

УДК 621.396.96

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ РАДИОЛОКАЦИОННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЗОРНОГО РАДИОЛОКАТОРА

И.В. НАСОНОВ, Э.И. ШАМОВИЧ, С.М. КОСТРОМИЦКИЙ,
П.Н. ШУМСКИЙ, А.В. МОЙСЕЕВ

*Научно-производственное республиканское унитарное предприятие "СКБ Камертон"
ул. Могилевская, 27, г. Минск, 220001, Республика Беларусь*

Поступила в редакцию 3 июня 2005

Приведены результаты полигонных испытаний системы автоматического радиолокационного распознавания воздушных целей для обзорного радиолокатора малой дальности действия.

Ключевые слова: радиолокация, распознавание, система, эксперимент.

Введение

Современная радиолокационная станция должна не только обнаруживать воздушные цели и определять их координаты и параметры, но и автоматически распознавать класс или тип этих целей. Информация о принадлежности воздушного объекта к тому или иному классу (типу) может быть использована для определения класса (типа) неопознанных воздушных объектов, выделения сигналов от летательных аппаратов из сигналов, отраженных от местных предметов, стай птиц, ангел-эхо, облаков гидрометеоров, выбора наиболее опасных целей и обеспечения выдачи информации о них на командный пункт, своевременного обнаружения пусков противорадиолокационных ракет, оптимизации целераспределения и целеуказания.

Общие сведения о системе распознавания

Опытный образец системы автоматического радиолокационного распознавания предназначен для работы в составе трехкоординатной РЛС обнаружения целей сантиметрового диапазона. Зондирующий сигнал РЛС представляет когерентную последовательность радиоимпульсов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ). По азимуту производится круговой обзор со скоростью 360 (180) градусов в секунду. По углу места производится одновременный обзор.

Система распознавания обеспечивает распознавание пяти классов воздушных целей на фоне мешающих отражений, активных помех и внутренних шумов приемника: класс 1 — тяжелый винтовой самолет, реактивный самолет, реактивный беспилотный летательный аппарат (БПЛА); класс 2 — легкий винтовой самолет, винтовой БПЛА; класс 3 — вертолет; класс 4 — ракета; класс 5 — прочие (баллоны, воздушные шары, птицы, ангел-эхо).

Если на входе системы распознавания отношение сигнал-помеха не превышает заданное значение 6 дБ, то производится отказ от распознавания и выдается решение "нераспознанная цель".

Система распознавания подключается к выходам квадратурных фазовых детекторов трехканального радиопримного устройства, а также к каналам обмена и устройствам формирования сигналов управления РЛС. Она представляет собой промышленный компьютер (рис. 1), в слоты расширения которого вставлены три модуля сопряжения. Каждый модуль сопряжения состоит из преобразователя аналоговых сигналов и преобразователя цифровых сигналов.

Решение о классе цели формируется на основании анализа спектральной структуры и мощности отраженных сигналов и помех [1], а также оценки полной путевой скорости и высоты полета распознаваемых целей. Следует заметить, что из-за низкой частоты повторения зондирующего сигнала (около 4 кГц) спектр отраженного от цели сигнала не является однозначным.



Рис. 1. Общий вид системы распознавания

Цикл работы системы распознавания определяется скоростью вращения антенной системы, причем первое (предварительное) решение выдается после третьего контакта с целью.

В каждом обзоре по азимуту производится запись в память системы распознавания сигналов, отраженных от автоматически обнаруженных радиолокатором целей. Система распознавания производит распознавание автоматически сопровождаемых радиолокатором целей, при этом каждое решение привязано к номеру сопровождаемой трассы. В начале каждого следующего цикла работы из каналов обмена РЛС считывается информация о номерах трасс и координатах автоматически сопровождаемых целей. В системе распознавания для каждой из сопровождаемых целей производится оценка дальности распознаваемой цели с точностью $\pm 12,5$ м, превышающей штатную точность определения дальности РЛС.

Расчет полной путевой скорости цели производится методом дифференцирования дальности с учетом оценки ракурса цели. Для оценки эффективной отражающей поверхности цели и распознавания по спектральному портрету производится получение усредненных за три периода обзора энергетических спектров сигнала цели и помехи.

Оценка эффективной поверхности рассеивания цели производится в соответствии с выражением: $\sigma_{ин} = \sigma_n^2 R_n^4 k(R_n)$, где σ_n^2 — оценка средней мощности планерной составляющей отраженного сигнала по результатам трех обзоров; $k(R_n)$ — коэффициент, учитывающий энергетический потенциал и коэффициент передачи приемного тракта РЛС; R_n — уточненная оценка дальности до цели при последнем контакте с целью.

Высота цели определяется по формуле: $h_{cn} = R_n \sin \varepsilon_{cn}$, где ε_{cn} — измеренное значение угла места цели.

Распознавание по спектральному портрету представляет собой процесс обнаружения целей, сигналы которых имеют вторичную модуляцию. Для этого выполняется 128-точечное быстрое преобразование Фурье.

Так как результирующая диаграмма направленности антенной системы РЛС по углу места является многолепестковой, то информация об оценке ЭПР распознаваемой цели используется в качестве дополнительного признака для распознавания.

Для повышения качества распознавания производится накопление полученных за четыре последних обзора по азимуту решений в соответствии с критерием "3 из 4".

Условия эксперимента

Испытания системы распознавания проводились в полигонных условиях. Местность полигона представляла в основном равнинный тип поверхности с деревьями и кустарниками. С северо-западной стороны на расстоянии 7–10 км от РЛС располагалась горная система. На

территории полигона находились здания, ангары, мачты антенных систем. Испытания проводились в утреннее, дневное и вечернее время суток.

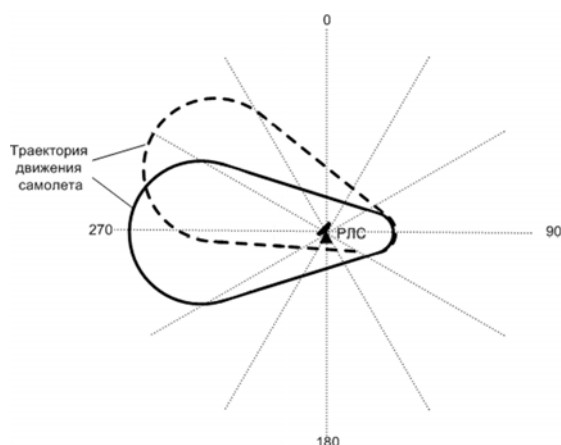


Рис. 2. Траектории полета контрольных целей

В облетах использовались различные типы самолетов, двигавшиеся на дальностях от 3 до 26 км. Например, в одном из экспериментов в качестве контрольных целей использовались легкий турбореактивный самолет CRJ и средний винтовой самолет Ан-26.

Движение этих самолетов осуществлялось по траектории, представленной на рис. 2.

В процессе испытаний летательные аппараты совершали маневры скоростью и высотой.

Высота полета составляла (350–4000) м. Приближение к РЛС осуществлялось с азимута (250–253)°, а удаление — с азимута (295–326)°. При приближении контрольная цель Ан-26 обнаруживалась РЛС на дальности не более 21000 м и затем бралась на автоматическое сопровождение.

При этом в процессе движения цели наблюдались неоднократные срывы автосопровождения. Контрольная цель CRJ обнаруживалась на дальности не более 16500 м, захватывалась на автосопровождение, но сопровождалась неустойчиво. Причиной неустойчивого автосопровождения обеих контрольных целей являлось затенение целей горной системой, а также наличием отражений от местных предметов. Наиболее интенсивные мешающие отражения от местных предметов наблюдались в утренние часы. На малых дальностях (менее 4350 м) контрольные цели не обнаруживались и не сопровождалась, т.к. находились вне зоны действия РЛС. При удалении обе контрольные цели наблюдались и сопровождалась с дальности не менее 5400 м до предельной дальности не более 8800 м, а затем отметки от целей исчезали с экранов индикаторов.

Помимо контрольных целей в зоне действия РЛС периодически появлялись другие цели, которые перемещались по иным траекториям. Число одновременно находящихся в зоне обзора целей изменялось от 0 до 3. По этим целям система распознавания также выдавала решения.

Распознавание производилось только при наличии признака автоматического сопровождения цели, поступившего из каналов обмена РЛС.

Эксперимент осуществлялся при сменных режимах работы РЛС (изменялись скорость вращения антенной системы, длительность зондирующего сигнала, период повторения зондирующих сигналов, программа обзора по углу места).

Результаты эксперимента

В процессе распознавания производилась регистрация следующей информации:

- номер автоматически сопровождаемой РЛС трассы;
- номер парциальной диаграммы направленности, в которой находится цель;
- оценка дальности цели в момент начала регистрации результатов распознавания;
- оценка дальности цели в момент завершения регистрации результатов распознавания;
- оценка азимута цели в момент начала регистрации результатов распознавания;
- оценка азимута цели в момент завершения регистрации результатов распознавания;
- оценка ракурса цели в интервале времени между началом и завершением регистрации результатов распознавания;
- оценка путевой скорости цели в интервале времени между началом и завершением регистрации результатов распознавания;
- оценка отношения сигнал-помеха в интервале времени между началом и завершением регистрации результатов распознавания;
- факт наличия пассивных помех;

- факт наличия других (неконтрольных) целей;
- частота принятия правильного решения при распознавании в интервале времени между началом и завершением регистрации результатов распознавания;
- решение о классе распознаваемой цели.

Для оценки качества работы системы распознавания по каждой цели проводилось 13 сеансов распознавания, каждый из которых имел продолжительность 20 с. Оценка вероятности правильного распознавания цели k -го класса в течение сеанса производилась автоматически

в соответствии с выражением: $P = \frac{N_k}{N}$, где N_k — число решений в пользу цели k -го класса,

N — общее число решений.

За 13 сеансов средняя вероятность правильного распознавания самолета Ан-26 составила $P_{cp}=0,86$, а для самолета CRJ — $P_{cp}=0,93$.

Экспериментальные исследования показали, что вероятности правильного распознавания класса цели сильно зависят от следующих факторов: устойчивости автоматического сопровождения цели; отношения сигнал-помеха; значения путевой скорости цели; угла места цели относительно биссектрисы парциальной диаграммы направленности антенны.

При неустойчивом автоматическом обнаружении и сопровождении цели радиолокатором сигналы распознаваемой цели не всегда попадают в строб распознавания. В результате этого могут происходить сбои, приводящие к снижению качества распознавания.

При отношении сигнал-помеха меньше (5–7) дБ вероятности правильного распознавания класса цели резко снижаются.

Зависимость характеристик распознавания от скорости цели проявляется в том случае, когда скорость цели близка к граничному значению скоростного портрета целей данного класса. В этом случае из-за влияния помех и дискретности определения дальности и азимута погрешности определения скорости оказываются соизмеримы с величиной отклонения реальной скорости цели от граничного значения скоростного портрета цели данного класса. Это приводит к тому, что в соответствии с алгоритмом работы системы распознавания принимается ошибочное решение.

Зависимость вероятности правильного распознавания класса цели от рассогласования между углом места цели и положением биссектрисы парциальной диаграммы направленности антенны проявляется в том случае, когда производится распознавание по мощностным признакам цели. Чем больше это рассогласование, тем меньше амплитуда принятого сигнала и тем выше вероятность того, что цель будет отнесена к классу, для которого ЭПР цели имеет меньшее значение. Эксперимент показал, что значение вероятности правильного распознавания не зависит от частоты повторения зондирующего сигнала.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE SYSTEM OF AIR TARGETS RADAR DETERMINATION DESIGNED FOR SURVEY RADAR

I.V. NASONOV, E.I. SHAMOVICH, S.M. KOSTROMITSKY, P.N. SHUMSKY, A.V. MOISEYEV

Abstract

The results of ground test of surveillance radar target recognition system are presented.

Литература

1. *Охрименко А.Е.* // Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба. Часть 1. Основы радиолокации. М., 1983. С.426-440.