизации и показано, что решение этой задачи в общем случае связано с большими трудностями. Поэтому, для того чтобы хотя бы в первом приближении судить о влиянии отношения сигнал/шум на оптимальное количество каналов МК РЛС с ФАР, в работе [5] рассмотрена упрощенная двухфазная марковская модель МК РЛС с ФАР.

Воспользуемся этой же моделью и в данной статье.

Для входного потока целеуказаний примем показательное распределение длительности интервалов времени $t_{цy}$ между целеуказаниями с постоянным средним значением $\bar{t}_{цy}$.

Для длительности интервалов времени $t_{пз}$ поиска и захвата ВО на сопровождение примем показательное распределение со средним значе-

нием $\bar{t}_{пз}$, независящим от количества свободных каналов второй фазы. Для длительности интервалов времени $t_{ср}$ до срыва сопровождения ВО примем показательное распределение со средним значением $\bar{t}_{ср}$.

Кроме этого, будем считать, что длительность интервалов времени $t_{соп}$ сопровождения ВО имеет показательное распределение со средним значением $\bar{t}_{соп}$.

Для решения задачи поиска оптимального количества каналов МК РЛС с ФАР, обеспечивающего максимальную пропускную способность, будем варьировать количество каналов k от единицы до некоторого максимального значения N , выбираемого из условия, что максимум пропускной способности заведомо расположен внутри отрезка $[1, N]$. При этом количество каналов k зависит от длительности интервала времени T следующим образом

$$k = k_0 \frac{T}{T_0},$$

где k_0 – количество каналов при длительности интервала времени между радиоконтактами T_0 .

Для вероятности устойчивого сопровождения p_n воспользуемся результатами работы [7], в которой приведены зависимости $p_n(T)$ от длительности интервала времени T между радиоконтактами для нескольких отношений сигнал/шум q , полученные при использовании эквивалентных статистических характеристик временного дискриминатора. При этом исходная ширина апертуры статической характеристики временного дискриминатора составляла 0,8 мкс.

Определим состояние S_{ij} [5], где i – количество ВО на этапе поиска и захвата (на первой фазе обслуживания), j – количество ВО на этапе сопровождения (на второй фазе обслуживания). Соответствующие интенсивности входного потока целей, обслуживания на первой фазе, обслуживания на второй фазе и срыва сопровождения обозначим как λ , μ_1 , μ_2 , μ_0 .

Показатель качества R выражается через финальные вероятности P_{ij} состояний [5] следующим образом

$$R = \frac{\mu_2}{\lambda} \left(\sum_{j=1}^{k-1} j(P_{0j} + P_{1j}) + kP_{0k} \right) = \frac{\bar{t}_{цв}}{\bar{t}_{соп}} \left(\sum_{j=1}^{k-1} j(P_{0j} + P_{1j}) + kP_{0k} \right).$$

Для получения численных оценок и сопоставимости результатов данной статьи и работы [5] примем исходные данные, как и в работе [5]:

$$\bar{t}_{цв} = 20 \text{ с}; \quad \bar{t}_{пз} = 10 \text{ с}; \quad \bar{t}_{соп} = 40 \text{ с};$$

$$\bar{t}_{cp} = 0,017k \frac{1}{1 - p_H(0,017k)}$$

для отношений сигнал/шум $q = 2, 3, 5, 10$.

Результаты расчетов приведены на рис. 1.

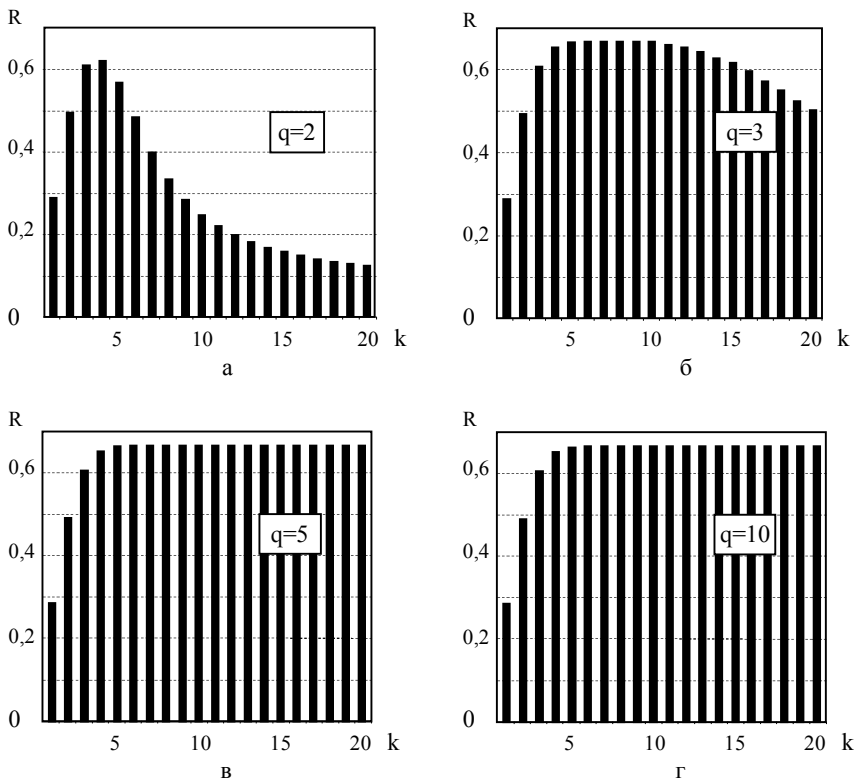


Рис. 1. Зависимость пропускной способности МК РЛС с ФАР от количества каналов k при различных отношениях сигнал/шум: $q = 2$ (а); $q = 3$ (б); $q = 5$ (в); $q = 10$ (г)

Анализ полученных для типовых условий результатов позволяет сделать следующие выводы.

Выводы. Оптимальное количество каналов сопровождения по дальности МК РЛС с ФАР чувствительно к отношению сигнал/шум.

Следует отметить, что с ростом отношения сигнал/шум экстремум “размывается”. Однако с точки зрения экономии других видов ресурса целесообразно принимать наименьшее число каналов, отвечающих экстремуму. В этом случае оптимальное количество каналов МК РЛС с ФАР

зависит от отношения q порогово, практически не меняясь при $q \geq 3$ (для указанных выше условий).

Кроме этого, при отношениях сигнал/шум $q \geq 5$ система автосопровождения по дальности имеет значительный резерв по количеству каналов сопровождения. При этом потенциальные возможности МК РЛС с ФАР по автосопровождению по дальности ограничиваются только “узким местом” – одноканальностью по захвату.

Окончательный вывод о том, какая из следящих систем МК РЛС с ФАР является определяющей при оценке оптимального количества каналов, можно будет сделать только на основе сопоставления аналогичных результатов для систем автосопровождения по угловым координатам и радиальной скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Самойленко В.И., Шишов Ю.А. Управление фазированными антенными решетками.* – М.: Радио и связь, 1983. – 240 с.
2. *Ковальчук А.А., Парфенов Ю.Э., Сосунов А.А., Хисматулин В.Ш. Постановка задачи оптимизации пропускной способности многоканальной РЛС с фазированной антенной решеткой путем управления длительностью интервала времени между радиоконтактами.* // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 1. – С. 76 – 83.
3. *Максимов М.В., Меркулов В.И. Радиоэлектронные следящие системы.* – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
4. *Хисматулин В.Ш. Исследование возможностей повышения качества сопровождения целей станциями наведения ЗУР путем учета межкоординатных связей.* Дисс ... канд. техн. наук. – Х.: ВИРТА ПВО, 1977. – 217 с.
5. *Ковальчук А.А., Сосунов А.А., Хисматулин В.Ш. Оценка влияния отношения сигнал/шум на пропускную способность многоканальной РЛС с фазированной антенной решеткой при использовании квазинепрерывного сигнала* // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вып. 4. – С. 94 – 99.
6. *Кулинич И.А., Парфенов Ю.Э., Сосунов А.А. Модель для обоснования требований к показателю качества радиотехнической следящей системы.* // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вып. 5. – С. 145 – 150.
7. *Хисматулин В.Ш., Сачук И.И., Ковальчук А.А. Оценка вероятности надежного сопровождения аэродинамических целей многоканальной радиолокационной станцией.* // Авиационно-космическая техника и технология. Сборник научных трудов. – Х.: Государственный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”. – 2001. – Вып. 22. – С. 259 – 262.

Поступила 9.02.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор Е.Л. Казаков,
Объединенный научно-исследовательский институт ВС, Харьков.