

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ В ПОСАДОЧНОМ РАДИОЛОКАТОРЕ**

Проводится сравнительный анализ показателей качества двух алгоритмов обнаружения и измерения координат воздушных целей в посадочном радиолокаторе

**координаты, посадочный радиолокатор, обнаружение воздушной цели, самолетный ответчик, измерение азимута, коэффициент готовности, точность измерения**

### **Постановка проблемы**

Основное назначение посадочного радиолокатора (ПРЛ) сводится к обеспечению руководителя зоны посадки радиолокационной информацией о воздушной обстановке в зоне ответственности с целью обеспечения контроля и управления посадкой самолета в простых и сложных метеоусловиях [1]. Сложность управления самолетом на этапе посадки обуславливает более высокие требования к надежности обнаружения летательных аппаратов.

Модернизация ПРЛ должна быть нацелена на включение в их состав аппаратуры обработки радиолокационной информации, включающей автоматический обнаружитель-измеритель координат воздушной цели (ВЦ). Обнаружитель ВЦ включает в свой состав обнаружители сигналов и пачки сигналов. Так как обнаружитель сигналов ПРЛ является двухканальным, (в активном режиме осуществляется обработка эхо-сигналов и сигналов самолетного ответчика (СО)) то обнаружитель воздушной цели может быть реализован по следующим схемам:

- обнаружители сигналов каждого канала, элемент объединения (совпадения) и обнаружитель пачки сигналов;
- обнаружители сигналов каждого канала, обнаружители пачки сигналов в каждом канале и элемент объединения (совпадения).

### **Цель работы**

Сравнительный анализ качества обнаружения и измерения координат ВЦ рассматриваемых схем.

### **Анализ известных достижений**

Как показано в [2], оптимальный по критерию Неймана-Пирсона алгоритм обнаружения сигналов посадочного радиолокатора сводится к весовому суммированию единиц и нулей, отражающих принятые в обоих каналах обработки предварительные решения. Весовые коэффициенты повышают роль того канала, где более вероятно правильное предварительное решение, т.е. где выше вероятность обнаружения и ниже вероятность ложной тревоги. Кроме того, учитывается влияние коэффициента готовности (КГ) СО.

Таким образом, при реализации оптимальных алгоритмов обнаружения сигналов в ПРЛ весовые коэффициенты зависят как от отношения с/ш и уровня шумов в разных каналах обработки, так и от КГ СО.

Выбор решающего правила при совместном обнаружении сигналов ПРЛ должен определяться не только требованиями наилучшего обнаружения сигналов в таких системах. В некоторых случаях требуется ужесточение решающего правила, хотя при этом результирующие характеристики обнаружения (ХО) могут ухудшаться.

## Основной материал

Анализ эффективности рассматриваемых вариантов обнаружения ВЦ проанализируем с учетом конечного результата, а именно, обнаружения ВЦ. Будем рассматривать случай одинаковых значений отношений  $c/\text{ш}$   $q_i, i = \overline{1,2}$  для сигналов первичного и вторичного каналов. При этом во всех каналах обнаружителя будут одинаковые относительные пороги. Этим обеспечивается одинаковая вероятность ложной тревоги  $F_i = F_o$ . Одинаковыми будут и вероятности обнаружения  $D_i = D_o, i = \overline{1,2}$ . В этих условиях для независимых флуктуаций амплитуд оптимальным решающим правилом для совместной обработки является правило “к из m”. При малом числе каналов обработки оптимальное, в смысле обнаружения, правило “1 из 2”.

На рис. 1 приведены ХО воздушной цели для первого  $D_{1i}$  и второго  $D_{2i}$  обнаружителей, показывающие, что первый обнаружитель имеет некоторые преимущества по сравнению со вторым, например, выигрыш в пороговом отношении  $c/\text{ш}$  - 0,8 дБ.

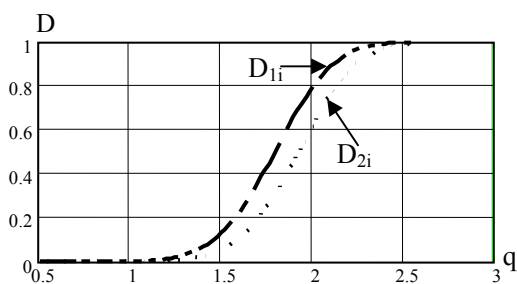


Рис. 1. Характеристики обнаружения ВЦ для первого  $D_{1i}$  и второго  $D_{2i}$  обнаружителей

Характеристики обнаружения при реализации принципа совпадения одиночных сигналов показаны на рис. 2. Первый обнаружитель имеет несколько худшие характеристики (проигрыш в пороговом отношении  $c/\text{ш}$  составляет 0,75 дБ) по сравнению со вторым. Однако реализация единой информационной сети на базе систем наблюдения ПВО и ВВС практически исключает возможность использования этого режима.

На совместные характеристики обнаружения существенным образом влияет КГ СО. На рис. 3 представлен вклад КГ на совместные характеристики обнаружения ВЦ (для фиксированной вероятности обнаружения ВЦ  $D=0,8$ ). Цифры 1 и 3 показывают потери в первом обнаружителе при реализации принципа объединения и совпадения соответственно, а 2 и 4 - во втором обнаружителе. При реализации принципа объединения первый обнаружитель имеет несколько меньшую зависимость потерь от КГ при  $КГ > 0,7$  по сравнению со вторым. При реализации принципа совпадения второй обнаружитель имеет несколько меньшие потери в показателях качества обнаружения в зависимости от КГ.



Рис. 2. Характеристики обнаружения при реализации принципа совпадения одиночных сигналов

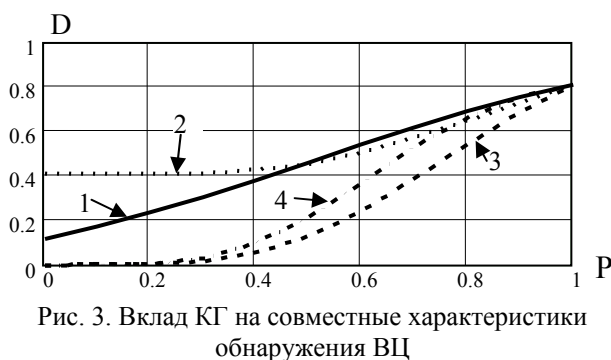


Рис. 3. Вклад КГ на совместные характеристики обнаружения ВЦ

Приведенные расчеты показывают существенный вклад коэффициента готовности СО на результирующие ХО обнаружителей ВЦ.

Аналогично обнаружению воздушных целей в ПРЛ измеритель координат целей может быть реализован по двум аналогичным схемам, а именно:

- объединение сигналов и схема измерения параметров;
- схема измерения параметров в каждом канале

и устройство объединения.

В [3] синтезирован оптимальный по критерию максимума правдоподобия алгоритм оценки азимута по пачке бинарно-квантованных сигналов во вторичном радиолокаторе, как имеющий более общий характер в рассматриваемых радиолокационных системах. На основе этого синтеза произведем сравнительные характеристики точности измерения азимута ВЦ для первого и второго измерителей азимута ВЦ в ПРЛ.

Вторичный канал ПРЛ может производить азимутальную пеленгацию цели методом анализа огибающей по пакету  $n$ -импульсных ответных кодов. Под воздействием внутрисистемных, имитирующих и хаотических импульсных помех в канале запроса и канале ответа часть ответных сигналов теряется с вероятностью  $1 - P_o(1 - P_p)$ , где  $P_p$  - вероятность подавления ответных сигналов.

Результаты расчета потенциальной точности измерения азимута ВЦ вторичным каналом ПРЛ представлены на рис. 4 (для дробной логики обработки  $k/n=2/3$ ) и рис. 5 (для целой логики обработки  $k/n=3/3$ ) при различном КГ СО и вероятности подавления ОС равном 0,03. Очевидно, дробная логика

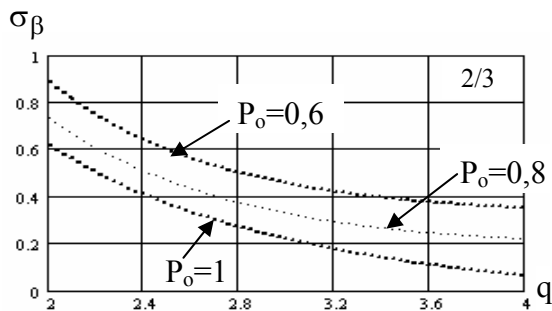


Рис. 4. Результаты расчета потенциальной точности измерения азимута цели вторичным каналом ПРЛ (для дробной логики  $k/n=2/3$ )

обработки позволяет получить более высокую точность измерения азимута во вторичной канале посадочного радиолокатора. В частности при отношении с/ш равном 4 и коэффициенте готовности СО равном 0,8 этот выигрыш составляет 1,8 раза. Анализ рис. 4 и 5 показывает, что при использовании дроб-

ной логики обработки ОС уменьшается влияние КГ СО на точность измерения азимута.

На рис. 6 показаны сравнительные зависимости влияния коэффициента готовности СО на точность измерения азимута системой ВРЛ при различных логиках обработки ответных сигналов. Как следует из представленной зависимости (рис. 6) дробная логика обработки, начиная с  $P_o=0,3$ , имеет лучшие характеристики в точности измерения азимута.

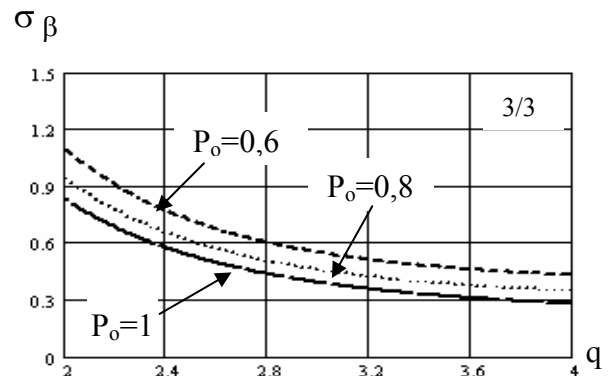


Рис. 5. Результаты расчета потенциальной точности измерения азимута цели вторичным каналом ПРЛ (для целой логики обработки  $k/n=3/3$ )

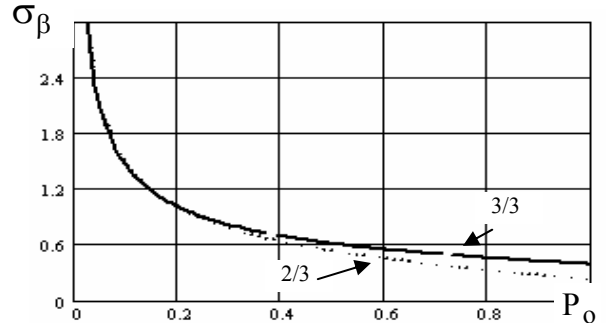


Рис. 6. Сравнительные зависимости влияния коэффициента готовности СО на точность измерения азимута системой ВРЛ

Произведем сравнительный анализ точности измерения азимута в посадочном радиолокаторе при использовании первого и второго вариантов измерителей. Результаты расчета представлены на рис. 7. Как следует из представленной зависимости, точность первого алгоритма объединения на сигнальном уровне выше по сравнению с вторым. В частности, при отношении с/ш равном 4, точность в измерении азимута предложенного алгоритма в 1,9 раз выше по сравнению с вторым вариантом.

Оценка влияния КГ СО на точность совместного измерения азимута первым и вторым алгоритмами, представлена на рис.8. Анализ зависимостей рис.8 показывает, что при коэффициенте готовности СО большим 0,58 его влияние на точность измерений азимута в первом алгоритме менее чувствительно по сравнению со вторым.

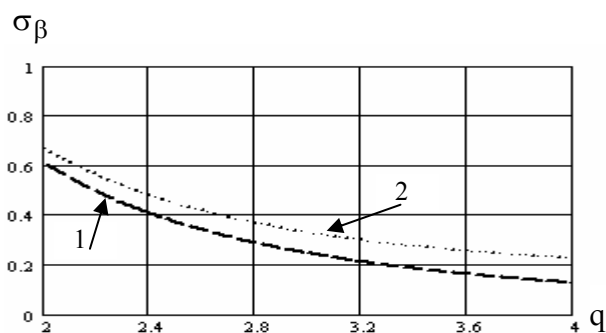


Рис. 7. Результаты расчета точности измерения азимута в посадочном радиолокаторе при использовании первого и второго вариантов измерителей

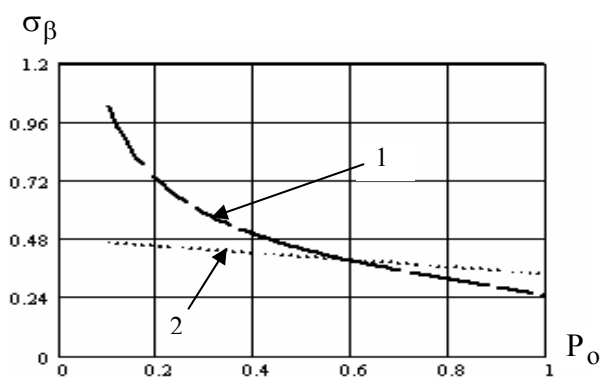


Рис. 8. Оценка влияния КГ СО на точность совместного измерения азимута первым и вторым алгоритмами

## Выводы

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- обнаружитель воздушной цели в посадочном радиолокаторе должен содержать обнаружители

сигналов в первичном и вторичном каналах, элемент объединения и обнаружитель пачки сигналов;

- алгоритм оценки азимута воздушных целей во вторичном канале посадочного радиолокатора должен реализовать дробную логику обработки ответных сигналов, так как это позволяет повысить точность измерения азимута по пачке бинарно-квантованных сигналов и снизить влияние КГ СО на точность измерения азимута в сравнении с целой логикой обработки;

- объединение на сигнальном уровне при измерении азимута воздушных целей в посадочном радиолокаторе позволяет повысить точность измерения азимута воздушных целей и снизить зависимость точности измерения азимута от КГ СО по сравнению с объединением на координатном уровне.

## Литература

1. Рысаков Н.Д. Посадочный радиолокатор и устройства отображения РСР-6М2. - Харьков: ХВВАУРЭ, 1990. - 96 с.
2. Обод И.И., Обод А.И. Оптимизация обнаружения сигналов в посадочном радиолокаторе//Вестник национального технического университета «ХПИ». - 2002, вып.8. - С. 160-163.
3. Обод И.И., Гаврутенко А.А., Загоруйко 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.

Поступила в редакцию 07.10.03

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор Костенко П.Ю., Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, г. Харьков