

## Многофункциональный радиолокационный комплекс

*В.Васин, В.Стручев*

для автоматизированных  
систем управления  
воздушным движением

*Трудно переоценить важность обеспечения автоматизированных систем управления воздушным движением (АС УВД) качественной и своевременной радиолокационной информацией. Многофункциональный радиолокационный комплекс "РИАН-УВД", предлагаемый в рамках конверсии разработок Радиотехнического института им. академика А.Л. Минца, может стать ядром новейшей АСУ УВД, обладающей исключительно высокими характеристиками.*

Сегодня как отечественные, так и зарубежные средства УВД обеспечиваются координатной информацией с помощью первичных (ПРЛК) и вторичных (ВРЛК) радиолокационных комплексов с механическим сканированием луча. Принципы построения и основные технические решения таких РЛК разработаны не менее 50 лет назад и безусловно устарели. Применительно к российским условиям моральный износ РЛС УВД сочетается с физическим, что существенно снижает безопасность полетов.

Замена физически изношенного радиолокационного оборудования морально устаревшим, пусть даже зарубежного производства, не может решить стоящих проблем. Дело в том, что концепция современных АСУ УВД широко использует ручной труд большого числа специалистов-диспетчеров, которые ввиду несовершенства применяемых РЛС фактически вынуждены брать на себя их функции: локационное сопровождение воздушных средств (ВС), разрешение и идентификация локационных отметок, экстраполяция траекторий движения и др. С этими задачами гораздо более эффективно и полностью автоматически справится многофункциональный РЛК (МРЛК) с фазированной антенной решеткой. Он способен в удобной форме и достаточно полно предоставлять необходимую информацию о воздушной обстановке на всех участках движения ВС. Радиолокационный комплекс в этом случае становится многофункциональным, так как он способен выполнять одновременно функции трассового, аэродромного (аэроузлового) ПРЛК и ВРЛК, а также посадочной РЛС, взяв на себя практически все функции АСУ УВД региона.

Новое поколение АСУ УВД, создаваемое на базе данного МРЛК, дешевле предлагаемых зарубежными фирмами и значительно опережает их по функциональным возможностям, по сути, не имеющим аналогов в радиолокационной тех-

нике гражданской авиации.

МРЛК обеспечивает обнаружение, автозахват и автосопровождение ВС в зоне видимости размерами: по азимуту —  $0-360^\circ$ , по углу места —  $0,3-90^\circ$ , по дальности — до 450 км при максимальной высоте полета 20 км. Такие характеристики достигаются благодаря антенной системе на базе приемопередающих фазированных антенных решеток (ФАР), обеспечивающих безынерционное электронное сканирование лучами антенны во всей верхней полусфере (без воронки над МРЛК), а также комбинированному использованию крупноапертурных ФАР (размер раскрытия антенны 6 м), зондирующих импульсов длительностью до 1600 мксек и мощности импульсного излучения 0,5 кВт. Это обеспечивает отношение сигнал/шум, достаточное для обнаружения, автозахвата и автосопровождения ВС.

МРЛК реализует характеристики точности, пропускной способности и помехозащищенности, обеспечивая автосопровождение ВС с максимальной полной, точной и достоверной радиолокационной информацией, что принципиально недостижимо для РЛС с механическим вращением антенны.

Полный цикл информационного обслуживания обеспечивается совмещением в рамках одного МРЛК всех необходимых функций по обслуживанию ВС вплоть до приземления. Тем самым исключаются потери ВС при передаче их от одного радиолокационного средства другому, а также необходимость идентификации передаваемых ВС.

Требуемый темп обновления информации достигается за счет гибкого перераспределения энергоресурса МРЛК при работе по ВС на ближних и дальних рубежах. Кроме того, необходимый аппаратный ресурс обеспечивает формирование в режиме поиска до восьми лучей ФАР и обработку всей поступающей с этих лучей информации в устройстве цифровой обработки (УЦО) сигналов, быстрдействие которого

составляет до  $57 \cdot 10^9$  операций в секунду.

Использование когерентных последовательностей широкополосных сигналов дает возможность контролировать параметры траектории ВС с беспрецедентной точностью, достигающей единиц метров по положению и см/с, см/с<sup>2</sup> по производным координат. Это обеспечивает требуемые точностные характеристики измерения и прогноза траектории ВС, а в случае аварии или катастрофы позволяет проэкстраполировать траекторию до точки падения ВС с точностью до 1 км всего за две минуты. В комплексе используются крупноапертурная ФАР в сочетании с зондирующими сигналами, которые занимают полосу частот, достигающую 5 МГц, а длительность составляет 0,2–1600 мксек. Эти же средства обеспечивают требуемую разрешающую способность МРЛК. Все это позволяет говорить о возможности реализации на его основе принципиально новой функции наземной системы предупреждения столкновений ВС в воздухе.

Одно из важных достоинств МРЛК — высокая пропускная способность (до 400 одновременно обслуживаемых ВС), которую обеспечивают соответствующие энергетические и аппаратные резервы, а также принятая организация режимов поиска и сопровождения ВС.

Комплекс обладает большей помехозащищенностью, чем известные отечественные и зарубежные аналоги. Это достигается благодаря современным методам борьбы с источниками мешающих сигналов (например, мешающими ответными сигналами от бортовых ответчиков ВС) путем формирования нулей диаграммы направленности в направлении этих источников. Для тех же целей используются игольчатые лучи, имеющие малые размеры по обеим угловым координатам, в сочетании с оптимизацией структуры зондирующего сигнала и вида его обработки для подавления

пассивных помех (отражений от местных предметов).

Комбинированное использование крупно-апертурной ФАР, широкой номенклатуры зондирующих сигналов с гибко перестраиваемой структурой и цифровой обработки сигналов обеспечивает достижение всех тактико-технических характеристик МРЛК (табл. 1,2).

Одно из важных достоинств МРЛК «РИАН – УВД» – существенное улучшение экологической обстановки в районе его дислокации. Улучшенные экологические

характеристики обеспечиваются за счет снижения уровней пиковой (5,5 кВт) и средней (1,8 кВт) излучаемой мощности, а также применения специальных программ биологической защиты при управлении передающим лучом. Это позволяет существенно снизить уровень излучения в направлении близко расположенных жилых строений.

Исключение из системы УВД большого числа разнородных радиолокационных средств и освобождение диспетчеров от обязанностей

по координации их работы существенно упрощает систему УВД и повышает надежность ее работы при одновременном снижении эксплуатационных затрат.

Стоимость предлагаемого МРЛК (около 8 млн. долл.) не превышает суммарной стоимости заменяемых им трассового, аэродромного и посадочного радиолокаторов. Дополнительная экономия стоимости обусловлена упрощением и унификацией используемой аппаратуры, уменьшением числа каналов связи и исключением сети разнородных РЛС.

Эффективность использования МРЛК «РИАН–УВД» в рамках Федеральной программы модернизации и автоматизированной системы УВД подтверждает исследование, проведенное ГосНИИ «Аэронавигация» с учетом реальных потребностей этой системы. В основу анализа были положены следующие характеристики затрат: на разработку и изготовление

Таблица 2  
Технико-технические характеристики экипажа ВРА МРЛК

Характеристика	Значение
Частота запроса ответа, МГц	1030; 1090/740
Зона действия ВРА, град. – по азимуту – по углу места	0–360 0–90
СКЗ ошибок измерения координат, не более: – по дальности, м – по азимуту, угл. мин. для диапазона 1090 МГц для диапазона 740 МГц	150 4 6
Разрешающая способность – по азимуту, град. на частоте 1090 МГц на частоте 740 МГц – по дальности, м	1,7 2,6 120
Число одновременно сопровождаемых ВС	400
Коэффициент усиления антенны, дБ: – в диапазоне 1090 МГц – в диапазоне 740 МГц	24 24
Излучаемая мощность, Вт – импульсная – средняя	400 20
Тип антенны	фаз.решетка
Размер антенного полотна, м	9x2

опытного образца МРЛК – 20 млн. долл.; на серийный образец – 6 млн. долл.; на строительно-монтажные работы – 0,84 млн. долл.; эксплуатационные расходы – 0,1 млн. долларов.

Один МРЛК позволяет отказаться от установки традиционных АРЛК, ТРЛК и ПРЛК в аэропорту их совместного базирования, стоимость которой превышает 15,5 млн. долл., включая затраты на оборудование, строительно-монтажные работы и эксплуатационные расходы.

По данным ГосНИИ «Аэронавигация», потребность системы УВД гражданской авиации составляет 65 МРЛК. При внедрении 30 таких комплексов экономия затрат составит 160 млн. долл. Более корректной оценкой экономической эффективности использования МРЛК в АС УВД было бы сравнение стоимости систем, а не отдельных их элементов. В этом случае расчетный экономический эффект, несомненно, оказался бы гораздо более высоким. А в каких цифрах можно выразить экономический эффект, который принесет существенное повышение безопасности полетов, достигаемое благодаря значительному улучшению качества радиолокационной информации? Пожалуй, это самый важный результат

Таблица 1  
Технико-технические характеристики МРЛК в режимах трассового и аэродромного РЛК

Характеристика	Зарубежные образцы	ТТЗ
Выполняемые функции	Одна из функций	Трассовый, аэродромный, посадочный РЛК
Диапазон частот, МГц	1300, 6000	3000
Дальность действия: – максимальная, км – минимальная, км	150–485	450 0,7
Зона действия, град.: – по азимуту – по углу места	0–360 0,5–45	0–360 0,3–90
СКЗ ошибки измерения координат ВС, не более: – по дальности, м – по азимуту, угл. мин – по радиальной скорости м/с	17–1000 3–18 –	10 3 0,5
Разрешающая способность: – по угловым координатам, град. – по дальности, м	1,2–3,2 (по азимуту) 60–1000	0,8 30
Помехозащищенность: – глубина "нуля" пространственно-временной-частотной ВКФ при работе по пассивным помехам, дБ – коэффициент подпомеховой видимости системы СДЦ, не менее, дБ	27	–90 27
Пропускная способность (число одновременно сопровождаемых ВС)	250–400	400
Коэффициент усиления антенны, не менее, дБ	39	44
Излучаемая мощность, кВт: – импульсная – средняя	40 0,8–7	5,5 1,7
Тип антенны	Зенитная ФАР	ФАР
Размер антенного полотна, м	2,5x13	Д – 6
Число элементов	112x12	112x12
Потребляемая мощность, кВт		30–40

внедрения комплекса, хотя и не поддающийся точной экономической оценке.

### Литература

Радиолокационное оборудование автоматизированных систем управления воздушным движением./Под ред. А. А. Кузнецова. — М.: Транспорт, 1995

Министерство промышленности, торговли и энергетики Южной Кореи намерено к 2000 году создать крупный полупроводниковый промышленный комплекс в районе Сеула. С этой целью крупнейшим полупроводниковым фирмам страны: Samsung Electronics, LG Semicon, Huindai Electric Industrial — будут предоставлены земельные участки (дефицит которых мешает расширению производства) для сооружения новых предприятий. Кроме того, рассматривается возможность проведения действующими в рамках комплекса фирмами совместных разработок на базе объединенной технологии.

По оценкам Ассоциации полупроводниковой промышленности страны, для сооружения новых полупроводниковых предприятий к 2005 году потребуется около 9,24 га земли.

*JEI, 1996, v.43, N4, p.17*

**В Южной Корее создается новый комплекс по производству полупроводников**

**Д а й д ж е с т**

### **Карбид кремния находит применение для изготовления СВЧ приборов**

На Международном СВЧ симпозиуме, проходившем в середине 1996 года в Сан-Франциско, двумя независимыми группами разработчиков было доложено о создании мощных транзисторов СВЧ диапазона на карбиде кремния. Основными факторами, сдерживающими появление полупроводниковых приборов на карбиде кремния, обеспечивающего в сравнении с кремнием и арсенидом галлия в десять раз большее пробивное напряжение и теплопроводность, является высокая плотность дефектов исходного материала (на порядок выше, чем у кремния или арсенида галлия), относительно низкая подвижность носителей и трудность обработки материала.

Благодаря появившимся в последнее время пластинам SiC диаметром 40 мм и совершенствованию технологии выращивания кристаллов, приведем к снижению на два порядка плотности дефектов основного типа в этом материале — “микротрубок”, специалистам фирм Northrop Grumman, а также Cree Research и Motorola удалось изготовить ВЧ и СВЧ транзисторы на карбиде кремния. На фирме Northrop Grumman на SiC изготовлен статический индукционный транзистор (полевой транзистор с р-п переходом и вертикальным каналом), передаточная характеристика которого, как и у вакуумной лампы, не выходит на режим насыщения, за что такие транзисторы называют твердотельным тетродом. По мнению разработчиков, такая структура наиболее пригодна для изготовления на основе материала с низкой подвижностью дырок.

Специалистами фирмы был изготовлен транзистор, содержащий 60 ячеек с гребенчатой структурой затвора (полная длина по периферии — 15 мм), который был смонтирован в стандартный 10-мм корпус мощного транзистора. Из 60 ячеек 23 выдержали испытания на пробой при напряжении до 250 В. В результате параллельного включения этих ячеек полная длина затвора по периферии составила 345 мм. Указывается, что в несогласованной микрополосковой схеме при напряжении стока 90 В и на частоте 600 МГц передаточная характеристика транзистора в режиме усилителя класса АВ была линейной. При подаче на вход сигнала мощностью 18 Вт выходная мощность была равна 100 Вт и 450 Вт при значении входной мощности 92 Вт.

Группой разработчиков фирм Cree Research и Motorola создан SiC полевой транзистор с затвором Шоттки с плотностью мощности 2 Вт/мм на частоте 1,8 ГГц.

*Electronic Design, 1996, v.27, N9 pp.52,53*

**Д а й д ж е с т**