

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК В ИНТЕРЕСАХ РАДИОЛОКАЦИОННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТА

Ярмолик С. Н., Зайко Е. В., Свинарский М. В., Храменков А. С.

Кафедра автоматики, радиолокации и приемо-передающих устройств, Военная академия РБ

Минск, Республика Беларусь

E-mail: zaiko.eugene@mail.ru, mechislav1993@gmail.com

Для повышения эффективности распознавания в докладе рассмотрено устройство распознавания типа объекта с использованием отличительных особенностей конструкции двигательных установок. Работоспособность и эффективность устройства оценивалась методом математического моделирования при решении задачи распознавания аэродинамических объектов по их спектральным портретам.

ВВЕДЕНИЕ

Современные радиолокационные системы (РЛС) являются источником различной информации о наблюдаемом объекте: местоположение, особенность передвижения, тип (класс) и др. Информация о наблюдаемом воздушном объекте используется при анализе и мониторинге воздушной обстановки. При этом качество и своевременность получения данных позволяет повысить эффективность решения задач на различных уровнях управления. Определение типа (класса) наблюдаемого воздушного объекта осуществляется при решении задачи радиолокационного распознавания (РЛР) [1]. В РЛС для определения типа (класса) наблюдаемого объекта широко используются радиолокационные портреты (РЛП) объектов наблюдения [1]. Высокой информативностью обладает спектральный РЛП (СРЛП), представляющий собой совокупность комплексных амплитуд отраженного сигнала, относящихся к различным элементам разрешения по частоте [1]. К достоинствам СРЛП можно отнести простоту и доступность его выделения для большинства современных РЛС.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассматривая СРЛП наблюдаемого объекта можно отметить наличие так называемой «планерной» составляющей спектра, обусловленной отражением сигнала от корпуса наблюдаемого объекта и имеющую доплеровский сдвиг $F_{ДС}$, пропорциональный радиальной скорости перемещения цели. Кроме того, в СРЛП наблюдаемого объекта присутствуют составляющие «вторичной модуляции» (ВМ), обусловленной отражением сигнала от вращающихся элементов двигательных установок (лопасти несущих винтов вертолета, лопасти тяговых винтов двигателей, лопасти рабочих колес турбин турбовинтовых и турбореактивных двигателей, лопасти рулевых (хвостовых) винтов вертолета и др.) распознаваемых объектов [1, 3 С. 25-38]. Понятие ВМ является общим понятием, характеризующим явление модуляции параметров радиолокационных сигналов в процессе вторичного излучения от

вибрирующих и вращающихся элементов наблюдаемого объекта [2, С. 16].

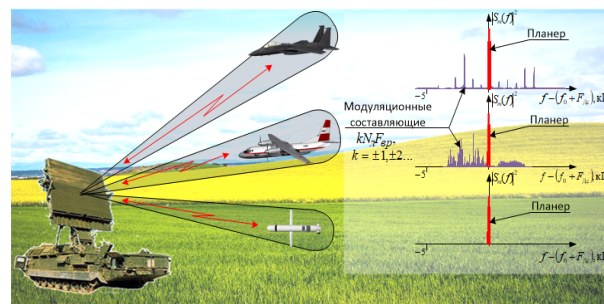


Рис. 1 – Примеры СРЛП различных объектов

В зависимости от источника различают множество видов ВМ [1 С. 117, 2 С. 16]. Основное влияние на формирование отсчетов ВМ оказывают параметры, относящиеся к особенностям конструкции и режимам работы двигательных установок: количество лопастей в винте (ступени компрессора) N_L , частота вращения вала компрессора (двигателя) $F_{Вр}$ [1 С. 117, 2 С. 28-36]. Различные типы воздушных объектов отличаются значением числа лопаток N_L и частоты вращения $F_{Вр}$ вала компрессора [3]. Для турбореактивных самолетов конструкция турбин предусматривает наличие нескольких ступеней (винтов) турбины, отличающихся количеством лопаток. При облучении сигналом турбореактивных двигателей в спектре сигнала, отраженного от наблюдаемого объекта, кроме модуляционных составляющих сигнала $kN_1F_{Вр}$, обусловленных отражением от первой ступени двигателя, появляются спектральные составляющие на комбинационных частотах $(k_1N_1+k_2N_2)F_{Вр}, k_1, k_2 = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Значения частот вращения вала двигателя (компрессора низкого давления (КНД)) и число лопаток винта (ступеней КНД) отличаются для различных классов объектов («вертолет», «турбореактивный самолет», «винтовой самолет»), что повышает контрастность СРЛП классов объектов. При этом стоит отметить, что в спектре более интенсивно проявляются частоты ВМ, сформированной отражением от первой и второй ступени КНД. Для различных двига-

телей значения числа лопаток в КНД отличаются [3]. В виду того, что определить частоту вращения практически невозможно, использование значений частот спектра, формируемых «турбиной модуляцией» от первой и второй ступени двигателя позволяет повысить эффективность использования СРЛП для распознавания не только класса, но и типа наблюдаемого объекта. Для повышения эффективности использования СРЛП, предлагается использовать устройство, которое позволит при наблюдении объекта класса «турбореактивный самолет», дополнительно определять и тип наблюдаемого объекта (МиГ-29, F-22, ИЛ-96, Mirage-2000 и др.). Структурная схема устройства, реализующего алгоритм распознавания типа наблюдаемого объекта по СРЛП, представлена на рисунке 1.

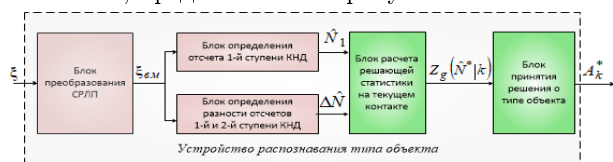


Рис. 2 – Структурная схема устройства распознавания типа наблюдаемого объекта

В блоке преобразования СРЛП путем удаления планерной составляющей из СРЛП, осуществляется выделение отсчетов, которые характеризуют ВМ наблюдаемого объекта $\xi_{\text{ВМ}}$. В блоке определения 1-й ступени КНД из спектральных отсчетов ВМ $\xi_{\text{ВМ}}$ выделяются отсчеты спектра значения которых превысили адаптивный порог обнаружения. Производится расчет кратности отсчетов спектра, превысивших порог, по отношению к другим значениям спектральных отсчетов $\xi_{\text{ВМ}}$. Из сформированного массива выбирается элемент с максимальным значением количества кратности \hat{N}_1 . От спектра сигнала рассчитывается автокорреляционная функция. К отсчетам полученной автокорреляционной функции одностороннего СРЛП применяется алгоритм пикового детектирования [5]. Среди полученных после пикового детектирования значений выбирается первый отсчет, который будет являться оценкой разности числа лопаток между первой и второй ступенью двигателя ($\Delta\hat{N}$). Полученная оценка $\Delta\hat{N}$ поступает в блок расчета решающей статистики где определяется коэффициент правдоподобия $Z(\hat{N} | k)$ для каждого распознаваемого типа объекта. В блоке принятия решений по максимальному значению коэффициента правдоподобия определяется тип наблюдаемого объекта. С целью оценки эффективности работы устройства определения типа наблюдаемого объекта было проведено математическое моделирование. Для математического моделирования рассматривался класс «реактивный истребитель» для которого были выбраны представители, имеющие турбореактивные двигатели с несколькими ступенями КНД: «Mirage-2000», Су-27, F-18, F-22, Су-25. В качестве входного сиг-

нала использовалась обобщенная модель, учитывающая закономерности отражения сигнала от двигательных установок [4]. В качестве показателей, характеризующих эффективность функционирования устройства радиолокационного распознавания, рассматривались значения вероятности правильного распознавания $D(\rho)$, где ρ - отношение сигнал-шум на выходе устройства когерентного накопления [1]. Результаты математического моделирования представлены на рисунке 2.

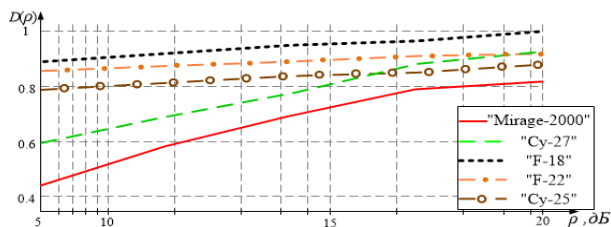


Рис. 3 – Результаты математического моделирования

Представленные результаты математического моделирования подтверждают эффективность разработанного устройства распознавания типа наблюдаемого объекта при высоких отношениях сигнал-шум. Однако при малых отношениях сигнал шум для некоторых типов объектов наблюдается низкая эффективность устройства, связанная с тем что их СРЛП теряют контрастность по отношению к другим СРЛП на фоне шумов.

II. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанное устройство позволяет расширить функциональные возможности устройства РЛР за счет дополнительного определения типа наблюдаемого объекта класса «реактивный истребитель», при этом стоит отметить требовательность устройства к отношению сигнал-шум для обеспечения высокой достоверности распознавания.

III. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширман, Я. Д. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. / Я. Д. Ширман и [др.] // Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Минск, БГУИР, 1994. 64с.
2. Слюсарь, Н. М.З. Рассеяние и вторичная модуляция радиолокационных сигналов динамическими объектами: моногр. / Н. М. Слюсарь //– Минск: ВА РБ, 2015. – 288с.
3. Military jet engine acquisition : technology basics and cost-estimating methodology / Obaid Younossi [et al.]. //Santa Monica, CA 2002. - 167p.
4. Надточий, В. Н. Исследование особенностей описания признаков радиолокационного распознавания воздушных целей в бортовых радиолокационных системах / В. Н. Надточий //Современная наука: актуальные проблемы теории и практики 2017. – №10. – С. 20–24.
5. Новиков, Л. В. Детектирование пиков наномасштабных изображений в шумах / Л. В. Новиков //Научное приборостроение - 2018. – том 28. – №3. – С. 124–129.