

**АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ГИПЕРЗВУКОВЫХ
ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ ДЛЯ ИМПУЛЬСНО-ДОПЛЕРОВСКОЙ БОРТОВОЙ
РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ**

И.В. Головкина, М.Н. Васильева,
научный руководитель канд. техн. наук Лютиков И.В.
Учебно-военный центр Военно-инженерного института
Сибирский Федеральный университет

Как известно, для многофункционального истребителя задача по обнаружению воздушных целей (ВЦ), в том числе гиперзвуковых (ГЗВЦ) является первичной и весомо влияющей на исход предстоящего воздушного боя [1]. Некоторые существующие однопозиционные импульсно-доплеровские бортовые радиолокационные станции (ИД БРЛС) обладают рядом недостатков, обусловленных следующими особенностями решения ими задачи обнаружения. Использование нескольких $n = 1, 2, \dots, N$ частот повторения зондирующих импульсов $F_{\Pi}^{(n)}$ с целью устранения, так называемых «слепых» зон, обусловленных бланкированием приемника на время излучения и для однозначного измерения дальности до ВЦ [2, 3], реализует согласованную обработку принимаемой пачки импульсов и принятие решения о её наличии или отсутствии за время каждого интервала её накопления (когерентного и (или) некогерентного). Объединение информации о результатах обработки сигналов за интервалы накопления на нескольких частотах повторения $F_{\Pi}^{(n)}$ при этом не производится. Это приводит к нерациональному расходу энергетического ресурса станции, к потере потенциальной возможности использования результатов обработки сигналов за всё время облучения цели (все интервалы накопления на различных частотах повторения). Из работы [4] известно, для устранения указанных недостатков в теории синтезированы алгоритмы обнаружения ВЦ (не ГЗВЦ) для ИД БРЛС отличающиеся от существующих использованием многоканальной корреляционно-фильтровой обработки с частой во время-частотной области сеткой, учитывающей априорную неопределенность по трем параметрам (частоте Доплера, времени задержки и длительности принимаемых импульсов), а также некогерентной обработки на основе метода отношения правдоподобия за несколько частот повторения $F_{\Pi}^{(n)}$ зондирующих импульсов). Из работы [15] известен синтез эффективного алгоритма обнаружения ВЦ, осуществляющих

интенсивное маневрирование в условиях, при которых резко проявляются ракурсные зависимости как радиальной, так и тангенциальной составляющих вектора скорости ВЦ (при выполнении фигур высшего пилотажа, «зависания» её в воздухе, выполнения противоракетного манёвра, движения по касательной), особенно на малых дальностях.

Учитывая зависимость (1) девиации частоты df/dt принимаемого эхо-сигнала на фиксированной длине волны λ , отраженного от ГЗВЦ на большей дальности R можно сделать вывод о том, что алгоритм [15] можно адаптировать под обнаружение ГЗВЦ путём его оптимизации по критерию увеличения максимальной дальности её обнаружения, при заданных ресурсных ограничениях и качестве не хуже требуемого.

По мере сближения ИД БРЛС истребителя с ГЗВЦ, находящейся на дальности R , тангенциальная составляющая скорости v_τ растёт и соответственно увеличивается частотная девиация df/dt принимаемого на фиксированной длине волны λ отраженного сигнала от ВЦ.

$$\frac{df}{dt} = \frac{v_\tau^2}{R\lambda} \quad (1)$$

Это обстоятельство потребует увеличения размерности параметрического пространства и её учёт при создании дополнительной многоканальности путем введения в алгоритм обнаружения линейки ЛЧМ-фильтров, тем самым устраняя априорную неопределенность девиации частоты принимаемого сигнала и увеличивая тем самым степень согласованности его обработки. Этот сигнальный признак может быть использован в алгоритмах сопровождения и наведения для оценки угловой скорости линии визирования (по координатной информации измерений частотной девиации).

В [5-11] также представлены различные варианты построения обнаружителей сигналов, отражённых от маневрирующих воздушных целей, показаны их недостатки и достоинства.

Учитывая указанные недостатки существующих однопозиционных ИД БРЛС по обнаружению интенсивно маневрирующих целей, а также ГЗВЦ, предлагается аналогично [4] использовать многоканальную корреляционно-фильтровую обработку с частой время-частотной сеткой, но учитывающей априорную неопределенность уже по четырем параметрам (частоте Доплера, девиации частоты, времени задержки, длительности принимаемых импульсов), а также некогерентную обработку на основе метода отношения правдоподобия за несколько частот повторения $F_{\Pi}^{(n)}$ зондирующих импульсов (т.е. за всё время облучения цели,

используя при этом результаты наблюдений за время предыдущих интервалов накопления). Решить поставленную задачу позволит разрабатываемый алгоритм.

Цель работы – синтез алгоритма обнаружения гиперзвуковых воздушных целей для ИД БРЛС устраняющего априорную неопределенность по времени задержки, длительности, частоте Доплера, девиации частоты принимаемого сигнала.

Синтез алгоритма осуществлен в следующей последовательности [12-14]:

1. Определение максимального значения отношения правдоподобия по информации с выходов частотно-временных каналов ИД БРЛС, вычисление решающей статистики

$$I_{\varepsilon\beta k}^{(N)}(Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)});$$

2. Получение закона распределения решающей статистики $f(Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)})$;

3. Определение критической области критерия отношения правдоподобия по распределению решающей статистики $f(Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)})$ путем нахождения значения порога $V_{\text{лм}}^{(N)}$, обеспечивающего заданную условную вероятность ошибки первого рода – условную вероятность ложной тревоги $P_{\text{лм}}$.

Выводы

Таким образом, предполагается, что применение разработанного алгоритма обнаружения гиперзвуковых ВЦ для ИД БРЛС на основе метода отношения правдоподобия за несколько N интервалов когерентного накопления, устраняющего априорную неопределенность по времени задержки, длительности импульсов, частоте Доплера и девиации частоты приведет к существенному увеличению условной вероятности правильного обнаружения гиперзвуковых ВЦ, а значит и максимальной дальности её обнаружения, что в дальнейшем требует подтверждения результатами имитационного моделирования с использованием метода Монте-Карло.

Литература

1. Канащенков А.И. и др. Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения. – М.:ИПРЖР, 2002.
2. Многофункциональные радиолокационные системы: учеб. пособие для вузов / П. И. Дудник, А. Р. Ильчук, Б. Г. Татарский; под ред. Татарского. - М.: Дрофа, 2007. -283, [5] с. : ил. – (Высшее образование. Радиотехнические системы).
3. Черных М.М., Богданов А.В., Буров А.С. и др. Анализ информационных свойств когерентных радиолокационных сигналов//Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер «Приборостроение», 1999 г., №4. 16 -26 с.

4. Лютиков, И. В. Алгоритм обнаружения воздушных целей на основе совместного отношения правдоподобия для двухпозиционного авиационного радиолокационного комплекса / Лютиков И.В., Замараев В.В // Радиотехника (журнал в журнале), №10 – г. Москва, 2008.
5. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей. - М. : Радио и связь, 1993. 320 с.
6. Логвинов М. А., Буров А. С., Барцевич С. Н. Алгоритм сопровождения маневрирующих целей с учетом данных первичной обработки сигнала // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование», 2012 г., №1.
7. Ильчук А.Р., Жуков М.Н., Ладыгин В.А. Обнаружитель сигналов маневрирующих воздушных целей в бортовых РЛС с использованием дискриминаторов // Радиотехника 2010 г., №7.
8. Ильчук А.Р., Меркулов В.И., Самарин О.Ф., Юрчик И.А. Влияние интенсивного маневрирования целей на показатели эффективности системы первичной обработки сигналов в бортовых РЛС // Радиотехника. 2003. № 6.
9. Ильчук А.Р., Меркулов В.И., Юрчик И.А. Особенности обнаружения сигналов в бортовых РЛС при наблюдении интенсивно-маневрирующих целей // Радиотехника. 2004. № 10.
10. Кошелев В.И., Белокуров В.А. Синтез и анализ обнаружителей радиолокационных сигналов, отраженных от маневрирующей цели // Радиоэлектроника. 2005. № 3.
11. Ильчук А.Р., Киселев В.В., Ладыгин В.А. Структура обнаружителя сигналов от маневрирующих целей на основе метода разладки случайных процессов. Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы // Материалы Международной научно-технической конференции. Дивноморское. Россия. 2007.
12. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я. Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.: ил.
13. Статистические выводы и связи. М. Кендалл, А. Стюарт, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973.
14. Теория вероятностей: Учебник для студ.вузов/Е.С. Вентцель.-9-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2003.–576 с.
15. Дипломная работа Петрова М.А. «Разработка алгоритма обнаружения интенсивно-маневрирующих воздушных целей для импульсно-доплеровской бортовой РЛС». ВИИ СФУ 2013 г.