

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ /  
AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.3>

**АНАЛИЗ ПРЕДПОЛАГАЕМОЙ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ  
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Научная статья

**Коломеец Р.В.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Ярославль, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (kr74[at]yandex.ru)

**Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы теории и практики радиолокационного обнаружения, способы обнаружения вражеских объектов при разных видах радиолокации и способы повышения требуемого качества радиолокационной информации, выполняющей функции системы разведки и оповещения для системы ПВО.

Отмечается, что радиолокационное распознавание классов воздушных объектов – это необходимость для радиолокационной системы, выполняющей функции системы разведки и оповещения для системы ПВО (ВКО). Однако в условиях применения активных шумовых помех активная радиолокация не позволяет выполнить возлагаемые на нее задачи без существенного качественного изменения энергетических ресурсов, ее потенциальные возможности практически исчерпаны.

Делается вывод о том, что одним из возможных путей разрешения невозможности достижения требуемого качества радиолокационной информации в условиях применения активных шумовых помех только за счет средств активной локации, даже объединенных в систему в практике, является комплексирование информации от средств активной и полуактивной локации.

**Ключевые слова:** радиолокация, локация, радиоэлектронное воздействие, противодействие помехам, дальность обнаружения.

**AN ANALYSIS OF THE ANTICIPATED AERIAL SITUATION AND THE CAPABILITIES OF EXISTING RADAR  
SYSTEMS**

Research article

**Kolomoets R.V.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> Yaroslavl Higher Military Institute of the Air Defense, Yaroslavl, Russian Federation

\* Corresponding author (kr74[at]yandex.ru)

**Abstract**

This article examines the theory and practice of radar detection, ways of detecting enemy objects in different types of radar and methods of improving the required quality of radar information serving as a reconnaissance and warning system for an air defence system.

It is observed that radar recognition of classes of airborne objects is a necessity for a radar system that serves as a reconnaissance and warning system for the air defence system (ADS). However, under conditions of active noise interference, active radar cannot fulfil its assigned tasks without a significant qualitative change of energy resources, its potentialities are practically exhausted.

It is concluded that one of the possible ways to resolve the impossibility of achieving the required quality of radar information in conditions of active jamming only at the expense of means of active location, even combined into a system in practice, is a combination of information from means of active and semi-active location.

**Keywords:** radar, locating, electronic interference, jamming interference, detection range.

**Введение**

Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов последних десятилетий показывает, что одним из важнейших компонентов боевого обеспечения ведения боевых действий (операций) с участием средств воздушно-космического нападения (СВКН), является радиоэлектронная борьба (РЭБ), без которой невозможно эффективное преодоление или прорыв системы ПВО противника, а также выполнение надежной защиты своих объектов от ударов СВКН противника [11], [12].

Актуальность представленного материала обусловлена тем, что изучение возможностей и способов радиолокационного обнаружения вражеских объектов при разных видах радиолокации, способы повышения требуемого качества радиолокационной информации, включающих анализ существующих радиолокационных систем, позволяет повысить возможности средств системы ПВО, особенно при нахождении в местах временной дислокации, особенно при проведении специальных военных операций.

Целью исследования является анализ радиолокационное распознавание классов воздушных объектов, представляющих собой необходимость для радиолокационной системы, выполняющей функции системы разведки и оповещения для системы ПВО (ВКО).

Задачами исследования является поиск путей разрешения указанного противоречия в практике, характеризующегося невозможностью достижения требуемого качества радиолокационной информации в условиях применения АШП только за счет средств активной локации.

Под активной радиолокацией понимается активная радиолокация с пассивным ответом, то есть определение радиолокационных характеристик объектов основано на отражении радиоволн от объектов в направлении источника зондирующего сигнала. Под пассивной радиолокацией понимается способ радиолокационного наблюдения, при котором информация об объектах получается путем регистрации излучений радиоустройств самих объектов. Под полуактивной радиолокацией понимается активная радиолокация с пассивным ответом, при которой зондирующий сигнал излучается внешним источником. Полуактивную радиолокацию также называют «переотраженной».

Существующие и перспективные РЛС, РЛК построены на принципах (в основном) активной локации. Средства системы противовоздушной обороны (ПВО) также реализованы на принципах активной локации. Одним из существенных недостатков активной локации и основным демаскирующим фактором является высокая радиозаметность [3].

Таким образом, необходимо предполагать радиоэлектронное воздействие со стороны противника на РЛС (РЛК), как на основную составляющую системы получения радиолокационной информации о воздушном объекте [5, С. 191].

Из активных помех наибольшее маскирующее воздействие оказывает активная шумовая помеха (АШП), которая также представляет наибольшие трудности по защите РЛК (РЛС) от нее, и делает невозможным своевременное обнаружение ВО на требуемой дальности [13].

В период до 2030 года задачи по обеспечению групповой защиты будут возложены на самолеты *EA-18G «Гроулер»*, *EA-6B «Проулер»*, а после 2024-го года также на разрабатываемый, на базе *F-35B* самолет РЭБ [6, С. 59].

### Основная часть

Анализ тактико-технических особенностей постановки противником преднамеренных помех показывает, что универсальность и аддитивность приоритетных АШП позволяют в общем случае рассматривать помеховую обстановку для РЛС как результат воздействия совокупности шумовых помеховых сигналов, при этом суммарная плотность мощности активных шумовых помех прогнозируется от 120-150 Вт/МГц до 5000 Вт/МГц [9].

В современных РЛС для противодействия помехам существуют различные приемы технического и организационного характера: методы частотной, пространственной и поляризационной селекции, а также силовой борьбы [10].

Анализ основного уравнения радиолокации позволяет определить ограничения группы указанных методов противодействия помехам [14, С. 57]:

- увеличение мощности связано с увеличением габаритов и массы передатчика, что, соответственно, снижает уровень надежности самого передатчика и обязывает использовать системы охлаждения;
- увеличение импульсной мощности приводит к необходимости принятия мер по повышению электрической прочности антенно-волноводного тракта РЛС;
- при увеличении времени облучения ВО для возможности когерентного накопления сигнала, за счет более редкого обзора пространства (12, 6 – 3 об/мин.), выступает противоречие необходимости высокого темпа обзора и выдачи информации;
- увеличение длительности импульсов обязывает переход к широкополосным сигналам, иначе это приведет к ухудшению разрешающей способности по дальности;
- значение коэффициента усиления передающей антенны (при максимизации коэффициента направленного действия (КНД) в направлении ВО и увеличении коэффициента полезного действия до 70% для электровакуумных приборов и до 30% для твердотельных передатчиков) в настоящее время достигло своего предела (38-39 дБ);
- полученные значения коэффициента усиления приемной антенны (за счет минимизации боковых лепестков диаграммы направленности антенны (ДНА) по отношению к главному лепестку от -23 до -30 дБ в направлении на ПАП при требуемой ширине ДНА), для настоящего момента времени, также достигли своего предела;
- при сужении диаграммы направленности по углу места увеличивается время обзора, и задача обнаружения других ВО не выполняется, соответственно, при выставлении сектора по азимуту отсутствует возможность обзора в других направлениях.

Однако для того чтобы сохранить дальность обнаружения ВО в случае воздействия помехи по главному лучу ДНА необходимо энергетический потенциал РЛС (РЛК) увеличить на 2-3 порядка.

Таким образом, при массовом производстве и эксплуатации образцов РЭС, практической реализации описанных выше приемов повышения энергетического потенциала достичь достаточно сложно, и можно считать, что он является постоянной величиной ( $\text{Эп} = \text{const}$ ). Увеличение дальности обнаружения возможно за счет уменьшения размеров ЗО (обзор заданного сектора по азимуту и углу места), что является разновидностью метода силовой борьбы, но снижает информационные возможности вне указанного сектора.

Расчеты и опыт показывают, что существующие приемы защиты РЛС (РЛК) не позволяют в требуемой мере бороться с мощными активными прицельными помехами [4].

Дальности обнаружения при различных уровнях спектральной плотности постановки активных помех для современных РЛС позволяют сделать вывод о том, что построение систем ПВО (ВКО) исключительно на принципах активной локации заведомо проигрышно в условиях РЭП, все применяемые меры защиты РЛС (силовая борьба, перестройка частот, автокомпенсация помех и др.) в дуэльной ситуации (РЛС против ПАП) не позволяют получить требуемые дальности обнаружения воздушных объектов, следовательно, необходимо применять другие, системные методы защиты от помех, прежде всего построения системы радиолокационной разведки, комплексующие источники информации различных диапазонов волн, в том числе построенные на принципах пассивной и полуактивной (переотраженной) локации, эффективность которых в меньшей степени зависит от РЭП.

Современное развитие технологий радиолокации (применение фазированных антенных решеток (ФАР), цифровая первичная, вторичная и третичная обработка информации, высоко стабильные твердотельные передающие устройства, малощумящие полупроводниковые усилители высокой частоты) позволяют строить достаточно надежные и компактные многодиапазонные РЛС и РЛК, позволяющие частично устранить влияние АШП [8].

Перспективным направлением развития РЭС является использование пассивных источников радиосигнала с подсветкой от сторонних источников. Работа таких радиолокационных систем с пассивным приемником ограничивается рядом проблем, ограничивающих дальность действия, а также вызывающих затруднения в обнаружении радиолокационных целей и заметно уменьшающих точность оценки их параметров.

Одной из таких проблем является малая мощность излучения источников подсвета, что снижает дальность действия пассивной системы. Для повышения дальности действия данной системы производится накопление сигнала, который отражается от радиолокационной цели, однако увеличение времени накопления сигнала, отраженного от радиолокационной цели, ведет к резкому увеличению вычислительной сложности.

Другая проблема связана с тем, что прямой сигнал от источника подсвета по боковому лепестку диаграммы направленности антенны пассивной радиолокационной системы поступает в канал системы, который предназначен для приема сигналов, отраженных от радиолокационной цели. Мощность такого сигнала источника подсвета во десятки раз превосходит мощность сигнала, отраженного от радиолокационной цели, в связи с чем прямой сигнал передатчика подсвета затрудняет или делает невозможным обнаружение и дальнейшую обработку сигнала, отраженного от радиолокационной цели. Однако на данный момент эти проблемы требуют углубленного решения до показательного результата и остаются актуальным направлением в развитии радиолокационных систем.

Таким образом, одним из перспективных направлений развития РЭС является переход от однопозиционных систем к многопозиционным, что позволяет говорить о пассивной и переотраженной локации.

Под многопозиционной системой понимается радиолокационная система, состоящая из двух и более разнесенных в пространстве передающих, приемных или приемопередающих позиций, в которой осуществляется совместная обработка радиолокационной информации, получаемой этими позициями. К многопозиционным системам относятся РЛК, включающие в свой состав РЛМ, находящиеся на удаленных друг от друга позициях.

Построение многопозиционных систем позволяет более эффективно использовать РЛИ, заключенную в пространственных характеристиках электромагнитного поля рассеяния объекта (– эффективная отражающая поверхность ВО, зависящая от ракурса облучения и наблюдения) и извлекаемую из нескольких разнесенных в пространстве участков, за счет чего возможно повысить ряд важнейших характеристик самой системы [5, С. 193].

Как отмечает ряд авторов [2, С. 31], в схеме многопозиционной (двухпозиционной) радиолокационной системы угол  $\gamma$  образуется при построении треугольника «излучающий РЛМ-ВО-приемный РЛМ», который называется углом двухпозиционности.

При использовании мощных источников сигналов в радиолокационной станции в виде скрытия источника от внешнего мира при радиолокационном обнаружении. На этой основе может быть реализована система, построенная из набора разнесенных радиолокационных передатчиков и приемников. При объединении этих приемников в единое целое информативное сообщение можно селективировать попытки увода по дальности со стороны активных постановщиков помех. Появляется также возможность синтеза апертуры в трехмерном пространстве.

Форма и размеры обнаруживаемых целей определяются в основном частотным диапазоном источника сигнала. Хотя бы один из габаритов объекта должен быть не меньше половины длины волны: при использовании сигналов, передающих телевизионные центры метрового и дециметрового диапазонов возможно обнаружение целей размером более полуметра; сигналы базовых станций систем сотовой связи позволяют обнаружить цели с проводящими элементами размером от 5-7 см, в том числе малоразмерные воздушные цели; распределенные системы локационной системы в основном используют Х-диапазон, позволяющий выделить детали радиолокационного изображения практически любой воздушной цели.

Приемник пассивной РЛС, в отличие от классической, должен содержать, как минимум, 2 канала. Один из каналов выполняет прием прямого сигнала с максимально меньшим количеством шумов от окружающих объектов. Он имеет фиксированную остронаправленную антенну. Второй канал сигналоулавливателем отраженных сигналов.

Сигнал базовой станции или является непериодическим. Это дает возможность выявить дополнительную защиту, но усложняет алгоритм обработки, особенно при массивном отражении от местных предметов и облаков. Нетривиальной является также селекция движущихся целей.

Эффективная поверхность рассеивания (ЭПР) ВО при использовании многопозиционной радиолокационной системы, так же как ЭПР ВО в случае однопозиционной системы, характеризует свойства ВО рассеивать падающую электромагнитную энергию (ЭМЭ). Однако определить ЭПР ВО в таком случае значительно сложнее, так как значение ЭПР зависит не только от ракурса ВО, но и от величины угла  $\gamma$ , обусловленного разносом позиций. Теоретические работы по определению значений ЭПР для тел простейшей формы, показали, что ЭПР обычно возрастает при увеличении угла между направлениями облучения и приема.

Как отмечают Бердышев В. П. с соавторами, максимального увеличения значений ЭПР ВО возможно добиться при угле  $\gamma=180^\circ$  [1]:

$$\sigma_{ВО}(\gamma) = 4\pi \frac{\theta^2}{\lambda^2}$$

где  $\theta$  – площадь поперечного сечения объекта, перпендикулярная направлению распространения радиоволн,  $\lambda$  – длина волны.

Однако нахождение ВО строго между РЛМ излучающим ЭМЭ и РЛМ принимающим переотраженный от объекта сигнал маловероятно при использовании существующих образцов РЭС подразделений РТВ, а при других углах такого значительного прироста ЭПР не наблюдается.

При углах  $\gamma$  менее  $90^\circ$  наблюдается незначительный прирост значений ЭПР, которыми можно пренебречь и считать, что ЭПР полученная в разнесенной системе равна ЭПР полученной в однопозиционной системе.

Однако при облучении ВО, использующих технологии уменьшения радиолокационной заметности «СТЕЛС», когда большая часть ЭМЭ переотражается в другие стороны и в меньшей степени в сторону источника излучения, значения ЭПР могут отличаться на несколько порядков от значений полученных путем вышеописанного подхода. Как правило, максимальные значения ЭПР для таких ВО наблюдаются при углах  $\gamma$  находящихся в пределах  $40^\circ < \gamma < 60^\circ$ . Эту особенность можно использовать для увеличения дальности радиолокационной разведки многопозиционной системой, когда активный РЛМ излучающий ЭМЭ не способен обнаружить ВО по уменьшенному значению ЭПР, а принимающий пассивный РЛМ, находящийся на другой позиции, обнаруживает данный ВО по увеличенному значению ЭПР.

Существуют два варианта реализации цифрового помехоустойчивого приёмника для приёма сигнала на фоне мощной узкополосной помехи, превышающей динамический диапазон приёмника. Данные приёмники используются в радиолокационных станциях и выделяют слабый полезный сигнал и устраняют его искажения, связанные с эффектами амплитудной перекрёстной модуляции и амплитудно-фазовой конверсии, что позволяет использовать их при любых видах модуляции сигнала.

Помехоустойчивые РЛС, осуществляющие данные преобразования, имеют канал выделения огибающей помехи, в котором происходит измерение мгновенной мощности суммарного сигнала на входе блокируемого помехой малошумящего усилителя. В блоке цифровой обработки данной РЛС оцифрованный сигнал вначале подвергается амплитудной и фазовой коррекции в соответствии с информацией о мгновенной мощности суммарного сигнала на входе, поступающей из канала выделения огибающей помехи, и в соответствии с хранящимися в памяти системы моделями амплитудных и фазовых искажений полезного сигнала, вносимых нелинейностью блокируемого помехой усилителя. Далее восстановленная комплексная огибающая сигнала подвергается обычной цифровой обработке в соответствии с реализованным в системе связи стандартом физического уровня.

Структура канала аналоговой обработки сигнала в помехоустойчивой РЛС, осуществляющей выделение полезного сигнала на выходе перегруженного входного усилителя, его усиление, преобразование частоты и оцифровку, может отличаться с целью повышения помехоустойчивости в зависимости от того, является ли помеха внеполосной или попадает в полосу частотно-избирательных каскадов системы.

В настоящее время разработаны адаптивные к АШП процедуры и алгоритмы обзора пространства элементами многопозиционной радиолокационной системы, реализация которых позволяет существенно сохранить дальность обнаружения в условиях подавляющих АШП (снижение дальности обнаружения более 50% по сравнению с беспомеховой обстановкой), и добиться требуемых дальностей обнаружения ВО в условиях АШП.

Однако реализация указанных выше процедур и алгоритмов связаны с необходимостью применения цифровых ФАР, а еще лучше – активных на передачу и прием ФАР (АФАР). Стоимость таких устройств достаточно высока, однако потенциал извлечения информации из них полностью не реализован.

Радиотехнические войска (РТВ), имеющие на вооружении различные радиолокационные системы, являются основными источниками информации о ВО в войсках ПВО. В силу информационного характера решаемых задач современные радиолокационные системы в рамках сложившегося информационного пространства обеспечивают создание в реальном масштабе времени динамической информационной модели воздушной обстановки в соответствующей зоне ответственности, в целях обеспечения наиболее эффективного решения поставленных задач по ведению радиолокационной разведки. Радиолокационные системы РТВ выполняют следующие задачи радиолокационной разведки:

- обнаружение воздушных объектов (ВО);
- определение характеристик ВО;
- объединение и отождествление информации от разнесенных в пространстве функциональных подсистем;
- выдача радиолокационной информации потребителям.

Под радиолокационной информацией, в общем случае, понимается вся полезная информация, содержащаяся в сигнатуре отраженной от ВО электромагнитной волны.

Обработка радиолокационной информации, получаемой в результате обзора воздушного пространства РЛС и РЛК (как однопозиционными, так и разнесенными в пространстве), осуществляется в соответствии с выводами статистической теории радиолокации в ходе выполнения следующих операций [4]:

1. Пространственно-поляризационно-частотная (антенная) обработка когерентных сигналов многоэлементной антенной, расположенной в одном или нескольких пунктах приема.
2. Временная внутривысказочная обработка когерентных сигналов, включающая нелинейную обработку (ограничение, логарифмирование и т.д.) и согласованную фильтрацию или корреляционную обработку.
3. Межвысказочная компенсация коррелированных помех, обусловленных отражениями от местных предметов, гидрометеоров, и специальных отражателей.
4. Накопление сигналов и формирования некоторой статистики о принимаемых сигналах (решающей статистики), на основе которой принимается решение об обнаружении и оцениваются параметры сигнала.
5. Пороговое испытание решающей статистики и реализация алгоритмов обнаружения и оценки параметров сигналов.
6. Формирование отметок обнаруженных ВО.
7. Селекция и группирование новых отметок по принадлежности к траекториям сопровождаемых и вновь поступающих на сопровождение ВО.
8. Завязка и предварительное определение параметров новых траекторий.
9. Привязка новых отметок к траекториям ВО, находящихся на сопровождении;

10. Фильтрация параметров траекторий ВО в процессе решения задач завязки и сопровождения траекторий, а также в интересах потребителей РЛИ.

Операции 1-2 составляют этап внутривысотомерной пространственно-временной обработки когерентных сигналов. Операции 3-6 составляют этап межвысотомерной обработки совокупности сигналов или еще его называют этапом первичной обработки информации (операции первичной обработки). Операции 7-10 составляют этап межобзорной обработки РЛИ о траекториях сопровождаемых ВО или еще называют этапом (операциями) вторичной обработки информации.

Возможности когерентного накопления ограничены частотой запуска (Гц) и временем облучения ВО ( $t_{\text{ОБЛ}}$ ), либо скоростью регулярного обзора пространства  $T_{\text{ОБЗ}}$  (с) и шириной диаграммы направленности в азимутальной плоскости  $\theta_{0,5P(\beta)}$ , и выражаются количеством импульсов ( $m_{\text{И}}$ ) в пачке выражением [13]:

$$m_{\text{И}} = F_{\text{П}} t_{\text{ОБЛ}} = F_{\text{П}} \frac{\theta_{0,5P(\beta)} T_{\text{ОБЗ}}}{360}$$

Для скорости обзора 6 об/мин при ширине ДНА по  $\theta_{0,5P(\beta)} = 2^0$  составляют  $m_{\text{И}}=20$  импульсов при  $F_{\text{П}} = 375$  Гц,  $m_{\text{И}}=42$  при  $F_{\text{П}} = 750$  Гц. Указанное ограничивает накопление и когерентную обработку при регулярном обзоре в азимутальной плоскости.

Однако частота запуска  $F_{\text{П}}$  ограничивает дальность однозначного определения дальности –  $D_{\text{И}}$  (инструментальная дальность). Следовательно, возможности когерентного накопления при регулярном обзоре ограничены, что не позволяет получать требуемые точности определения координат и качество радиолокационного распознавания классов ВО.

При адаптивном обзоре в РЛС с активными ФАР возможности по когерентному накоплению не имеют указанных выше ограничений, что позволяет получать необходимое для устойчивого обнаружения и распознавания количество импульсов  $m_{\text{И}}$  [3].

Кроме того, следует учитывать тот факт, что для активной импульсной радиолокации существует определенное энергетическое ограничение:

$$P_{\text{СР}} = \text{const} = P_{\text{И}}/Q = P_{\text{И}}/(T/\tau) = P_{\text{И}}F_{\text{П}}\tau$$

где  $P_{\text{СР}}$  – средняя мощность передающего устройства;

$Q$  – скважность импульсов;

$\tau$  – длительность импульса;

$T$  – период повторения зондирующих импульсов;

$F_{\text{П}}$  – частота повторения зондирующих сигналов.

Средняя мощность передающего устройства  $P_{\text{СР}}$  ограничена коэффициентом полезного действия усилительного каскада  $\eta$ , который составляет для электровакуумных приборов  $\eta \approx 50\%$ , при импульсной мощности сотни кВт и более, для твердотельного каскада  $\eta < 30\%$  при импульсной мощности единицы кВт. Для надежной работы передающего устройства создается система охлаждения (воздушного, жидкостного, комбинированного типа), которая должна эффективно отводить при любом режиме работы передающего устройства и рассеивать величину тепловой мощности  $P_{\text{Р}} = P_{\text{СР}} \times (1-\eta)$  для диапазона внешних температур от  $-60$  до  $+50$  °С. А так как для конкретного передающего устройства импульсная мощность определяется его типом, то при  $P_{\text{СР}} = \text{const}$  возможно манипулировать лишь произведением длительности импульса  $\tau$  и частотой запуска передающего устройства  $F_{\text{П}}$ , от которой, как указано выше, зависит дальность однозначного определения дальности  $D$  и количество импульсов в пачке  $m_{\text{И}}$ .

При совместной обработке информации от разнесенных в пространстве источников осуществляется межобзорная (третичная) обработка информации, заключающаяся в отождествлении траекторий сопровождаемых ВО.

Это необходимо для исключения ложных трасс при одновременном обнаружении ВО несколькими разнесенными в пространстве источниками и совместной обработке. Указанная процедура обусловлена ограниченными точностями определения координат ВО и точностью привязки источников информации в абсолютной системе координат, ошибками, возникающими в процессе пересчета координат из относительных в абсолютные [7].

Под абсолютной системой координат следует понимать земную (геоцентрическую или сферическую) систему координат, которая неподвижно относительно Земли. В системах вооружения ПВО, радиолокационная подсистема которых включает в свой состав ФАР широко используется биконическая система координат [10].

В составе выдаваемой РЛС потребителям радиолокационной информации может присутствовать информация о принадлежности ВО к тому или иному классу (типу). Формирование подобной информационной составляющей осуществляется входящей в состав РЛС (РЛК) системой радиолокационного распознавания классов (РРК) ВО.

Получение информации от системы РРК РЛС (РЛК) о классе ВО позволяет распознавать тактические приемы применения авиации и других средств противником.

В гражданской сфере для определения принадлежности ВО используется система с активным запросом-активным ответом, позволяющая получить подробную информацию о нем и идентифицировать как гражданское воздушное судно (ВС), выполняющее полет по расписанию. В военной сфере существует система опознавания, которая позволяет определить принадлежность ВС к государству по принципу «свой-чужой», кроме того, использование специальных режимов указанной системы опознавания позволяет получить достаточно подробную дополнительную информацию об индексе летчика, номере борта, текущей высоте и курсе, запасе топлива и т.д. В случае выхода из строя такой системы или воздействия преднамеренных помех, определить принадлежность ВС становится затруднительно. СВКН противника не снабжены системами опознавания, а наоборот, могут иметь аппаратуру имитации характеристик других ВО. Таким образом, для обеспечения безопасности своих ВС и своевременного принятия решений по обнаруженным ВО, которые могут быть элементами СВКН противника, необходимо совершенствовать систему РРК ВО.

## Заключение

Таким образом, радиолокационное распознавание классов ВО – это необходимость для радиолокационной системы, выполняющей функции системы разведки и оповещения для системы ПВО (ВКО). Однако в условиях применения АШП активная радиолокация не позволит выполнить возлагаемые на нее задачи без существенного качественного изменения энергетических ресурсов, ее потенциальные возможности практически исчерпаны.

Одним из возможных путей разрешения указанного противоречия в практике (невозможность достижения требуемого качества радиолокационной информации в условиях применения АШП только за счет средств активной локации, даже объединенных в систему), является комплексирование информации от средств активной и полупассивной локации.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Маняшин А.В., Тюменский Индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.3.1>

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

Manyashin A.V., Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.3.1>

### Список литературы / References

1. Бердышев В.П. Системотехнические основы построения вооружения радиотехнических войск. Часть 1. Радиолокационная система РТВ. Получение и обработка радиолокационной информации. Воздействие активных помех и защита от них / В.Н. Куликов, П.Г. Мойсеенко, А.А. Ломанович. — Тверь: ВА ВКО, 2008. — 224 с.
2. Геращенко С.В. Метод оптимизации распределения энергетического ресурса РЛС с ФАР при поиске и обнаружении целей в условиях нестационарной помеховой обстановки / С.В. Геращенко, А.Н. Прядко, В.И. Шевчук // Радиотехника. — 2008. — № 7. — С. 28-33
3. ГОСТ РВ 51.869—2002. Средства радиолокационные наземные обнаружения, наведения и целеуказания межвидового применения. — Введ. 2002-07-01. — М.: Изд-во стандартов, 2002. — 26 с.
4. Созонтов И.А. Исследования по разработке основ наземной навигации и общих взглядов на их реализацию в части воздушно-космической обороны / И.А. Созонтов [и др.]; рук. С.Б. Жиронкин. — Тверь: ВА ВКО, 2021. — 99 с.
5. Киселев В.Н. Некоторые итоги боевых действий в Сирии / В.Н. Киселев // Армейский сборник. — 2016. — № 7. — С. 189-196.
6. Круглов Е.В. Применение сил и средств РЭБ в войнах и конфликтах XXI века / Е.В. Круглов // Зарубежное военное обозрение. — 2019. — № 2. — С. 57-63.
7. Марков Л.Н. Антенные системы радиоэлектронной техники / Г.Г. Астистов, В.И. Лысенко, А.С. Фошкин. — М.: Воениздат, 1993. — 368 с.
8. Монзинго Р.А. Адаптивные антенные решетки / Р.А. Монзинго, Т.У. Миллер. — М.: Радио и связь, 1986. — 448 с.
9. Ягольников Д.В. Обоснование основных направлений развития, структуры и боевого состава, номенклатуры ВВСТ радиотехнических войск в системе ВКО на период до 2030 года / Д.В. Ягольников [и др.]; рук. А.А. Нерастенко. — Тверь: ВА ВКО, 2017. — 251 с.
10. Бердышев В.П. Основы построения радиолокационных станций Ч. 2. Методы защиты от помех и обработки радиолокационной информации. Дополнительные системы РЛС / В.П. Бердышев [и др.] — Тверь: ВА ВКО, 2018. — 278 с.
11. Перспективы развития ударных средств воздушного нападения вооруженных сил США. — ГРУ, 2006. — 27 с.
12. Перунов Ю.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / К.И. Фомичёв, Л.М. Юдин; под. общ. ред. Ю.М. Перунова. — М.: Радиотехника, 2003. — 59 с.
13. Применение сил и средств РЭБ в локальных войнах и вооруженных конфликтах // Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах Российской Федерации. — М.: Радиотехника, 2015. — 158 с.
14. Созонтов И.А. Использование апостериорной информации при реализации систем радиолокационного распознавания с применением нейросетевых технологий / И.А. Созонтов, Д.Ф. Бескостый, С.Г. Боровиков [и др.] // Известия вузов России. Радиоэлектроника. — 2019. — Т. 22. — № 5 — С. 52-60.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Berdyshev V.P. Sistemotekhnicheskie osnovy postroenija vooruzhenija radiotekhnicheskikh vojsk. Chast' 1. Radiolokacionnaja sistema RTV. Poluchenie i obrabotka radiolokacionnoj informacii. Vozdejstvie aktivnyh pomex i zashhita ot nih [System-Technical Bases for the Construction of Weapons of Radio Engineering Troops. Part 1. Radar System RTV. Receiving and Processing of Radar Information. The Impact of Active Interference and Protection against Them] / V.N. Kulikov, P.G. Mojseenko, A.A. Lomanovich. — Tver: VA VKO, 2008. — 224 p. [in Russian]
2. Gerashhenko S.V. Metod optimizacii raspredelenija jenergeticheskogo resursa RLS s FAR pri poiske i obnaruzhenii celej v uslovijah nestacionarnoj pomehovoj obstanovki [Method for Optimizing the Distribution of the Energy Resource of a Radar with Phased Array when Searching for and Detecting Targets in a Non-Stationary Jamming Environment] / S.V. Gerashhenko, A.N. Prjadko, V.I. Shevchuk // Radiotekhnika [Radio Engineering]. — 2008. — № 7. — P. 28-33 [in Russian]

3. GOST RV 51.869—2002. Sredstva radiolokacionnye nazemnye obnaruzhenija, navedenija i celeukazanja mezhdovogo primenenija [Means of Radar Ground Detection, Guidance and Target Designation of Interspecific Application]. — Introduced. 2002-07-01. — M.: Publishing House of Standarts, 2002. — 26 p. [in Russian]
4. Sozontov I.A. Issledovanija po razrabotke osnov nazemnoj navigacii i obshhih vzgljadov na ih realizaciju v chasti vozdushno-kosmicheskoj oborony [Research on the Development of the Basics of Ground Navigation and General Views on Their Implementation in Terms of Aerospace Defense] / I.A. Sozontov [et al.]; supervis. S.B. Zhironkin. — Tver: VA VKO, 2021. — 99 p. [in Russian]
5. Kiselev V.N. Nekotorye itogi boevyh dejstvij v Sirii [Some Results of Military Operations in Syria] / V.N. Kiselev // Armejskij sbornik [Army Collection]. — 2016. — № 7. — P. 189-196. [in Russian]
6. Kruglov E.V. Primenenie sil i sredstv RJeB v vojnah i konfliktah XXI veka [The Use of Forces and Means of Electronic Warfare in Wars and Conflicts of the XXI Century] / E.V. Kruglov // Zarubezhnoe voennoe obozrenie [Foreign Military Review]. — 2019. — № 2. — P. 57-63. [in Russian]
7. Markov L.N. Antennnye sistemy radiojelektronnoj tehniki [Antenna Systems of Radio Electronic Equipment] / G.G. Astistov, V.I. Lysenko, A.S. Foshkin. — M.: Voenizdat, 1993. — 368 p. [in Russian]
8. Monzingo R.A. Adaptivnye antennnye reshetki [Adaptive Antenna Arrays] / R.A. Monzingo, T.U. Miller. — M.: Radio and Communications, 1986. — 448 p. [in Russian]
9. Jagol'nikov D.V. Obosnovanie osnovnyh napravlenij razvitiya, struktury i boevogo sostava, nomenklatury VVST radiotekhnicheskikh vojsk v sisteme VKO na period do 2030 goda [Substantiation of the Main Directions of Development, Structure and Combat Strength, Nomenclature of Military and Military Equipment of Radio Engineering Troops in the Aerospace Defense System for the Period up to 2030] / D.V. Jagol'nikov [et al.]; supervis. A.A. Nerastenko. — Tver: VA VKO, 2017. — 251 p. [in Russian]
10. Berdyshev V.P. Osnovy postroeniya radiolokacionnykh stancij Ch. 2. Metody zashhity ot pomeh i obrabotki radiolokacionnoj informacii. Dopolnitel'nye sistemy RLS [Fundamentals of Building Radar Stations Part 2. Methods of Protection against Interference and Processing of Radar Information. Additional Radar Systems] / V.P. Berdyshev [et al.] — Tver: VA VKO, 2018. — 278 p. [in Russian]
11. Perspektivy razvitiya udarnyh sredstv vozdushnogo napadenija vooruzhennykh sil SShA [Prospects for the Development of Strike Means of Air Attack of the Armed Forces of the United States]. — GRU, 2006. — 27 p. [in Russian]
12. Perunov Ju.M. Radiojelektronnoe podavlenie informacionnykh kanalov sistem upravlenija oruzhiem [Electronic Suppression of Information Channels of Weapon Control Systems] / K.I. Fomichjov, L.M. Judin; ed. by Ju.M. Perunova. — M.: Radiotekhnika, 2003. — 59 p. [in Russian]
13. Primenenie sil i sredstv RJeB v lokal'nykh vojnah i vooruzhennykh konfliktah [The Use of Forces and Means of Electronic Warfare in Local Wars and Armed Conflicts] // Radiojelektronnaja bor'ba v Vooruzhennykh silah Rossijskoj Federacii [Electronic Warfare in the Armed Forces of the Russian Federation]. — M.: Radiotekhnika, 2015. — 158 p. [in Russian]
14. Sozontov I.A. Ispol'zovanie aposteriornoj informacii pri realizacii sistem radiolokacionnogo raspoznavanija s primeneniem nejrosetevykh tehnologij [The Use of a Posteriori Information in the Implementation of Radar Recognition Systems Using Neural Network Technologies] / I.A. Sozontov, D.F. Beskostyj, S.G. Borovikov [et al.] // Izvestija vuzov Rossii. Radioelektronika [News of Universities of Russia. Radioelectronics]. — 2019. — Vol. 22. — № 5 — P. 52-60. [in Russian]