

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СЕТЬ НА БАЗЕ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ПВО И ВВС

*О.К. Шкурутий, И.И. Обод канд. техн. наук*

*ОАО «Хартрон-Альфа»*

Рассматриваются преимущества информационной сети радиотехнических систем наблюдения ПВО и ВВС в сравнении с одиночными радиолокационными системами.

\* \* \*

Розглядаються переваги інформаційної мережі радіотехнічних систем спостереження ППО, ВПС в порівнянні з одиночними радіолокаційними системами.

\* \* \*

There are considered the advantages of the information net of the radio engineering system of observation AAD and AF in comparison with radar installation.

**Постановка проблемы.** Радиотехнические системы наблюдения в значительной степени определяют решение задач, стоящих перед войсками противовоздушной обороны (ПВО) и военно-воздушными силами (ВВС). Следует заметить, что взаимодействие систем наблюдения ПВО и ВВС в настоящее время ограничено.

Государственной программой строительства и развития Вооруженных Сил Украины предполагается создание единого радиолокационного поля. Это необходимо для согласования действий всех сил и средств радиолокационной и радиотехнической разведки, а также для согласования потоков информации от разных средств, улучшения ее качества и повышения оперативности ее выдачи. Это требует рассмотрения вопросов совместного взаимодействия систем наблюдения ПВО и ВВС. На повестку дня ставится вопрос создания единой информационной сети (ИС) на базе систем наблюдения ПВО и ВВС.

**Анализ состояния вопроса.** При этом следует отметить, что существующие системы наблюдения ПВО и ВВС реализованы так, что требуется обязательное участие оператора. Решение об обнаружении, опознавании и измерении координат воздушных целей принимает оператор. Такое построение радиолокационных средств затрудняет реализацию автоматических обнаружителей-измерителей. Как правило, приходится осуществлять модернизацию

существующих систем наблюдения для введения в их состав аппаратуры первичной обработки информации (АПОИ).

**Выделение нерешенной проблемы.** Одним из эффективных способов снижения уязвимости радиолокационных систем к огневому воздействию является переход от однопозиционного к многопозиционному, в частности к сетевому, построению последних.

**Цель статьи.** Таким образом, отмеченные выше обстоятельства требуют рассмотрения вопросов создания ИС систем наблюдения ПВО и ВВС с включением в их состав информации разнородных радиотехнических систем.

**Основной материал.** Рассмотрим особенности сетевого построения систем наблюдения ПВО и ВВС.

Естественная эволюция систем наблюдения приводит к объединению радиолокационных систем или иных датчиков информации, рассредоточенных на определенном участке контролируемого пространства, в сеть. Такая эволюция мотивируется возможностью слияния большого объема данных, получаемых элементами системы наблюдения, работающими независимо друг от друга и обладающие до некоторой степени взаимодополняющими возможностями. Задача состоит в точном отображении окружающей обстановки и своевременного обнаружения изменений в ней.

Кратко рассмотрим преимущества сетевой информационной системы по сравнению с одиночными информационными средствами.

Известно, что соединение нескольких радиолокационных станций линиями связи позволяет расширить зону видимости за пределами максимальной дальности одиночной РЛС, которая ограничена либо пределами прямой видимости, либо мощностью радиолокационного излучения. Такого результата можно добиться при минимальном перекрытии зон охвата РЛС, тем самым, сводя к минимуму количество приемных датчиков, развертываемых в заданной области. Однако объединение в сеть РЛС с перекрывающимися зонами видимости связано с рядом преимуществ.

Одно из преимуществ состоит в увеличении вероятности обнаружения в пределах некоторого интервала времени, которое обеспечивается сетевой системой РЛС, по сравнению со случаем разрозненных РЛС, при этом снижается вероятность срыва сопровождения. Как вариант, при заданной вероятности срыва сопровождения, вероятность обнаружения для каждой РЛС может быть снижена относительно случая разрозненных РЛС. Это подразумевает снижение мощности передатчиков и снижение стоимости каждой из РЛС.

Еще одно из преимуществ, получаемых при соединении РЛС линиями связи, т.е. при объединении их в единую информационную сеть, является результатом различия в эффективных поверхностях рассеивания (ЭПР) целей по различным траекториям прохождения сигналов между целью и радиолокационными станциями. Для рассредоточенных базовых радиолокационных систем разброс ЭПР в зависимости от угла визирования составляет значительную величину. Это обстоятельство позволяет обеспечить более надежное обнаружение летательных аппаратов с малой ЭПР в информационной сети.

Среди прочих преимуществ, можно упомянуть

надежность и непрерывность сопровождения при переходе наблюдения между соседними радиолокационными системами и повышение точности сопровождения целей

Сетевая радиолокационная система обеспечивает более высокую скорость выдачи данных, при соответствующем уменьшении ошибок фильтрации. На прямолинейных участках траектории ошибки фильтрации главным образом обуславливаются шумами системы. Сетевая структура, позволяющая комбинировать данные, повышает точность системы в целом. Когда комбинирование данных осуществляется простым усреднением, точность повышается пропорционально корню квадратному числа используемых РЛС. Лучшие результаты может дать метод комбинирования, при котором координатные данные по каждой отдельной цели подвергается весовой обработке, в соответствии с их точностью, на основании критерия минимума среднеквадратической ошибки.

Еще одним преимуществом сетевых систем является их более высокая помехоустойчивость к естественным и преднамеренным помехам, и живучесть, обусловленная сложностью огневого уничтожения противорадиолокационными ракетами. Кроме того, высоту цели и суммарный вектор скорости можно оценить, соответствующим образом комбинируя данные измерений, выдаваемых радиолокационными станциями. При объединении в сеть обеспечиваются расширенные возможности реконфигурации системы в случае возникновения отказов в работе РЛС. Тем самым достигается большая надежность радиолокационного обзора контролируемого пространства.

Этими преимуществами можно воспользоваться, лишь при условии успешного решения целого ряда технических проблем, а именно:

- манипулирования данными при переменной скорости их поступления и с неравномерной точностью;

- предотвращения дробления цели, порождаемого ошибками при преобразовании координат, обусловленной кривизной земной поверхности и отсутствием данных о высоте;

- необходимости задавать синхронизацию и организацию данных независимо от частоты сканирования отдельных РЛС и азимутальной структуры.

Главная функция сети состоит в пересылке данных, выдаваемых различными радиолокационными станциями, к модулю обработки радиолокационной информации (МО РЛИ), который комбинирует информацию для того, чтобы обеспечить сетевое радиолокационное сопровождение. При такой реализации сети совокупность систем наблюдения, осуществляет обнаружение и измерение координат воздушных целей с различным темпом выдачи данных и различными показателями, как качества обнаружения, так и точности измерения координат. По линиям передачи (в режиме «on line») данные пересылаются к МО РЛИ, который выполняет функции сопровождения, прогнозирования радиолокационной траектории, корреляцию, сглаживание траекторий и преобразование координат, получаемых по данным измерений, выдаваемых рассредоточенными радиолокационными станциями, к опорной системе координат центра обработки данных.

Дальнейшая обработка включает компенсацию ошибок калибровки, измерения, выполняемые различными системами, должны быть согласованными по времени получения для отождествления информации об одноименных целях.

В зависимости от степени используемой централизованной обработки данных, сетевые радиолокационные системы можно дополнительно классифицировать как распределенные или централизованные. Распределенная архитектура (рис.1) характеризуется использованием в каждой из локальных установок ЭВМ, выполняющих преобразование координат, расчет корреляции между координатными

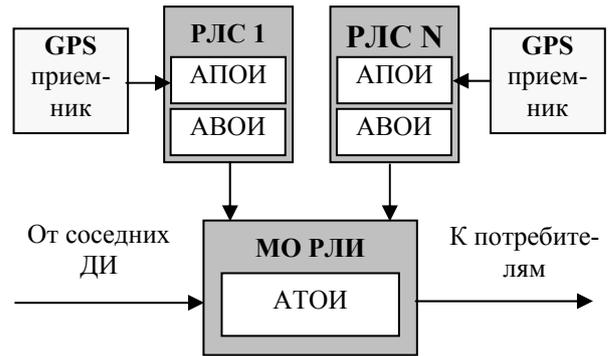


Рис. 1. Распределенная архитектура системы обработки радиолокационной информации

данными и данными слежения и функцию сопровождения по данным измерений каждой отдельной РЛС. Так как обзор пространства отдельных радиолокационных систем не синхронизирован, то для облегчения дальнейшей обработки радиолокационной информации желательно указывать время получения этой информации, что требует использования координатора времени в каждой РЛС. Локальные данные слежения передаются на МО РЛИ, в котором данные объединяются, с целью установления единого многостанционного слежения за каждой целью, т.е. осуществляет третичную обработку информации. Такая структура сети (рис.1) наиболее целесообразна при объединении систем наблюдения ПВО и ВВС. Действительно, как указано на рис.1, на МО РЛИ может поступать радиолокационная информация от соседних датчиков информации (ДИ). В централизованной архитектуре используется единый процессор обработки данных. Такая структура сети может быть рекомендована при расположении систем наблюдения в ограниченном пространстве, например, систем наблюдения ближней и дальней зоны радиолокационного обеспечения управления полетами. При такой реализации информационной сети также желательно потоки радиолокационной информации отмечать временем получения этой информации.

В ИС информация от РЛС поступает с переменной скоростью и различной точностью, что учи-

тывается при построении аппаратуры вторичной обработки. Поэтому необходимо координатную информацию снабжать временем ее получения, используя для этого, как показано на рис.1 и 2, GPS-приемники. Это обстоятельство позволяет учитывать информацию при фильтрации траектории цели, поступающую от разнородных источников.

Предположим, что имеется две РЛС, сканирование пространства в которых происходит с различным темпом. В каждом из источников радиолокационной информации имеется своя шкала времени, организованная с помощью, например GPS приемников, характеризующаяся временным процессом  $T_{ij}$ , где индексом  $i$  обозначается номер источника получения информации ( $i = 1, 2$ ), а  $j$  – дискретное время получения информации. Будем считать, что МОРЛИ совмещен с первой РЛС. Предположим, что по  $j=k$  предыдущим измерениям в МОРЛИ получена результирующая оценка вектора состояния  $\hat{W}_k(T_{1k})$  с соответствующей матрицей точности  $\bar{C}_k$ .

При получении текущей оценки вектора состояния, например от второго датчика в момент времени  $k+1$   $\hat{W}_{y(k+1)}(T_{2(k+1)})$  с матрицей точности  $\bar{C}_{y(k+1)}$ , по данным результирующей оценки вектора состояния и матрице точности осуществляется вычисление априорного распределения на этот шаг измерений. Этому распределению соответствует  $\hat{W}_{o(k+1)}(T_{1(k+1)})$  и  $\bar{C}_{o(k+1)}$ , т.е. осуществляется прогнозирование вектора состояния и матрицы точности на момент времени получения текущей оценки вектора состояния. Результирующую оценку вектора состояния и матрицу точности на момент времени  $k+1$  можно записать как

$$\hat{W}_{k+1}(T_{1(k+1)}) = \hat{W}_{o(k+1)}(T_{1(k+1)}) + \bar{C}_{k+1}^{-1} \bar{C}_{y(k+1)} \left[ \hat{W}_{y(k+1)}(T_{2(k+1)}) - \hat{W}_{o(k+1)}(T_{1(k+1)}) \right],$$

$$\bar{C}_{k+1} = \bar{C}_{o(k+1)} + \bar{C}_{y(k+1)}.$$

В дальнейшем процедура повторяется. Таким образом, получается рекуррентное правило, позволяющее последовательно во времени производить фильтрацию траектории воздушной цели при получении первичных измерений от датчиков информации с различным темпом.

Следует заметить, что в состав сети могут входить (и должны) датчики с взаимодополняющими характеристиками. Бесспорным преимуществом объединения в сеть различных типов датчиков является повышенная надежность обзора и более четкая оценка окружающей обстановки.

Например, в системах ПВО и ВВС традиционные активные (первичные) РЛС взаимодействуют с РЛС активного ответа (вторичными РЛС). Объединение данных измерений первичной и вторичной РЛС повышает качество обнаружения [1] и точность определения координат цели [2]. Введение в информационные потоки информации о государственной принадлежности, которую в объединенной сети можно получить, как от радиолокационных систем определения государственной принадлежности (ПВО, ВВС), так и от систем ВРЛ и канала индикации РСБН ВВС, позволит существенно снять проблемы получения информации о государственной принадлежности обнаруженных воздушных целей.

Остановимся на этой проблеме более подробно. Существующая система радиолокационного опознавания (РЛО) государственной принадлежности построена по принципу открытой системы массового обслуживания (СМО) с отказами. Это обстоятельство не позволяет отнести существующие системы РЛО к помехоустойчивым системам, так как противная сторона получает от такой системы информации больше по сравнению с нами [3]. В ИС систем наблюдения ПВО и ВВС при решении государственной принадлежности воздушной цели может быть использована информация, полученная по:

- встроенному каналу ВРЛ;

- каналу индикации РСБН;
- системе ВРЛ;
- системе РЛО.

Проведем оценку помехоустойчивости рассмотренных систем при воздействии на них преднамеренных имитирующих помех, для чего получим оценочные вероятности получения координатной информации на запросчиках. При этом предположим, что на вход самолетного ответчика (СО) воздействует поток внутрисистемных и имитирующих помех, общей интенсивностью  $\lambda_1$ , поток хаотической импульсной помехи (ХИП), интенсивностью  $\lambda_0$ , достаточный для характеристики его как пуассоновского, ответные сигналы имеют высокое отношение с/ш и для обнаружения воздушных целей используем алгоритм, применяемых в системах первичной радиолокации. Были разработаны методики оценки помехоустойчивости рассматриваемых систем, на основании которых получены оценочные вероятности получения координатной информации ( $P_c$ ) на запросчиках.

Оценка вероятности получения координатной информации, полученной по встроенному каналу вторичной радиолокации, по каналу индикации радиосистемы ближней навигации, по системе вторичной радиолокации (режим РБС) и по системе радиолокационного опознавания представлена на рис. 2-5 соответственно.

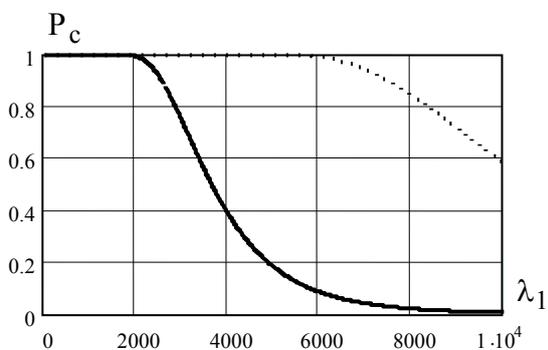


Рис. 2. Оценка вероятности получения координатной информации, полученной по встроенному каналу вторичной радиолокации

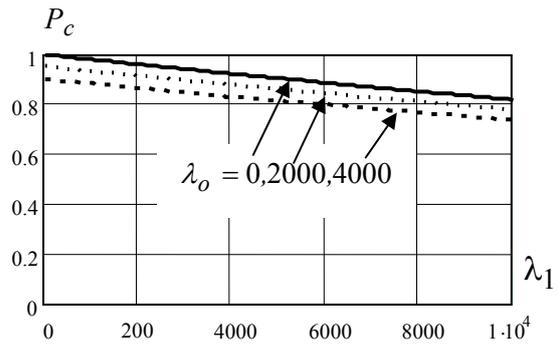


Рис. 3. Оценка вероятности получения координатной информации, полученной по каналу индикации радиосистемы ближней навигации

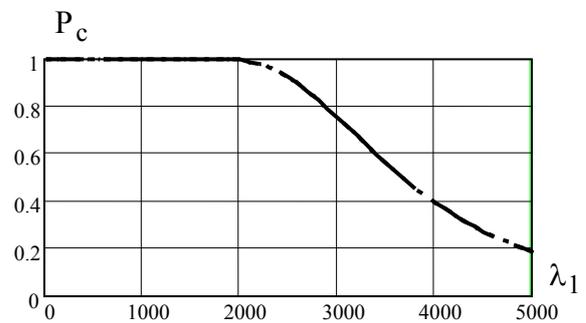


Рис. 4. Оценка вероятности получения координатной информации, полученной по системе вторичной радиолокации (режим РБС)

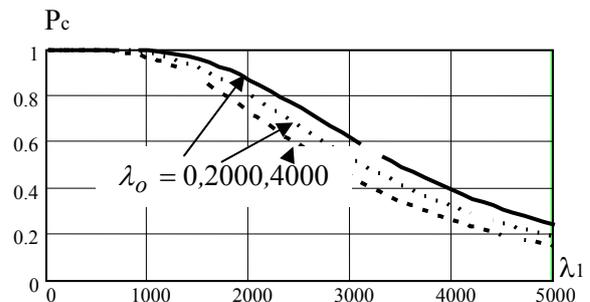


Рис. 5. Оценка вероятности получения координатной информации, полученной по системе радиолокационного опознавания

Представленные расчеты позволяют оценить помехоустойчивость каждой из рассматриваемых систем наблюдения, координатная информация которых позволяет определить государственную принадлежность обнаруженных целей. Приведенные расчеты показывают, что наименее помехоустойчи-

вой является система РЛЮ, а наиболее помехоустойчивым является канал индикации РСБН. Кроме того, следует отметить, что в каждом из рассмотренных источников осуществляется трассовая обработка. Это исключает, в принципе, имитацию сигналов «Я свой» противником. Как нами отмечено выше, создание единой информационной сети систем наблюдения ПВО, ВВС позволяет потребителям использовать информацию всех систем наблюдения входящих в данную сеть. Таким образом, потребитель может использовать все четыре рассмотренные системы наблюдения или только некоторые из них.

Таким образом, создание объединенной информационной сети позволит привлечь информацию радиолокационных средств ВВС и этим существенным образом повысить вероятность опознавания государственной принадлежности воздушных объектов и существенным образом ограничить вредное воздействие противной стороны.

Для оценки ситуации, особенно в ВВС, требуется знание метеобстановки, что приводит к возрастанию роли метеорологических РЛС в оценке ситуации. Высокий приоритет придается концепции обнаружения и опознавания источников местных помех, такие как грозы, смерчи или стаи птиц. Однако объединение метеоданных с данными первичных и вторичных обзорных РЛС в настоящее время осуществляется на конечной стадии отображения, что не всегда является разумным. При этом следует заметить, что АПОИ РЛС сантиметрового диапазона могут быть дополнены метео-экстракторами.

Таковыми РЛС могут быть П-37 (ПВО, ВВС) и посадочный радиолокатор (ВВС). В то время как с помощью метео-экстрактора, входящего в состав АПОИ П-37, можно оценить метеобстановку на

значительных расстояниях, с помощью метео-экстрактора, входящего в состав посадочного радиолокатора, можно оценить высоту облачности, как правило, в районе аэродрома.

## Выводы

Таким образом, создание единой ИС на базе систем наблюдения ПВО и ВВС позволит:

- повысить качество координатной информации о летательных аппаратах;
- однозначно определять государственную принадлежность воздушных целей при воздействии значительных потоков имитирующих помех на рассматриваемые системы.

## Литература

1. Обод И.И., Астапов А.Н., Михайлин А.Ю., Чалапчий А.М. Совместное использование разнородных радиолокационных средств для повышения качества обнаружения воздушных целей//СНП ХВУ. - 2001, вып. 2 (32). С.48-50.
2. Обод И.И., Гаврутенко А.А., Загорулько Р.В., Обод А.И. Измерение координат воздушных целей при совместном использовании сигналов первичных и вторичных радиолокаторов//СНП ХВУ. – 2002, вып.1(39) с. 77-79.
3. Обод И.И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. – М.: ЦИИТ, 1998. 118 с.

*Поступила в редакцию 08.08.03*

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор Печенин В.В., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков