

Министерство науки и образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет имени
Н.Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет)
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

РЕФЕРАТ - ПРЕЗЕНТАЦИЯ

Разработка аппаратно-программной платформы для создания типоряда
мобильных многофункциональных РЛС двойного назначения для
обнаружения и сопровождения широкого класса целей, включая БПЛА

№	Ф.И.О. авторов, ученые степени и звания, должности по основному месту работы
1.	Нониашвили Михаил Ильич, кандидат технических наук, директор Научно-исследовательского института радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана (руководитель работы)
2.	Лесников Григорий Александрович, научный сотрудник Научно-исследовательского института радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана
3.	Люлюкин Константин Викторович, научный сотрудник Научно-исследовательского института радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана
4.	Можаров Эдуард Олегович, научный сотрудник Научно-исследовательского института радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана
5.	Филатов Андрей Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана

Авторы приняли основное участие в разработке аппаратно-программной платформы (АПП) для создания типоряда мобильных многофункциональных радиолокационных станций (РЛС) двойного назначения, которая позволяет ускорить и удешевить разработку современных и перспективных образцов РЛС, в условиях возникающих новых задач обнаружения и сопровождения широкого класса целей при организации контроля областей пространства на дальностях от сотен метров до 100...200 километров.

В рассматриваемой области пространства типы целей, параметры и характеристики их движения, а также условия наблюдения непрерывно и динамично изменяются и расширяются, а требования к качеству получаемой информации ужесточаются. Для этих РЛС должно обеспечиваться быстрое перебазирование и развертывание в новых зонах контроля, а также работа на ходу. Это приводит к требованию мобильности РЛС, а, следовательно, к ограничениям по потребляемой мощности, массе, размерам апертур антенных систем. Последние не должны выходить за пределы габаритов транспортных средств, обычно в пределах от 0,8 до 3,2 метров.

Приведенные условия наблюдения и ограничения на параметры РЛС характерны при решении огромного числа тактических задач: организация войсковой противовоздушной обороны (ПВО); охрана критически важных и специальных объектов инфраструктуры; организация управления воздушным движением для многих аэродромов Арктической зоны, где экономически нецелесообразно размещение стандартных радиолокационных средств; контроль несанкционированного проникновения техники, беспилотных летательных аппаратов (БпЛА), людей в выделенную охраняемую зону и др.

При решении данных задач в качестве целей выступает большое число разнообразных объектов: воздушных, надводных, наземных. Для них диапазон эффективных площадей рассеяния изменяется от $0,01 \text{ м}^2$ до сотен м^2 , диапазон скоростей – от практически нулевой до нескольких сотен м/с и более. Сами РЛС должны работать в любых погодных условиях, обладать

высокой помехозащищенностью от пассивных и активных помех. Разрешающие способности РЛС должны обеспечивать отдельное наблюдение целей в контролируемой области пространства: от единиц до десятков метров по дальности; от одного до нескольких градусов по углам. Конкретные значения этих и других параметров выбираются исходя из требований от потребителей информации.

Разработанная аппаратно-программная платформа перекрывает практически весь диапазон требований, которые могут быть предъявлены к мобильным многофункциональным РЛС рассматриваемого класса и позволяет создавать новые РЛС на основе унифицированных блоков. Она имеет следующие особенности.

1. Рабочая частота выбрана в С-диапазоне длин волн, что обеспечивает: всепогодность и малый коэффициент затухания при распространении радиоволн; хорошую электромагнитную совместимость с РЛС всех видов зенитных ракетных комплексов малой и средней дальности, с радиолокационным обеспечением аэродромов. В С-диапазоне удастся рационально реализовать совмещение режимов точного сопровождения и обзора заданной области пространства. Данный диапазон имеет преимущества при наблюдении объектов под малыми углами места, особенно над морской поверхностью и в условиях Арктической зоны.

2. Зондирующий сигнал оперативно изменяется от короткого радиоимпульса длительностью 10 нс до сложного ЛЧМ импульса длительностью до 200 мкс и полосой до 100 МГц с длительностью когерентной пачки от 1 до 20 мс, что позволяет производить высокоточное измерение координат целей и их разрешение в группе, обнаружение и измерение координат БПЛА на фоне интенсивных мешающих отражений.

3. Антенная система – модульная фазированная решетка (ФАР) с двумерным электрическим сканированием в секторе $\pm 45^\circ$. Апертура ФАР масштабируется, нужные размеры полотна набираются из отдельных подрешеток (размер 20 x 20 см) с системой управления амплитудно-фазовым

распределением сигналов и твердотельных приемо-передающих модулей. Один канал приемо-передающего модуля работает на 42 канала излучателей в одной подрешетке. Таким образом, реализуется типоряд РЛС с требуемыми энергетическим потенциалом, разрешающими способностями по углам, точностью измерения координат. Данное решение занимает нишу между ФАР и активной фазированной решеткой (АФАР), обладая практически теми же возможностями, что и АФАР, но существенно дешевле ее.

4. Двумерное электрическое сканирование позволяет реализовать адаптивный обзор пространства, сопровождение целей с различным темпом и параметрами зондирующего сигнала в зависимости от их скорости, дальности и траектории движения. В РЛС на базе АПП реализованы круговые режимы, в которых осуществляется завязка траектории за счет «отскока» луча антенны уже на первом витке обзора, а также секторные режимы работы по высокоскоростным целям.

5. Получение дальностного портрета выбранной оператором цели с детализацией до 2...4 м в режиме реального времени благодаря высокому разрешению по дальности и обеспечению требуемого для этого времени когерентного накопления без прерывания обзора пространства и сопровождения других целей. Оценка по дальностному портрету габарита цели для повышения качества распознавания классов и типов целей.

6. Адаптивные алгоритмы селекции пассивных и активных помех.

7. Настройка режимов работы под конкретные тактические задачи без конструктивных изменений аппаратной части.

8. Возможность работы в автоматическом режиме с интеллектуальным управлением параметрами РЛС.

При разработке аппаратно-программной платформы была проведена комплексная оптимизация всех аппаратных, программных, электродинамических, конструктивных решений, начиная от выбора рабочей частоты, типов зондирующих сигналов и идеологии построения антенны и

заканчивая обликом приемо-передающей системы, средств обработки информации, алгоритмического и программного обеспечения.

Практическая ценность выполненной разработки заключается в том, что разработанная АПП путем масштабирования обеспечивает существенное ускорение создания РЛС на основе унифицированных модулей с совокупными характеристиками, приближающимися к потенциально достижимым для заданных ограничений по энергетике и габаритам антенного полотна. В АПП реализованы практически все новейшие достижения в области радиолокации, достигнутые в настоящее время.

Научно-инженерные положения разработанной платформы апробированы при создании двух малогабаритных радиолокационных обнаружителей воздушных целей МРЛО-1 ВЦ (габарит антенного полотна 1,6 x 1,6 м) и МРЛО-2 ВЦ (габарит антенного полотна 0,8x 0,8 м) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Изделия МРЛО-1 ВЦ (слева) и МРЛО-2 ВЦ (справа) в составе изделия 9С932М

В своем классе были достигнуты рекордные значения по дальности, точности и разрешающей способности, превосходящие по совокупности характеристик радиолокационные станции, состоящие на вооружении (снабжении) Сухопутных войск Вооруженных Сил Российской Федерации.

Изделиям МРЛО-1 ВЦ и МРЛО-2 ВЦ в 2018 году присвоена литера О₁. В 2021 году принято решение о постановке МРЛО-1 ВЦ и МРЛО-2 ВЦ в составе изделия 9С932М на снабжение Вооруженных Сил РФ.

Особо следует отметить заложенную в аппаратно-программную платформу способность работать по БПЛА мини- и микро-классов, подтвержденную изделиями МРЛО-1 ВЦ и МРЛО-2 ВЦ экспериментально.

Режим сверхкороткоимпульсного сигнала с разрешением по дальности 1,5...3 м востребован в РЛС при организации охраны специальных объектов инфраструктуры от несанкционированного проникновения. Он позволяет производить эффективную селекцию целей на фоне окружающей местности.

Возможности разработанной аппаратно-программой платформы, заявленные характеристики и скорость адаптации создаваемых на ее основе РЛС к различным фоно-целевым условиям, подтвержденные экспериментально в изделиях МРЛО-1 ВЦ и МРЛО-2 ВЦ, вызвали большой интерес у разных потребителей радиолокационной информации.

В настоящее время на основе АПП в рамках 3-х НИОКР создаются опытные образцы РЛС наблюдения за БПЛА и макет многофункционального радиолокатора для аэродромов Арктической зоны, который в однопозиционном и многопозиционном исполнениях совмещает функции аэродромного и посадочного радиолокатора и РЛС обзора летного поля. Общий объем финансирования указанных НИОКР составляет 450 млн. руб.

Таким образом, разработанная аппаратно-программная платформа для создания типоряда мобильных многофункциональных РЛС двойного назначения для обнаружения и сопровождения широкого класса целей, включая БПЛА, открывает уникальные перспективы быстрого создания современной радиолокационной техники для диапазона дальностей от нескольких сотен метров до 100...200 км, значительно превосходящей по совокупности характеристик имеющиеся аналоги. Первые образцы из типоряда РЛС уже приняты на снабжение Вооруженных Сил Российской Федерации и практически доказали обоснованность данного утверждения.