

УДК 621.396

С.И. Хмелевский

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

**ВЫБОР ДИАПАЗОНА ВОЛН АКТИВНЫХ КАНАЛОВ МНОГОПОЗИЦИОННОГО  
АКТИВНО-ПАССИВНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА  
И ПОРЯДКА ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
С КАНАЛАМИ ПАССИВНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ**

*Проведен анализ учета влияния выбора диапазона волн, активных когерентных многопозиционных радиолокационных станций на сохранении пространственной когерентности цели, радиолокационного наблюдения малоаметных целей типа «Стелс» на значительных дальностях в условиях применения активных маскирующих и имитационных помех при построении активных каналов в метровом диапазоне волн. Определены основные свойства многопозиционного радиолокационного комплекса на основе метрового диапазона волн, удовлетворяющего требованиям современных разведывательно-информационных систем сетевого типа. Основным из них является устойчивость работы в условиях применения средств и методов радиоэлектронной войны.*

**Ключевые слова:** *метровый диапазон волн, активно-пассивный многопозиционный комплекс.*

**Введение**

Большинство проблем системы ПВО могут быть решены с использованием методов активно-

пассивной радиолокации. Анализ военных конфликтов последнего десятилетия показывает, что в условиях массированного воздушного налета с применением средств радиоэлектронного подавления (РЭП)

и высокоточного оружия (ВТО) активные однопозиционные радиолокационные средства не всегда способны выполнить задачу по определению координат воздушных объектов (целей) и траекторий их движения с заданной точностью. Удовлетворение требований по обеспечению помехозащищенности, живучести и надежности радиолокационных комплексов (РЛК) в условиях современного воздушно-космического налета с учетом ожидаемых уровней активных шумовых помех только за счет использования методов активной локации требует увеличения энергии излучаемого сигнала, расширения динамического диапазона приемных систем и повышения эффективности средств помехозащиты, что в свою очередь ведет к усложнению аппаратуры, увеличению энергетических затрат и стоимости РЛС.

Новые станции РЭП в реальном масштабе времени способны эффективно подавить одновременно до 5 РЛС. Это означает, что даже с учетом многократного перекрытия радиолокационного поля средств активной локации без средств многопозиционной пассивной локации координаты дальности получить невозможно. Активно-пассивные РЛК (АП РЛК) на основе многопозиционных РЛС (МП РЛС) в сложной сигнально-помеховой обстановке способны обеспечивать потребителей координатной информации о всех типах целей и постановщиках активных помех [3, 6]. В то же время снижение радиолокационной заметности всех типов целей требует увеличения энергетического потенциала средств активной радиолокации, а повышение чувствительности датчиков и информационных возможностей средств и методов радиотехнической разведки (РТР) и электронного противодействия активным РЛС, сохраняет уязвимость активных радиолокационных систем от средств радиоэлектронной борьбы. Это обстоятельство предопределяет всю важность дальнейшего развития активно-пассивных радиолокационных систем, способных работать во всех освоенных диапазонах волн и рационально использовать известные методы оценки координат и распознавания неизлучающих и излучающих объектов. Радиолокационное наблюдение малозаметных целей типа «Стелс» на значительных дальностях в условиях применения активных маскирующих и имитационных помех можно решить при построении активных каналов в метровом диапазоне волн (МДВ). При этом должны быть учтены потенциальные ограничения, которые определяются структурой многопозиционной системы, пространственно-временной и частотной когерентностью радиолокационных сигналов с учетом условий распространения радиоволн.

Определяющим в концепции адаптации МП АП РЛС, построенной из однотипных функциональных передающих и приемных модулей, является принцип информационной дополненности [1, 2, 3, 6], который позволяет организовать информационное взаимодействие между активными и пассивными каналами в диапазоне частот каждой активной РЛС и обес-

печить условия адаптации на всех этапах пространственно-временной обработки всей совокупности ансамблей полезных и мешающих сигналов и обработки данных для отождествления и распознавания целей в информационных каналах когерентной разнесенной АП РЛС. Практическая реализация предлагаемых методов может быть востребована, если построение системы обеспечивает преимущества при решении назревших проблем радиолокационного наблюдения в создавшихся условиях целевой и помеховой обстановки с одной стороны, а с другой – использует освоенные промышленностью твердотельные микроволновые и цифровые технологии. При этом каналы пассивной радиолокации должны быть пространственно совмещены с позициями активных РЛС, число которых должно быть не более трех (в конфигурации «треугольник»).

Подобное построение АП РЛС обеспечивает повышенную скрытность, живучесть в условиях сложной электромагнитной и целевой обстановки и инвариантность к виду и параметрам модуляции электромагнитных излучений, энергия которых используется для локации неизлучающих целей в электромагнитных полях, созданных сторонними источниками излучения (системами телевидения, радиовещания и связи, а также сигналами других РЛС) [5, 11].

### Основной материал

Актуальные вопросы радиолокационного наблюдения малозаметных целей типа «Стелс» на значительных дальностях в условиях применения активных маскирующих и имитационных помех можно решить при построении активных каналов в метровом диапазоне волн. Отражения от основных классов целей имеют резонансный характер, их широкие диаграммы направленности вторичного излучения обеспечивают высокую пространственную корреляцию эхо-сигналов при измерительных базах порядка 5...20 км [6, 12]. Эквивалентные отражающие поверхности цели растут обратно пропорционально квадрату частоты РЛС относительно отражающей поверхности на частоте  $f_0 = 1$  ГГц [11, 12]:

$$\sigma_{\Pi}(f) = \sigma_{\Pi}(f_0) \cdot \frac{1}{f^2}; f \leq f_0. \quad (1)$$

В то же время из-за ограниченности размеров антенн оценки угловых координат целей моностатическими РЛС недостаточны для осуществления точного целеуказания, хотя при многопозиционном построении облегчаются вопросы учета параллакса при согласованном обзоре пространства.

В АП РЛК в конфигурации «треугольник» полностью устраняется проблема размещения приемных позиций для применения методов пассивной радиолокации целей по излучениям их бортовых РЭС. Обеспечивается пространственное совмещение приемных антенн РЛС и СРТР и комбинированное их использо-

вание при адаптивном выборе методов активной и пассивной радиолокации в складывающейся электромагнитной обстановке. Для реализации принципа информационной дополненности в МП АП РЛК необходимо согласование зон обзора по пространству, времени и частоте в активных и пассивных режимах. Специфика информационного предназначения электромагнитных излучений в диапазоне рабочих частот активных каналов МП АП РЛС (эхо-сигналы и множественные помехи) и вне этого диапазона (сигналы неизвестной структуры ИРИ на множественных объектах и носителях), также требуют отличающихся адаптивных решений в организации пространственно-временной и спектрально-временной обработки, обеспечивающей в конкретных ситуациях оптимизацию характеристик системы по предназначению.

Для оценки применимости того или иного средства разведки западные аналитики часто используют так называемые диаграммы Вина [8]. На них изображаются области эффективного использования различных методов и средств разведки по ключевым требованиям (например: обнаружение целей типа «Стелс», маловысотных и малоскоростных, влияние средства РЭБ, сигнальное и координатно-признаковое распознавание и т.д.). На рис. 1 показаны области потенциальных возможностей активных РЛС наземного и воздушного базирования и когерентных сетей на их основе.

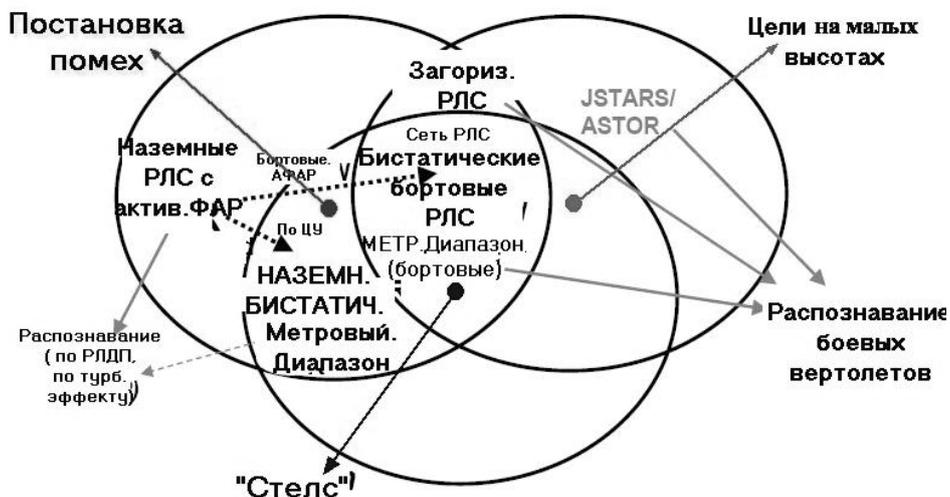


Рис. 1. Потенциальные возможности источников радиолокационной информации

Сеть интегрирована с навигационной системой GPS и образуется из двух и более находящихся в воздухе пространственно разнесенных авиационных РЛС, синхронно работающих в режиме автоматической селекции движущихся со скоростью от нескольких километров в час и выше наземных и надводных целей, также вертолетов. Для этого используются как станции специализированных самолетов-разведчиков (например, самолет E-8С системы "Джистарс" или беспилотный летательный аппарат "Глобал хок"), так и бортовые РЛС нового поколения,

По принципу действия в комплексе средств радиолокационной разведки воздушной обстановки в зависимости от диапазона волн имеются два основных вида активных РЛС: загоризонтные (в трех возможных режимах работы) [8, 9, 10] и надгоризонтные (наземного и воздушного базирования).

Последние исследования показали, что загоризонтные РЛС в режиме наклонного зондирования атмосферы позволяют обнаруживать боевые вертолеты в зоне до 600 км. По эффективности загоризонтные РЛС приближаются к бортовым РЛС самолетов раннего обнаружения и специальным бортовым РЛС МДВ, разрабатываемым по проекту AMSTE (Affordable Moving Surface Targeting Engagement), который реализует выработанную США в 2000 году концепцию "быстрого нацеливания" (Rapid Reaction Targeting) [8].

Проект предусматривает использование сетевого принципа организации разведывательно-ударных комплексов – предусматривающих сброс информации от бортовых РЛС и РТР ВТ на землю. Сетевое нацеливание, обеспечивающее высокую гибкость боевого использования имеющихся в наличии сил подразумевает объединение в единую постоянную или временно формируемую сеть разведывательных и ударных средств (воздушного базирования любого типа), находящихся в данный момент в зоне боевых действий.

разрабатываемые для ударных самолетов (F/A-18E; F-22 и ряда других модернизируемых самолетов). По мнению специалистов, такая сеть будет обладать повышенными тактико-техническими возможностями (в первую очередь по точности определения координат целей) за счет унифицированного режима селекции движущихся целей на основе синхронизации систем обработки от системы GPS [8].

Как видно из диаграмм рис. 1, особую роль в проблеме наблюдения и сопровождения целей типа «Стелс» в условиях помех играют именно РЛС мет-

рового диапазона волн. Резонансный характер отражения от целей и малые потери на распространение делают этот диапазон уникальным для создания средств разведки и обнаружения малозаметных целей в этом диапазоне волн. Развитая и освоенная элементная база основных компонентов (приемных и передающих модулей) снижает стоимость жизненного цикла, а высокая идентичность характеристик каналов позволили в настоящее время создать эффективные средства помехозащиты РЛС на основе адаптивных ФАР.

Все ведущие производители РЛС в мире начали беспрецедентное освоение станций МДВ [7]. Однако вопросы объединения в когерентную сеть двух-трех РЛС позволяет устранить основной недостаток станций МДВ, связанный с низкой точностью измерения координат из-за ограниченных размеров апертуры их антенн.

При этом появляется возможность моноимпульсной оценки двух угловых координат с высокой точностью, не зависящей от размеров антенны (МП РЛС с «объемным зрением»). Принцип пространственно-временной обработки в МП РЛС при выборе соответствующей базы позволит обеспечивать ав-

томатическую селекцию истинной цели на фоне ложных при воздействии имитационных помех средств РЭБ с цифровым воспроизведением сигналов.

Структуру когерентной сети активных РЛС естественным образом можно дополнить информационной поддержкой интегрированной системы разведки в виде пассивных комплексов радиолокации на тех же позициях и также должны быть объединены в синхронные или когерентные сети.

### Выводы

Проведенный анализ позволяет определить основные свойства МП РЛК на основе МДВ по решению информационного средства (табл. 1).

Как видно при наличии пространственной корреляции сигналов принципы многопозиционного приема в активной и пассивной локации позволяют решить большинство проблем радиолокационного наблюдения современных воздушных целей.

Кроме того, необходимо иметь в виду, что множественный характер помех приводит к тому, что обнаружение сигналов происходит при высоком уровне как коррелированного, так и некоррелированного шума.

Таблица 1

Задачи активных и пассивных РЛС и пути их решения

|               | Противник<br>(совокупность проблем)  | Пути решения<br>комплексной проблемы   | Ограничения<br>и их преодоления   |
|---------------|--|--|---|
| Активная РЛС  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Стелс</li> <li>- Активные помехи</li> <li>- Противорадиолокационные снаряды</li> <li>- Имитационные помехи цели-ловушки</li> </ul>  | Адаптивные когерентные системы активной радиолокации в метровом диапазоне: <ul style="list-style-type: none"> <li>- системы когерентной пассивной радиолокации с информационной дополнительностью;</li> <li>- многопозиционность и мерцание излучением;</li> <li>- оценка продольного и поперечного размера;</li> <li>- скрытность работы и возможность локации целей в полях сторонних источников.</li> </ul> | Условия обеспечения пространственной когерентности.<br>Межпозиционный информационный обмен в сетях.<br>Повышение точности измерения угловых координат.<br>Выбор базы как функции диапазона волн в сочетании с угловой селекцией за счет многопозиционности.   |
| Пассивная РЛС | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Локация излучающих источников, ансамблей (совокупностей) сигналов с неизвестной структурой;</li> <li>- LPI-радары;</li> <li>- источники нестационарных излучений и перестройка параметров рабочей частоты.</li> </ul> | Многопозиционные сети на основе СРТР ВТ.<br>Адаптация методов локации и многоэтапность процедур оценки координат.  | Повышение информационного потенциала за счет адаптивных методов пространственно-временной обработки в спектральной области.<br>Разработка методов и алгоритмов для оценок координат в различных структурах распределенных приемных позиций. Использование избыточности измерений первичных координат. |

Помехами могут являться излучения систем электронного противодействия, непреднамеренные помехи в радиодиапазоне, отражения от окружающих местных предметов и фон естественных источников шумов. Высокая интенсивность мешающих

сигналов и их одновременное воздействие обуславливают перспективность использования для обработки полезных сигналов систем пространственно-временной обработки на основе адаптивных приемных антенных решеток, расположенных в пунктах

приема [4]. Основные их достоинства [4, 5]: возможность подавления помех, как в области боковых лепестков, так и в главном луче; точное пеленгование источника излучения и локализация каждого с минимальной ошибкой даже при близком расположении источников в пространстве.

Снижение радиолокационной заметности всех типов целей требует увеличения энергетического потенциала средств активной радиолокации, а повышение чувствительности датчиков и информационных возможностей средств и методов РТР и электронного противодействия активным РЛС, сохраняет уязвимость активных радиолокационных систем от средств радиоэлектронной борьбы. При этом должны быть учтены потенциальные ограничения, которые определяются структурой многопозиционной системы и пространственно-временной и частотной когерентностью радиолокационных сигналов с учетом условий распространения радиоволн. Кроме того, важным является учет электродинамических принципов формирования пространственного спектра сигнала отраженного от протяженной цели при ее моноимпульсном зондировании и сигналов в бистатической пространственно-когерентной системе.

### Список литературы

1. Яцкевич В.А. Альтернатива средствам воздушного нападения // Независимое военное обозрение. – 2003. – №17. – С. 4.
2. Colin J.-M. Radars and EM Sensors for the Next Millennium // Proc. IEEE AES Systems Magazine, August 1999. – P. 7-11.
3. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
4. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
5. Sedyshev Yu.N., Sedyshev P.Yu., Rodenko S.N. Focusing of the spatially separated adaptive antenna arrays on multiply radiation sources by method of correlation identification of the bearings // IVth International Conference on Antenna Theory and Techniques, 9-12 September, 2003, Sevastopol, Ukraine.
6. Sedyshev Yu., Sedyshev P., Tyutyunnik V. Coherent Bistatic Noise Radar With Space – Time Adaptive Processing Of A Returns Signals And Jamming // Proc. First International Workshop on The Noise Radar Technology (Nrtw-2002). Yalta, Crimea, Ukraine, 2002. – P. 203-214.
7. Marc Lesturgie, Jean Pierre Eglizeaud, Gilbert Auf-ray, Daniel Muller, Bernard Olivier, Christian Delhote. The last decades and the future of low frequency radar concepts in France // IEEE RADAR 2004 - International Conference on Radar Systems. Pape 3 pdf, PARIS, 2004.
8. Walter J. Bernard Silent-Mode Air Surveillance // Конференция HATO "System Concepts for Integrated Air Defense of Multinational Mobile Crisis Reaction Forces". – Valencia, Spain, 22-24 May 2000.
9. Рябов Б. Новый облик радиолокации ПВО // Техника и вооружение. – 2001. – №7. – С. 21-24.
10. Масалов С.А., Рыжак А.В., Сухаревский О.И., Шкиль В.М. Физические основы диапазонных технологий типа "Стелс". – С-Пб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 1999. – 163 с.
11. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
12. Седышев Ю.Н., Седышев П.Ю., Хмелевский С.И. Оценка пространственных координат целей в когерентных многопозиционных РЛС метрового диапазона волн // Тезисы доклада 10-й Юбилейной международной научной конференции «Теория и техника передачи, приема и обработки информации» 28 сентября – 1 октября 2004 г. – Харьков-Туанце: ХНУРЕ. – С. 227-228.

Поступила в редколлегию 17.07.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.Н. Седышев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ВИБІР ДІАПАЗОНУ ХВИЛЬ АКТИВНИХ КАНАЛІВ БАГАТОПОЗИЦІЙНОГО АКТИВНО-ПАСИВНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ТА ПОРЯДКУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ З КАНАЛАМИ ПАСИВНОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ

С.І. Хмелевський

Проведено аналіз обліку впливу вибору діапазону хвиль, активних когерентних багатопозиційних радіолокаційних станцій на збереженні просторової когерентності цілі, радіолокаційного спостереження малопомітних цілей типу «Стелс» на значних дальностях в умовах застосування активних маскуючих та імітаційних перешкод при побудові активних каналів у метровому діапазоні хвиль. Визначено основні властивості багатопозиційного радіолокаційного комплексу на основі метрового діапазону хвиль, що задовольняє вимогам сучасних розвідувально-інформаційних систем мережевого типу. Основним з них є стійкість роботи в умовах застосування засобів і методів радіоелектронної війни.

**Ключові слова:** метровий діапазон хвиль, активно-пасивний багатопозиційний комплекс.

### CHOICE OF RANGE OF WAVES OF THE ACTIVE CHANNELS OF MULTIPOSITION ACTIVELY-PASSIVE RADAR AND ORDER OF THE INFORMATIVE CO-OPERATING WITH CHANNELS OF PASSIVE RADIO-LOCATION

S.I. Hkmelevskiy

The analysis of account of influence of choice of range of waves is conducted, active coherent multiposition radar on the maintainance of spatial coherence of purpose, radio-location supervision of barely visible aims of type of «Steals» on considerable distances in the conditions of application of active masking and imitation hindrances at the construction of the active channels in the metric waves. Basic properties of multiposition radar are certain on the basis of metric waves, suiting modern reconnaissance-informative systems of network type. Basic from them is stability of work in the conditions of application of facilities and methods of radio electronic war.

**Keywords:** metric waves, actively-passive multiposition complex.