Описание конкурсной работы в номинации:
«За успехи в разработке авиационной техники и компонентов (ОКБ года)»

Авторы:

№	Ф.И.О. ученая степень, звание, должность, место работы автора
1	**Канащенков Анатолий Иванович –** доктор технических наук, профессор, Главный конструктор МБРЛС, директор Научного центра специальных радиоэлектронных систем и менеджмента (НЦ СРМ) МАИ – **руководитель работы.**
2	**Ананенков Андрей Евгеньевич –** кандидат технических наук, начальник лаборатории Научного центра специальных радиоэлектронных систем и менеджмента (НЦ СРМ) МАИ.
3	**Бохин Дмитрий Леонидович –** начальник лаборатории Научного центра специальных радиоэлектронных систем и менеджмента (НЦ СРМ) МАИ.
4	**Коновальцев Антон Вячеславович –** начальник отдела Научного центра специальных радиоэлектронных систем и менеджмента (НЦ СРМ) МАИ.
5	**Матвеев Алексей Михайлович –** кандидат технических наук, начальник отдела Научного центра специальных радиоэлектронных систем и менеджмента (НЦ СРМ) МАИ.
6	**Рогов Вячеслав Яковлевич –** заместитель директора Научного центра специальных радиоэлектронных систем и менеджмента (НЦ СРМ) МАИ.
7	**Ушкар Михаил Николаевич** – доктор технических наук, профессор, заместитель директора Научного центра специальных радиоэлектронных систем и менеджмента (НЦ СРМ) МАИ.

Наименование работы:

«Разработка семейства малогабаритных многофункциональных радиолокационных систем (МБРЛС) различных диапазонов длин волн для оснащения перспективных беспилотных и вертолетных систем»

<u>Сведения о соискателе:</u>

НЦ СРМ МАИ является научным подразделением федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (МАИ). Центр создан в 2008 году. За время своего существования Центр выполнил научно-исследовательских работ на сумму более 600,0 млн. руб.

Особенно необходимо отметить проект «Разработка высокотехнологичного производства многофункциональных бортовых радиолокационных систем (МБРЛС) для различных носителей народнохозяйственного и оперативно-тактического назначения», выполненный в 2012 году в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства». Результаты вышеуказанного проекта легли в основу разработки, удостоенной премии Правительства РФ в области науки и техники, которая в 2015 г. была вручена ряду сотрудников Центра, во главе с его директором и научным руководителем А.И. Канащенковым – профессором, доктором технических наук.

Коллектив Центра создал унифицированную систему бортовых радиолокационных систем различных диапазонов длин волн: X-диапазона, Ka-диапазона, которые нашли свое применение в т. ч. при выполнении работ по Государственному оборонному заказу.

В настоящий момент НЦ СРМ МАИ успешно завершает разработки по двум проектам:

- «Разработка и организация высокотехнологичного производства малогабаритной многорежимной бортовой радиолокационной системы Ku-диапазона волн для оснащения перспективных беспилотных и вертолетных систем» в рамках Постановления Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 218,
- «Создание научно-технического задела в области построения унифицированной миниатюрной бортовой радиолокационной целевой нагрузки малоразмерных беспилотных летательных аппаратов для мониторинга ледовой обстановки при строительстве и эксплуатации нефтегазовых платформ" в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» и Соглашения о предоставлении субсидии от 03.10.2016 г. № 14.577.21.0226, заключенного между Минобрнауки РФ и МАИ.

В структуру Центра входят комплексные и тематические подразделения по радиолокационной тематике. В штатах Центра трудятся 90 специалистов, в том числе 4 доктора наук, 23 кандидатов наук, 8 аспирантов. Средний возраст составляет 43 года.

НЦ СРМ МАИ организовал производственную кооперацию по серийному изготовлению разработанных изделий с высокотехнологичными предприятиями: ФГУП «ПО «Октябрь» г. Каменск-Уральский, ИТМиВТ им Лебедева РАН РФ, АО «НПФ «Микран» г. Томск.

Центр сотрудничает с ведущими авиастроительными предприятиями страны: АО «Вертолеты России», ПАО «Компания Сухой», ОКБ им. Симонова г. Казань, ОКБ им. Яковлева.

Конкурсная работа:

Важнейшим информационным средством, устанавливаемым на современных БЛА, самолетах и вертолетах, является бортовая радиолокационная система (БРЛС), обеспечивающая получение в любое время года, суток и в любых метеоусловиях детальной информации о воздушных, наземных (надводных) неподвижных и движущихся объектах, состоянии атмосферы, акватории, лесных массивов, посевов, нефте- и газопроводов, ЛЭП, дорог, рек, о стихийных бедствиях и позволяющая выполнять полет в сложных условиях, доставлять грузы в заданные точки и осуществлять посадку на необорудованные площадки.

Отличительные особенности созданной МБРЛС от существующих и разрабатываемых в настоящее время в РФ.

1

При разработке и организации серийного производства использованы разработанные организационно-системные принципы:

- Базовости и открытой архитектуры;
- Функциональной и аппаратной интеграции;
- Глубокой внутрисистемной и межсистемной унификации и стандартизации;
- Стандартных интерфейсов;
- Обеспечения высокой надежности и экономичности эксплуатации

2

МБРЛС МФ-2 — малогабаритная, масштабируемая и адаптируемая к объектам различного назначения, впервые созданная в РФ (аналогов нет).

3

Высокий уровень цифровизации аппаратуры, применение сложных сигналов позволяют МБРЛС приобрести новые качества.

4

Использование сложной модуляции:

- импульсная модуляция коротким импульсом;
- ФКМ в импульсе;
- внутриимпульсная частотная модуляция (ЧМ)
- внутриимпульсная ЛЧМ;
- внутриимпульсная ЛЧМ с переключением литеров от импульса к импульсу

для увеличения полосы сигнала.

Это позволяет существенно повысить помехозащищенность, разрешающую способность и другие характеристики.

5

В МБРЛС введен четвертый режим детального разрешения, который обеспечивается применением сложных сигналов.

6

Обеспечивается высокая надежность за счет использования в аппаратуре различных системно-конструктивных особенностей построения (надежность 400 часов).

7

Высокая степень аппаратурной и функциональной интеграции позволила сократить межблочные связи, количество разъемных соединений и на порядок сократить вес внешней кабельной системы.

Сведения об уникальности (новизне) МБРЛС (наличие её мировых и внутренних аналогов)

Создание МБРЛС является прорывом в технологии производства высокоэффективных малогабаритных радиолокационных систем, поскольку предлагаемая МБРЛС представляет собой систему, уникальность которой состоит в том, что в ней одновременно сочетаются такие важнейшие свойства, как многофункциональность, масштабируемость, модульность и малогабаритность. Наличие данных свойств позволяет путем набора соответствующих модулей комплектовать МБРЛС с требуемыми характеристиками и адаптировать её для различных носителей народнохозяйственного и оперативно-тактического назначения.

В то же время по своим тактико-техническим показателям она не уступает, а по ряду показателей превосходит зарубежные и отечественные аналоги.

Анализ конкурентных преимуществ перед известными аналогами на внутреннем и мировом рынках

В Российской Федерации ведутся работы по созданию РЛС для перспективных вертолетов.

Для вертолета Ми-28Н соответствующая БРЛС разрабатывается Рязанским приборостроительным заводом. Сведения об основных характеристиках данной РЛС в открытой печати отсутствуют.

В ОАО «Корпорация «Фазотрон-НИИР» в начале этого века был создан радиолокационный комплекс «Арбалет» для боевого ударного вертолета Ка-52 «Аллигатор», послуживший основой для последующей разработки вертолетных РЛС различного назначения.

Радиолокационный комплекс (РЛК) «Арбалет» в полной комплектации представляет собой двухдиапазонный когерентно-импульсный радиолокационный комплекс, работающий в миллиметровом (Ка) и дециметровом (L) диапазонах волн.

Использование в РЛК «Арбалет» двух диапазонов волн позволяет обеспечить разведывательно-боевые действия вертолета днем и ночью, в простых и сложных метеоусловиях, при наличии организованных и естественных помех.

Недостатком РЛК «Арбалет» является отсутствие в нем современных режимов синтезирования апертуры антенны. В результате картографирование

местности осуществляется с низкой детальностью изображения. Режим маловысотного полета не обеспечивает в полной мере безопасности низковысотного полета. К недостаткам РЛК «Арбалет» следует отнести и большие массогабаритные характеристики.

За рубежом оснащение вертолетов современными радиолокационными системами является одним из приоритетных направлений развития авиастроения.

Известны зарубежные аналоги МБРЛС, устанавливаемые на беспилотных летательных аппаратах (БЛА). К аналогам можно отнести малогабаритные станции для разведывательных БЛА. В США к БРЛС с синтезированием апертуры, предназначенных для оснащения средневысотных разведывательных БПЛА, относятся следующие малогабаритные БРЛС: AN/ZPQ-1 TESAR, TUAVR, AN/APQ-8 «Lynx», MiniSAR, ASTAR и AN/APQ-141. В Европе к таким БРЛС относятся станции SWORD, AWARDS, QuaSAR, «Swift», а в Израиле — EL/M-2055.

Перечисленные выше БРЛС разведывательных БЛА имеют небольшую массу и позволяют наблюдать объекты, находящиеся на удалении до 25…30 км и скрытые облаками или небольшим дождем, с разрешением до 0,1 м (БРЛС «Lynx»). В основном БРЛС разведывательных БЛА имеют три режима работы: ПО - полосовой обзор (stripmap), ТО – телескопический обзор (spotmap или spotlight) и СДЦ – селекция движущихся целей (MTI – motion target indication). Сформированное изображение передается на наземные станции.

По заключению специалистов ЦНИИ 30 Министерства обороны Российской Федерации разработанный в МАИ прототип многофункциональной многорежимной малогабаритной РЛС по своим тактико-техническим характеристикам сопоставим с современными зарубежными РЛС аналогичного назначения, а по некоторым показателям превосходит их. Разработанный прототип малогабаритной многофункциональной РЛС позволяет решать большое количество тактических задач, имея при этом минимальные массогабаритные характеристики, достижимые при современном состоянии элементной базы в стране.

Сравнение продукции по основным параметрам

Перечисленные выше БРЛС разведывательных БПЛА имеют небольшую массу и позволяют наблюдать объекты, находящиеся на удалении до 25…30 км и скрытые облаками или небольшим дождем, с разрешением до 0,1 м (БРЛС «Lynx»). В основном БРЛС разведывательных БПЛА имеют три режима работы: ПО - полосовой обзор (stripmap), ТО – телескопический обзор (spotmap или

spotlight) и СДЦ – селекция движущихся целей (MTI – motion target indication). Сформированное изображение по линиям передачи данных передается на наземные станции.

Таблица 1

№ п/п	Название	Носитель	Диа-пазон	Масса	Режимы	Дальность
1	TESAR	RQ-1A «Predator»	Ku (J)	75 кг	ПО ТО СДЦ	10…25 км 18…28 км
2	TUAVR	RQ-7A «Shadow-200» RQ-8A «Fire Scout»	Ku	30 кг	ПО ТО СДЦ	12 км, 12 км 3-14 км
3	Lynx	RQ-1A «Predator», «IGNAT», «Prowler II», RQ-8A «Fire Scout»	Ku	52 кг	ПО ТО СДЦ	54...87 км 39…54 км 28-39 км

Тактическая РЛС «Линкс», развертываемая в различных конфигурациях как на пилотируемых, так и на БПЛА (примером могут служить последние модификации армейского БПЛА I-GNAT), имеет разрешающую способность 10 см в режиме подсветки цели и обеспечивает поиск подвижных наземных объектов с обнаружением устойчивых изменений в когерентной картине формируемого изображения.

РЛС с синтезированной апертурой TESAR представляет собой РЛС с СА линейного спектра с непрерывным формированием изображений цели с разрешающей способностью 0,3 м, дальностью 4,4…10,8 км (центр полосы), высотой применения 2,0…7,6 км, шириной полосы обзора за одно перемещение 800 м, скоростью перемещения луча 35 м/с, массой 76,2 кг. РЛС TESAR уже применяется на БПЛА «Предейтор».

На армейских БПЛА типа «Хантер» продемонстрирована работа тактической РЛС TUAVR с синтезированной апертурой и индикацией движущихся целей (функция SAR/MTI). РЛС TUAVR имеет массу 28,5 кг, формирует изображение цели с разрешением 30 см в линейчатом спектре.

Фирмой EADS разработана небольшая РЛС MISAR, работающая в Ka - диапазоне. Она формирует трехмерное изображение с высокой разрешающей способностью при любых метеоусловиях как в дневное, так и в ночное время в режиме реального времени; успешно применяется в тактической разведке и охране границ; имеет небольшие размеры и массу (около 4,5 кг). РЛС развернута на немецких БПЛА тактической разведки LUNA и боевых вертолетах США.

Таблица сравнения МБРЛС и лучших мировых и отечественных аналогов этой продукции:

Таблица 2

Наименование новой наукоёмкой продукции, планируемой к производству	Зарубежные аналоги продукции (наименование)			Отечественные аналоги продукции
	1 аналог	2 аналог	3 аналог	1 аналог
МБРЛС	TESAR	TUAVR	Lynx	Аналога нет

Таблица сравнения основных параметров (характеристик) МБРЛС и лучших мировых и отечественных аналогов этой продукции:

Таблица 3

Наименование основных параметров (характеристик) продукции	Сравнительные значения зарубежных аналогов продукции			МБРЛС	
	1 аналог	2 аналог	3 аналог		
Диапазон	Ku (J)	Ku	Ku	Ku	X
Масса	75 кг	30 кг	52 кг	32-38 кг	25-32 кг
Режимы, МВП, КРТ, СНДЦ, МЕТЕО, ОП	ПО,ТО,СДЦ	ПО,ТО,СДЦ	ПО,ТО,СДЦ	КРТ, МВП, СНДЦ, МЕТЕО, ОП	КРТ, ПО, ТО
Дальность,	10…25 км	12 км, 12	54...87	0,5...28	0,5...160

0,15…2 (МВП), 1…10 (КРТ), 1…10 (СДЦ)	(ПО), 18…28 км (ТО)	км, 3-14 км	км, 39…54 км, 28-39 км	км, 18...28 км	км, 68 км
Разрешающая способность,м, 7,5 МВП, (0,5-1) КРТ, (0,5-1,0) СДЦ	0,3 м	-	0,1 м	0,25	0,25

Для создания высокотехнологичного производства МБРЛС по техническому заданию МАИ разработаны технологии и устройства цифровой обработки радиолокационной информации, содержащую цифровой синтезатор сигналов и программируемый синхронизатор, широкополосный цифровой программируемый приемник, программируемый процессор обработки сигналов и данных.

В разработанной МБРЛС использованы лучшие отечественные технологии, такие, как микропроцессоры «Эльбрус», воспроизведенные технологии коммутаторов и линий связи по протоколу Rapid IO. Отсутствие на сегодняшний день технологии и соответствующие компоненты и устройства заимствованы за рубежом, например, АЦП (12 бит, 160 МГц), бескорпусные элементы, используемые в высокочастотном приемнике и синхронизаторе и др.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О МБРЛС

Разработанная МБРЛС предназначена для размещения на БЛА, вертолетах любого типа и легких самолетах типа Су-39 и Як-130 при условии проведения работ радиоэлектронной и механической адаптации, и предназначена для решения следующих задач.

Внешний вид МБРЛС Ku-диапазона

Решаемые задачи МБРЛС

1 Радиолокационный обзор земной поверхности, формирование изображения земной поверхности, в том числе, с высоким и детальным разрешением.

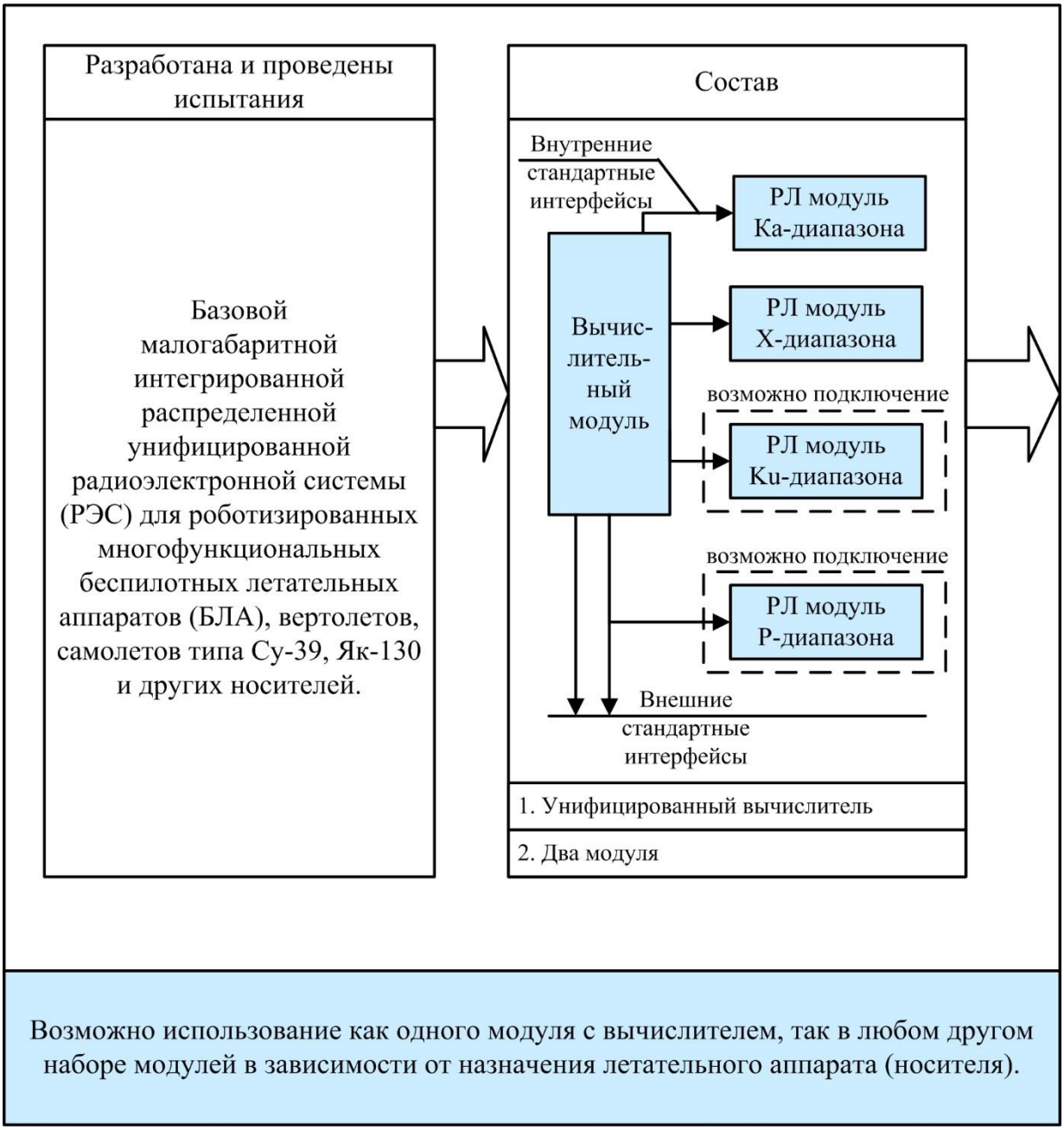
2 **Обнаруживать:**
- малоразмерные радиолокационно-контрастные объекты, определяя их координаты;
- препятствия искусственного или естественного происхождения, определяя их координаты;
- подвижные и неподвижные наземные (надводные) радиолокационно-контрастные ориентиры;
- границы опасных зон метеообразований;
- низковысотные сдвиги ветра.

3 **Обеспечивать:**
- селекцию движущихся наземных (надводных) целей;
- информационную поддержку распознавания наземных (надводных) целей;
- обзор воздушного пространства в заданном угловом секторе;
- передачу р/л информации по заданным каналам.

4 **Формировать:**
- квазитрехмерное изображение впереди лежащей местности;
- сигналы предупреждения об опасности столкновения с препятствием;
- целеуказание оптико-электронным, тепловым и другим системам;
- индикацию воздушной обстановки по курсу движения носителя.

5
- **Измерять** наклонную дальность до земли в заданном направлении;
- **Выявлять** зоны опасной турбулентности;
- **Проводить** анализ структуры облаков.

Разработанная радиолокационная система относится к категории впервые разрабатываемой продукции в РФ.



Разработанная многофункциональная МБРЛС переднебокового обзора предназначена для выполнения широкого круга задач в режимах «воздух – поверхность» и «воздух-воздух». Она обладает высокой разрешающей способностью (до 0,25 м в Ка-диапазоне и до 0,5 м в Х-диапазоне), дальностью, точностью измерения координат объектов, надежностью и живучестью. Это достигается за счёт интеграции цифровых устройств, входящих в систему

(синтезатора частот, синхронизатора, приёмника, высокоскоростных интерфейсов передачи информации), в единый макромодуль, а также наличия четырёх приёмных каналов (суммарного, разностного по азимуту, разностного по наклону и компенсационного) и применения соответствующих методов моноимпульсной пеленгации.

Особенностью МБРЛС по сравнению с другими существующими разработками является использование частотно-манипулированных сигналов с внутриимпульсной линейно-частотной модуляцией. Такие сигналы обладают целым рядом уникальных свойств и позволяют:

- обеспечить высокую разрешающую способность по дальности при использовании приёмо-передающего тракта (включая аналого-цифровой преобразователь) с узкой «мгновенной» полосой частот;
- использовать низкую скважность зондирующих сигналов, тем самым снизив импульсную мощность излучения и повысив скрытность работы МБРЛС;
- повысить помехозащищенность МБРЛС от активных прицельных помех благодаря быстрому изменению частоты в сочетании с «узкополосным» приёмником, центральная частота которого перестраивается от импульса к импульсу по псевдослучайному закону вместе с несущей;
- эффективно использовать радиочастотный диапазон с минимальными уровнями внеполосного излучения;
- получить достаточно большую степень свободы в выборе параметров сигнала (частоты повторения, шага по частоте между импульсами, порядка следования несущих, длительности импульса, девиации частоты в импульсе);
- наилучшим образом выполнить согласование ширины спектра одиночного импульса с амплитудно-частотной характеристикой приёмного канала;
- сравнительно просто провести обработку принимаемых сигналов.

Получение высокой разрешающей способности по дальности обеспечивается по методу синтеза спектра сигналов, т.е. путём соответствующей когерентной обработки всей принятой частотно-манипулированной последовательности.

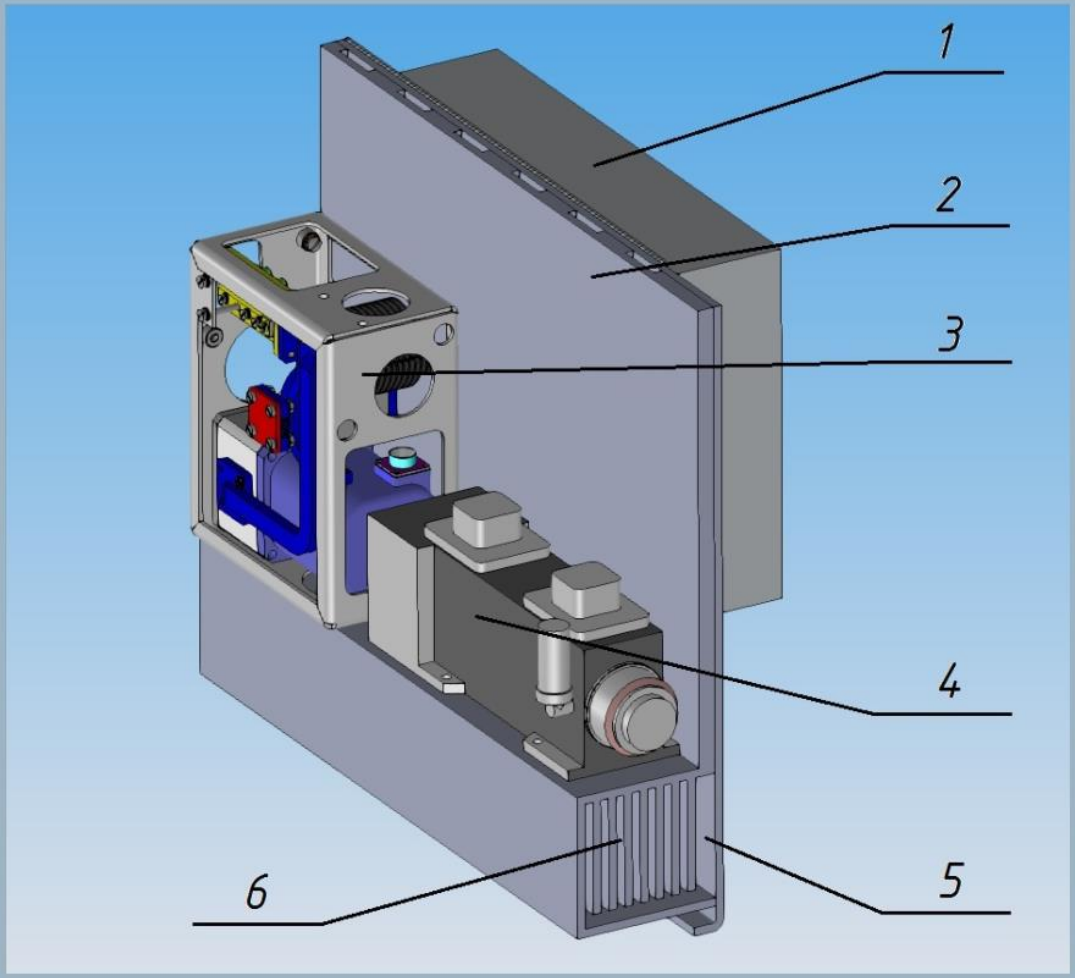
Высокая разрешающая способность по азимуту достигается путём синтезирования апертуры антенны, при этом для обеспечения когерентности накопления сигналов используется информация о движении летательного аппарата от бортовой навигационной системы, а также итерационная непараметрическая автофокусировка сигналов, повышающая разрешающую способность, четкость и контрастность изображения. Автофокусировка осуществляет устранение фазовых ошибок, обусловленных погрешностями

измерения навигационных параметров, траекторными нестабильностями из-за маневров носителя и изменением показателя преломления атмосферы в процессе синтезирования апертуры.

Данные, получаемые с помощью МБРЛС, могут быть использованы для решения как военных (разведывательных, ударных), так и самых разнообразных сугубо мирных задач – в интересах транспорта, сельского хозяйства, геодезии, геологии, строительства, охраны объектов, контроля над чрезвычайными ситуациями:

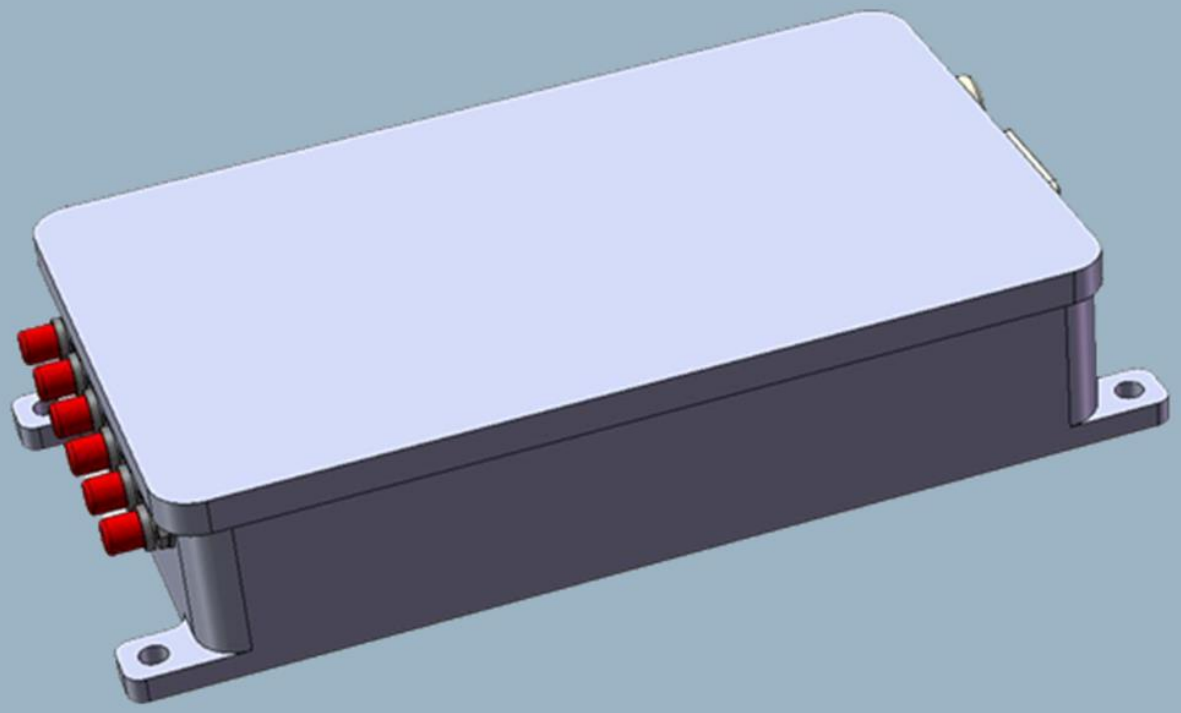
В процессе выполнения проектов разработаны и изготовлены составные части МБРЛС:

Передатчики Ка-диапазона



Габариты: 275x236x105
Вес: 5,1 кг

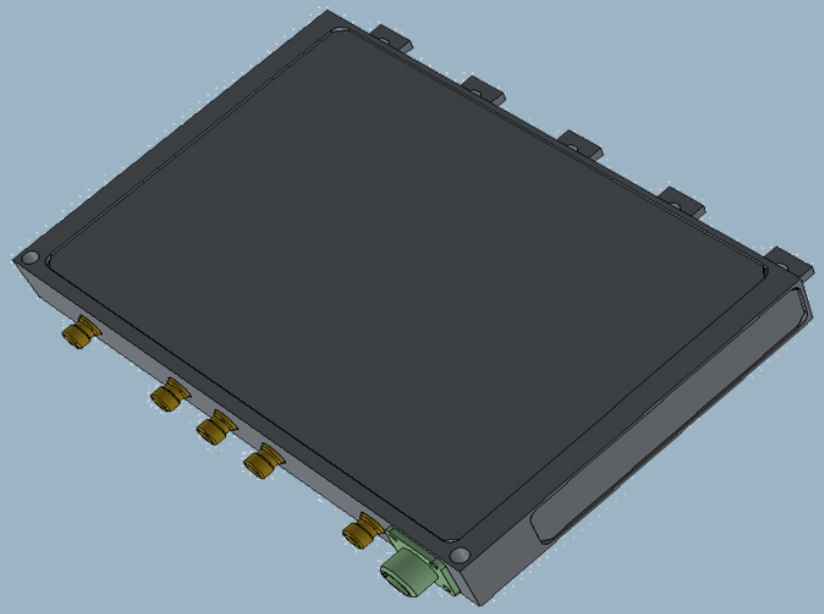
Цифровой приемник (модуль)

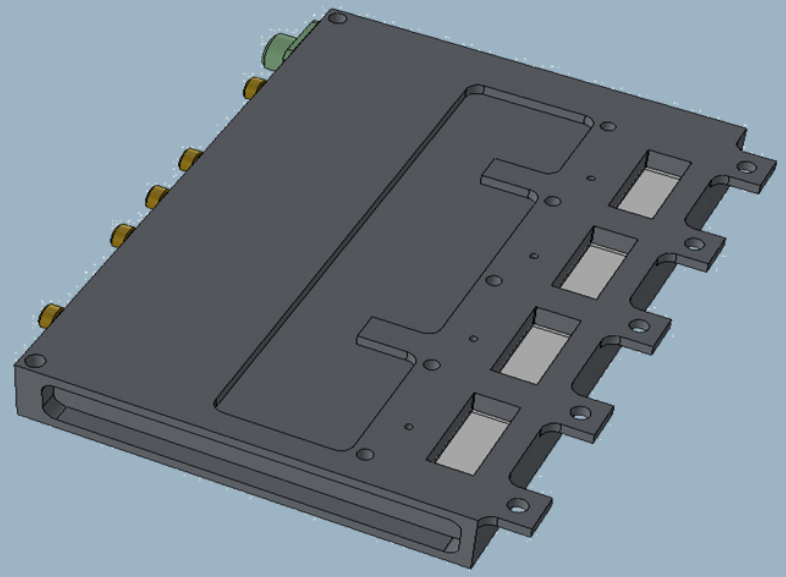


Цифровой приемник
Ка- диапазона

Габариты: 250x125x50
Вес: 1,3 кг

СВЧ конвертор





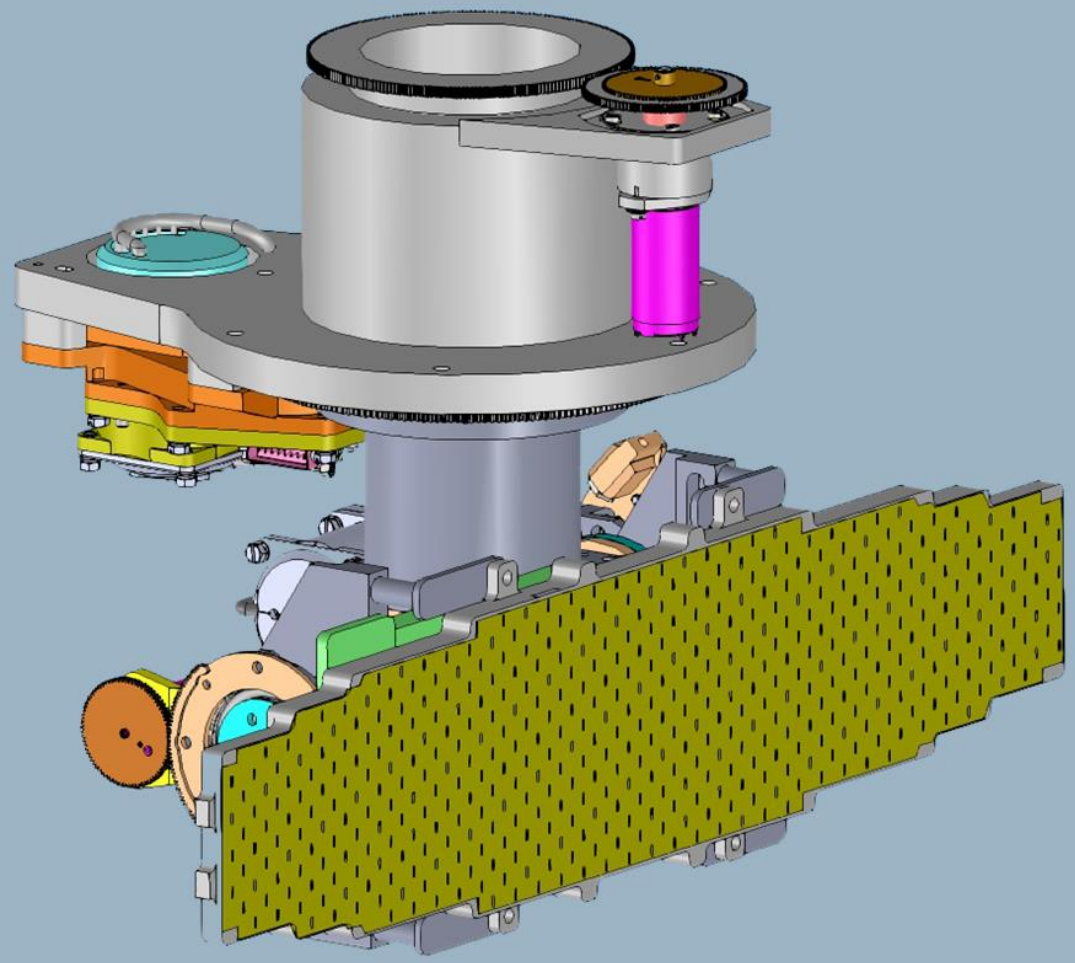
СВЧ конвертор
Ка- диапазона

Габариты: 100x100x15
Вес: 0,2 кг

Синтезатор частот (модуль)

Габариты: 300x182x45
Вес: 4,5 кг

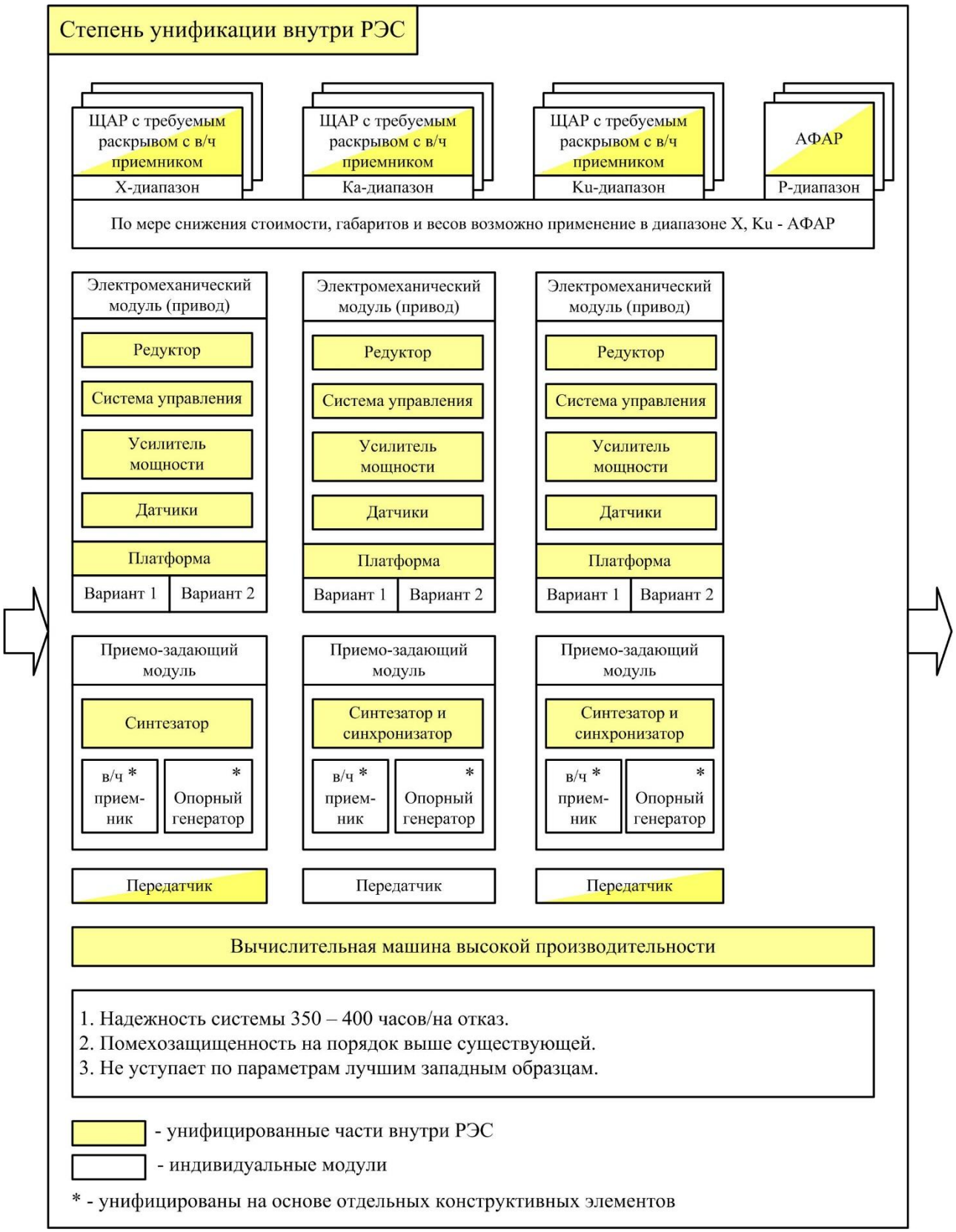
Подвес



Вес: 6,3 кг

БЦВМ на базе кристалла «Эльбрус»

Габариты: 275x225x105
Вес: 5,7 кг


Степень унификации внутри РЭС
ЩАР с требуемым раскрывом с в/ч приемником
X-диапазон
ЩАР с требуемым раскрывом с в/ч приемником
Ka-диапазон
ЩАР с требуемым раскрывом с в/ч приемником
Ku-диапазон
АФАР
P-диапазон
По мере снижения стоимости, габаритов и весов возможно применение в диапазоне X, Ku - АФАР
Электромеханический модуль (привод)
Редуктор
Система управления
Усилитель мощности
Датчики
Платформа
Вариант 1
Вариант 2
Электромеханический модуль (привод)
Редуктор
Система управления
Усилитель мощности
Датчики
Платформа
Вариант 1
Вариант 2
Электромеханический модуль (привод)
Редуктор
Система управления
Усилитель мощности
Датчики
Платформа
Вариант 1
Вариант 2
Приемо-задающий модуль
Синтезатор
в/ч * прием-ник
* Опорный генератор
Приемо-задающий модуль
Синтезатор и синхронизатор
в/ч * прием-ник
* Опорный генератор
Приемо-задающий модуль
Синтезатор и синхронизатор
в/ч * прием-ник
* Опорный генератор
Передатчик
Передатчик
Передатчик
Вычислительная машина высокой производительности
1. Надежность системы 350 – 400 часов/на отказ.
2. Помехозащищенность на порядок выше существующей.
3. Не уступает по параметрам лучшим западным образцам.
- унифицированные части внутри РЭС
- индивидуальные модули
* - унифицированы на основе отдельных конструктивных элементов

РЕЖИМЫ РАБОТЫ МБРЛС

Режимы картографирования предназначены для получения радиолокационных изображений участков земной или водной поверхности, по которым можно обнаруживать и измерять координаты радиолокационно-контрастных объектов.

Режимы селекции наземных (надводных) движущихся целей предназначены для обнаружения и оценки параметров движения целей, имеющих радиальные скорости перемещения.

Режим измерения дальности до Земли предназначен для определения наклонной дальности до наземного (надводного) объекта в соответствии с угловым целеуказанием,

Режимы МЕТЕО предназначены для оценки метеообстановки.

Режим информационного обеспечения маловысотного полета предназначен для обеспечения летчика оперативной информацией о наличии опасных наземных объектов на различных участках полета (включая посадку) в любое время суток в любых метеоусловиях, а также в условиях запыленности и задымленности атмосферы.

Режим определения параметров излучения (пассивный режим) предназначен для проведения анализа помеховой обстановки в пределах частотного диапазона МБРЛС.

ПОДГОТОВКА К ПРОИЗВОДСТВУ МБРЛС

В рамках проведения подготовки производства МБРЛС решены следующие задачи:

- создана кооперация специализированных предприятий, обладающих современными технологиями, позволяющими разработать и изготавливать составные части МБРЛС с заданными характеристиками;
- разработаны технологии и проведена их отработка при изготовлении первого образца МБРЛС по РКД, проведена отработка аппаратуры и ПО МБРЛС на СГК.

Завершение процесса организации высокотехнологичного производства, основанного на специализации и кооперации, позволяет обеспечить высокую технологичность изготовления, качество, надёжность, низкие затраты на изготовление, контроль, настройку и сдачу по ТУ МБРЛС.

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ МБРЛС В ПРОЦЕССЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

В основе модернизационной пригодности лежит открытая иерархическая модульная архитектура МБРЛС. Используя разработанные конструктивные модули МБРЛС, можно достаточно легко переконструировать МБРЛС с целью обеспечения переднебокового обзора и его размещения в нижней части фюзеляжа БЛА.

Дополнительные возможности совершенствования (модернизации) МБРЛС даёт использование цифровых методов обработки и передачи информации за счет применения перспективных технологий и элементной базы, а также более эффективных алгоритмов и программ.

За счет использования перспективной элементной базы могут быть существенно улучшены тактико-технические характеристики МБРЛС. Так, например, уже сегодня создан и применен в МБРЛС твердотельный модуль СВЧ-передатчика в сантиметровом диапазоне с импульсной мощностью 200 Вт и более. В 2017 г. создан СВЧ-передатчик в миллиметровом диапазоне с импульсной мощностью 200 Вт.

Использование современных технологий информационного обмена позволяет реализовать произвольную схему размещения МБРЛС практически на любом ЛА.

За счет использования новых физических принципов могут быть созданы малогабаритные высокоточные инерциальные датчики, которые необходимы для сверхвысокого разрешения при картографировании земной поверхности.

Разработка новых алгоритмов и программ, требующих для своей реализации достаточно высокой производительности, которая достижима в разработанной вычислительной системе, существенно расширяет функциональные возможности МБРЛС.

Модернизируемость ПО, а, следовательно, и МБРЛС в целом, проистекает из сущности ПО (точнее, его сопровождения), но предполагает использование открытой архитектуры ПО и подробной программной документации (ПД) в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 9294-93 и ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910/2002.

Результаты работы:

1. Разработано семейство малогабаритных многофункциональных бортовых радиолокационных систем различных диапазонов волн:
   - X-дипазона,
   - Ka-диапазона,
   - Ku-диапазона.

2. Разработаны составные части МБРЛС:
    - унифицированный антенный привод,
    - антенные системы X-, Ka-, Ku- диапазонов.
    - передающие устройства на основе твердотельной технологии X-, Ka-, Ku-диапазонов,
    - цифровые приемо-задающие устройства X -, Ka -, Ku- диапазонов,
    - унифицированная бортовая цифровая вычислительная машина, совмещенная с цифровым приемником,
3. Выпущены комплекты РКД на каждый вид МБРЛС.
4. Проведены предварительные испытания каждого вида МБРЛС. МБРЛС Ka-диапазона прошла межведомственные испытания с участием представителей ВП МО РФ.
5. РКД присвоена литера «О».
6. Радиолокационная система МБРЛС имеет хорошие модернизационные возможности, включая применение технологий ФАР и АФАР.
7. МБРЛС существенно (в 2-3 раза) ниже стоимость жизненного цикла изделия. Имеет высокую надежность, новые функциональные возможности и высокие тактико-технические характеристики.