

ОАО «РАДИОФИЗИКА» – ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ В РАДИОЛОКАЦИИ

*Денисенко В.В., Курикина В.А., Левитан Б.А., Радченко В.П.,
Толкачев А.А., Топчиев С.А., Шишлов А.В.*

31 декабря 2010 года исполнилось 50 лет ОАО «Радиофизика». За прошедшие годы предприятие превратилось из небольшого антенного КБ при заводе имени М.В. Хруничева в современную компанию, занимающуюся разработкой сложных радиотехнических систем локации и связи. В дни празднования Юбилея принято оглядываться на достигнутое, смотреть на современное положение дел, думать о будущем. Истории предприятия, его достижениям в области радиолокации и перспективам посвящен предлагаемый читателю раздел.

1. ИСТОРИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕГО РАЗРАБОТОК

Предыстория

Вторая половина 50-х годов двадцатого века – времена холодной войны и ожесточенного противостояния СССР и Запада. Страна тратила гигантские ресурсы на создание новых вооружений. В условиях угрозы применения в отношении Советского Союза ракетно-ядерного оружия одними из ключевых стали вопросы создания противовоздушной обороны (ПВО), противоракетной обороны (ПРО), системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН) и системы контроля космического пространства (СККП).

КБ-1 (впоследствии ЦКБ «Алмаз»), возглавляемое Расплетиным А.А., было головным предприятием по системам ПВО и ПРО и к 1960 году уже добилось значительных успехов. В 1955 году была принята на вооружение система ПВО Москвы С-25. В 1958 году в войска поступили мобильные комплексы ПВО С-75. Они размещались вблизи участков границы, где авиация США нарушала нашу государственную границу, и около важных объектов на территории страны. В 1960 году комплексом С-75 над Уралом был сбит американский самолет-разведчик U-2. К 1960 году появились другие, «дальнобойные» модификации комплекса С-75, а также комплексы С-125, способные поражать низколетящие цели. Все указанные комплексы имели дальность действия несколько десятков километров.



***Расплетин А.А.
Генеральный конструктор,
создатель системы ПВО
г. Москвы, Герой
Социалистического Труда,
академик АН СССР***

В 1958 году в КБ-1 были начаты работы по созданию системы С-200, предназначенной для поражения целей на дальностях до нескольких сотен километров. Для решения этой задачи потребовалось существенно повысить потенциал радиолокационных станций (РЛС), в частности, за счет антенн, имеющих большую направленность по сравнению с антеннами предшествующих систем.

С 1955 года в КБ-1 под руководством Главного конструктора Кисунько Г.В. началась разработка системы ПРО. Особая сложность её создания состояла в том, что баллистические цели, в отличие от воздушных, имеют малые ЭПР (эффективные поверхности рассеяния) и существенно большие скорости (до 7 км/с). Поэтому радиолокатор ПРО должен иметь по сравнению с РЛС ПВО на порядки большие энергетические возможности. В 1955 году были развернуты работы по созданию экспериментальной РЛС РЭ-1 для наблюдения баллистических целей и измерения эффективных поверхностей рассеяния головных частей и других элементов баллистических ракет (БР) в реальных условиях. Локатор был установлен на полигоне Сары-Шаган у озера Балхаш. Позднее модифицированный вариант этой РЛС – РЭ-3 был установлен на полигоне Кура на Камчатке для радиолокационных наблюдений за баллистическими ракетами большой дальности.

Одновременно с экспериментальными работами по радиолокационным наблюдениям баллистических ракет и измерениям ЭПР головок баллистических ракет была начата разработка экспериментальной системы ПРО (система «А»). Она была создана и развернута на полигоне Сары-Шаган в очень короткие сроки. Уже в марте 1961 года была поражена осколочным зарядом головная часть баллистической ракеты 8К63, запущенной с полигона Капустин Яр. (В США аналогичные работы были проведены только через 20 лет). Продолжение разработок было нацелено на создание ПРО Москвы, предназначенной для защиты от налета баллистических ракет. Ввиду необходимости работы с большим количеством быстро движущихся баллистических целей одной из самых принципиальных стала задача создания больших антенн с электрическим сканированием луча – фазированных антенных решеток (ФАР).



***Кисунько Г.В.
Генеральный конструктор
противоракетной обороны,
создатель первой в мире
экспериментальной системы ПРО -
системы «А» и первой боевой
системы ПРО «А-35», Герой
Социалистического Труда, член-
корреспондент академии наук
СССР***

С этой целью в 1965 году в коллективе Кисунько была начата разработка многоканального стрельбового комплекса «Аргунь» для перспективной системы ПРО. В состав комплекса входила радиолокационная станция канала цели с полноповоротной ФАР, аналогичная ей РЛС канала противоракеты с меньшей энергетикой, стартовая позиция с противоракетами. Средства комплекса управлялись командно-вычислительным пунктом. Опытный образец комплекса был создан, развёрнут, а средства его испытаны на полигоне Сары-Шаган.

Позднее, когда было принято решение о создании подмосковной системы ПРО на базе РЛС «Дон-2Н» с неподвижной ФАР с четырьмя гранями, станция канала цели была преобразована вместе с командно-вычислительным пунктом в измерительный комплекс «Аргунь-И». Станция канала противоракеты законсервирована, а стартовая позиция уничтожена. На базе конструкций антенны станции канала противоракеты в конце девятого десятилетия

прошлого века была создана РЛС миллиметрового диапазона «Руза», которая совместно со средствами комплекса «Аргунь-И» образовала двухдиапазонный радиолокационный комплекс. На этих средствах был выполнен большой объём экспериментальных работ.

С 1961 года под руководством Расплетина А.А. в КБ-1 была начата разработка средств системы ПРО С-225 для защиты стратегических объектов от одиночных баллистических ракет. Образец станции этой системы также был развёрнут на полигоне Сары-Шаган и принимал участие в ряде исследовательских работ. Модифицированный вариант этой РЛС был установлен на Камчатке, где заменил выработавшую свой ресурс и морально устаревшую одноканальную РЛС «РЭ-3».

Таким образом, после 1960 года СССР уже имел фундаментальные достижения в создании систем ПВО и ПРО, и на повестке дня были разработки систем нового поколения, работающих в высокочастотных диапазонах радиоволн, имеющих мощные передатчики и большие ФАР. Острословы формулировали этот вывод так: победит тот, у кого больше гигагерц, киловатт, квадратных метров и фазовращателей, – хотя и не во всем точная, но

яркая и запоминающаяся формулировка. Так вот, для РЛС ПРО и СПРН киловатты обернулись мегаваттами, квадратные метры поверхностей антенн разрослись до гектаров, а необходимое количество излучателей с фазовращателями выросло до тысяч и даже десятков тысяч. В реальности эффективные системы ПВО стали сложными и дорогими, а системы ПРО и СПРН – чрезвычайно сложными и требующими затрат, составляющих заметную долю государственного бюджета.

Антенное КБ

Для создания упомянутых радиосистем и, в особенности, больших антенн для них, потребовалось организовать в масштабах страны антенную промышленность – кооперацию многих десятков предприятий различных министерств и ведомств. Во главе этого направления и было поставлено созданное в 1960 году наше предприятие, возглавленное молодым, энергичным, талантливым, имеющим отличное физтеховское образование Бубновым Г.Г.



***Бубнов Г.Г.
основатель и первый директор
КБРП и НИИРФ, доктор
технических наук, профессор***

Как показала жизнь, этот человек и руководимый им коллектив справились с возложенными на них задачами: в последующие годы в СССР была сформирована кооперация, обеспечивающая замкнутый цикл проектирования, изготовления и испытаний таких антенн. А сам Бубнов фактически стал основателем школы проектирования больших антенн, техническим руководителем и главным конструктором большого числа разработок.

Разделение труда было таким: идеологами, отвечающими за разработку систем, включая принципиальные вопросы создания антенн, были головные предприятия Министерства радиопромышленности: КБ-1, Радиотехнический институт (РТИ), НИИ дальней радиосвязи (НИИДАР), НИИ радиоприборостроения (НИИРП), Московский НИИ приборостроения (МНИИП) и другие, а КБРП занималось конструированием антенн, организацией их изготовления на заводах, монтажа и испытаний на объектах. В известной степени это была «черная», но крайне важная, ответственная и непростая работа. В КБРП сложилось сильное конструкторское подразделение, которое

занималось разработкой документации, сопровождением производства и монтажа. В те годы ближайшими соратниками Бубнова были конструкторы, технологи, производственники, монтажники, испытатели. Среди них было много талантливых людей. Конечно же, именно благодаря их деятельности сформировалось и стало значимым наше предприятие. И то, что коллективом руководил человек, имевший, наряду с прочими достоинствами, ясные физические представления о разрабатываемых системах, играло ключевую роль для успешного выполнения работ.

Вначале КБ располагалось на территории завода имени Хруничева в Филях, затем на Тушинском машиностроительном заводе, а с 1964 года предприятие получило собственную территорию с ангаром и другими зданиями в Тушино, которые принадлежали ранее КБ Миля. В 1966 году было заложено новое здание на улице Героев Панфиловцев, в которое КБ было переведено в 1975 году. Впоследствии рядом с основным зданием были построены производственные корпуса и большая безэховая камера.

В первые годы существования КБРП были организованы филиалы в Казани, Гомеле и Сызрани, а также установлены кооперативные связи с рядом заводов-изготовителей аппаратуры и, прежде всего, с созданным по инициативе Бубнова Гомельским радиотехническим заводом. Завод в Гомеле сначала именовался завод металлоконструкций «Луч», затем переименовался в Гомельский радиозавод (ГРЗ) им. 60-летия СССР. Выпускать продукцию завод начал в 1969 г. В 1972 г. на заводе был создан филиал КБРП из отдела Главного конструктора и группы специалистов из Казани и выпускников МФТИ, который получил название Гомельское конструкторское бюро «Луч» (ГКБ «Луч»).

В 1986 году был создан филиал предприятия в Чистополе.

Сейчас, в начале XXI века, стало модным говорить об инновационных проектах, технопарках, предназначенных для создания новой наукоемкой продукции на основе научных разработок. Так вот, Бубнов создал кооперацию предприятий, которая занималась точно тем же самым в области антенн для больших РЛС много лет назад, потому что так делалось всегда при решении задач, имеющих государственное значение, и иначе такие задачи решать невозможно.

НИИ радиофизики

В 1970 году в Министерстве радиопромышленности было создано головное по системам ракетно-космической обороны (РКО) Центральное научно-производственное объединение (ЦНПО) «Вымпел». В него вошли Научно-тематический технологический центр (НТТЦ) – головная организация, НИИРП, РТИ, НИИДАР, НИИ вычислительных

комплексов, КБРП и ряд других предприятий. Силами ЦНПО и предприятий кооперации были созданы многие системы РКО. КБРП активно участвовало в создании многих из них.

Одновременно с классическими вариантами систем ПРО со временем стали возникать различные неординарные варианты решения проблемы ПРО, вызывавшиеся к жизни быстрым усложнением задачи обороны, связанным, прежде всего, с совершенствованием средств радиотехнической защиты баллистических ракет.

В 1980 году в КБРП из НИИРП были переданы работы по мощной СВЧ-энергетике, у истоков которой стояли Авраменко Р.Ф. и Ботавин В.П., а также переведен занимающийся этой тематикой коллектив во главе с Ушаковым О.А. Этим работам, нацеленным в перспективе на поражение боевых блоков БР, в те годы придавалось очень большое значение. Они проводились под жестким контролем Минрадиопрома. В них участвовали институты Академии наук. Физические исследования выполнялись под научным руководством академика Прохорова А.М. Еще в НИИРП в рамках выполнения этих работ была создана экспериментальная установка ТОР-1 для фокусировки мощного СВЧ – излучения в вакуумную камеру. Излучение фокусировалось решеткой, подключенной к многоканальному передатчику. Эту решетку разработали в антенном отделе КБРП.

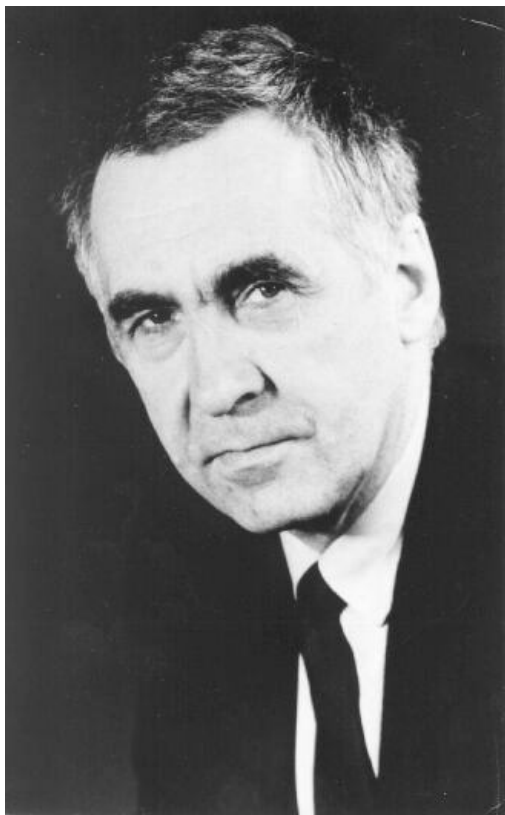
В течение года новое тематическое отделение осваивалось на предприятии, вовлекая в деятельность по СВЧ-энергетике всё больше сотрудников. В августе 1981 года КБРП было преобразовано в отраслевой НИИ радиофизики (НИИРФ), который был определен головным предприятием по СВЧ-энергетике. В НИИРФ были организованы крупные научно-исследовательские отделения: тематическое, конструкторское, отраслевое и ряд других. В течение нескольких лет институт разработал эскизный проект на экспериментальный комплекс с модульной ФАР для излучения управляемых пучков СВЧ-энергии и создал опытный образец антенной секции для этого комплекса. Также был создан опытный образец приемной выпрямительной антенны (ректенны) для перспективной линии передачи СВЧ-энергии. Ректенна обеспечивала прием и преобразование энергии электромагнитных волн в энергию электрического тока с КПД более 85 %.

В СССР с началом периода перестройки отношение к работам по СВЧ – энергетике стало более критичным. На заседании совета у Генерального конструктора ПРО Басистова А.Г. они были подвергнуты критике академиком Харитоновым Ю.Б. и рядом других видных специалистов как неэффективные и весьма затратные проекты. Вскоре из-за недостатка финансирования эти работы были значительно ограничены. Однако технические решения и аппаратура ФАР, разработанные для данной системы, впоследствии были успешно применены в других системах.

Другая тематика, развившаяся под руководством Ушакова О.А. – радиолокация миллиметрового диапазона длин волн (ММДВ). В частности, была предпринята попытка приступить к созданию космической локационной станции миллиметрового диапазона для систем предупреждения о ракетном нападении. В рамках этой работы был создан космический радиометр диапазона 55-65 ГГц.

НИИРФ - головной институт по радиолокации миллиметрового диапазона

В 1986 году, после кончины Бубнова, по решению руководства Минрадиопрома тематика, связанная с СВЧ-энергетикой, была передана в Московский радиотехнический институт. Туда же перевели коллектив тематиков во главе с Ушаковым.



***Толкачев А.А.
Главный конструктор,
доктор технических наук***

В НИИРФ был переведён большой коллектив сотрудников НИИРП – около 300 человек во главе с Толкачёвым А.А., назначенным Главным конструктором и научно-техническим руководителем НИИРФ.

Коллектив А.А. Толкачева, состоявший из организаторов разработки – тематиков и разработчиков аппаратуры – отраслевиков, прошел большой путь: разработка установок РЭ, средств системы «А», одной из первых больших РЛС с ФАР «Истра» и, наконец, первой в мире большой РЛС с ФАР ММДВ, разработка и испытания которой были завершены уже в рамках НИИРФ. Эта последняя работа, выполненная с использованием задела НИИРФ в области миллиметрового диапазона радиоволн, в значительной мере повлияла на преобразование НИИРФ в головной институт Минрадиопрома по миллиметровой радиолокации.

Директором НИИРФ стал Петросов В.В

Сформировавшиеся при Бубнове коллектив и институт уже были готовы к тем существенным изменениям, которые произошли в НИИРФ после его ухода из жизни. Основной работой в этот период было завершение изготовления и ввод в строй первой в истории радиолокации мощной экспериментальной РЛС миллиметрового диапазона волн с фазированной антенной решёткой «Руза». Готовый к большим самостоятельным работам

коллектив НИИРФ подхватил эту разработку на очень ответственном этапе и успешно довёл её до конца.

В 1989 году станция была введена в строй на полигоне Сары-Шаган, успешно прошла конструкторские испытания и стала первой в мире мощной РЛС ММДВ с ФАР и передающим устройством, созданным на базе гироприборов. Таким образом, благодаря проведенной совместной разработке РЛС «Руза» предприятие превратилось в системный институт.

Одновременно с работами по РЛС «Руза» были начаты разработки РЛС ММДВ «Самара» и «Угра» для стрельбовых комплексов с электронным сканированием в широком секторе углов и многоканальными передатчиками на основе ЛБВ и клистронов.

Главным конструктором была предложена концепция создания разных РЛС ММДВ из унифицированных приемо-передающих фазированных антенных модулей (ППФАМ). Унифицированный ППФАМ состоял из антенного модуля с отражательной ФАР, передатчика, приемника и аппаратуры управления. В результате работ, проведенных в 1987-1992 годах, был создан и испытан опытный образец ППФАМ. В 1992-1993 годах из-за отсутствия финансирования работы по созданию РЛС ММДВ на предприятии были надолго прекращены.

Победа в борьбе за выживание

В 1990 – 1992 годах ситуация в стране кардинально изменилась. Изменилась и сама страна. В это время предприятия оборонного комплекса перестали финансироваться в достаточной степени, многие проекты были закрыты, произошел существенный отток кадров. Появились кооперативы, другие «ниши» нарождающегося капитализма, куда, в надежде на лучшее будущее, активно устремились как сотрудники предприятий, так и выпускники вузов. В 1991-2000 годах из института ушли многие работники, и его численность сократилась с двух до одной тысячи человек (примечательно, что большая часть наиболее ценных специалистов осталась). Фактически прекратились работы по государственным заказам. Закрылись объекты НИИРФ на полигоне Сары-Шаган. Новые коммерческие работы были малобюджетны и рассчитаны на участие небольших, часто не связанных между собой коллективов подразделений института.



Петросов В.В.
– Генеральный директор
предприятия в 1986 - 2006 г.г.

Основной задачей предприятия стало сохранение технологического задела: коллектива, оборудования и материальных активов, в надежде на то, что смутные времена пройдут, и возможности предприятия будут востребованы. В решение этой непростой задачи значительный вклад внёс Генеральный директор Петросов В.В. В 1993 году НИИРФ был преобразован в открытое акционерное общество «Радиофизика». Предприятие стало усиленно искать новые направления, где можно было заработать и поддержать, таким образом, коллектив.

В это время на предприятии начались работы по созданию систем спутниковой связи. Это, новое для ОАО «Радиофизика», направление развивалось по пути создания станций спутниковой и радиорелейной связи, разработки и внедрения сетей фиксированной связи. Были созданы наземные станции спутниковой связи, работающие в диапазонах частот 4/6 ГГц и 11/14 ГГц. Несмотря на то, что это направление в СССР традиционно развивалось усилиями предприятий Министерства связи и Министерства промышленности средств связи, ОАО «Радиофизика» сумело достаточно быстро войти в этот рынок и занять достойное место.

Для станций спутниковой связи были разработаны антенны с размерами зеркал от 0,6 м до 7 м. В том числе были созданы облучающие устройства антенн с поляризационным уплотнением и низкими уровнями кроссполяризационного излучения, приемо-передающая аппаратура и другое оборудование земных станций спутниковой связи.

В 1994 году в ОАО «Радиофизика» по заказу ГКНПЦ им. М.В.Хруничева были начаты работы по созданию аппаратуры ретрансляторов стартовых комплексов космодромов для коммерческих запусков космических аппаратов систем связи. Аппаратура первого ретрансляционного комплекса Ku-диапазона была создана, установлена и испытана на полигоне Байконур в 1995 году при запуске спутника «Астра». Впоследствии, ретрансляционный комплекс наращивался для работы в диапазонах частот от 1 до 30 ГГц. Аналогичный по назначению комплекс был создан на космодроме «Плесецк». За прошедшие годы разработанная аппаратура была применена при запусках нескольких десятков спутников ретрансляторов.

После 1993 года ОАО «Радиофизика» и его малые дочерние предприятия стали активно сотрудничать с зарубежными партнерами и выполнили большой объем работ по контрактам с организациями разных стран. В частности, в 1996 –1998 гг. совместно с Институтом электроники и связи (ETRI, Республика Корея) был разработан мобильный терминал для приема телевидения с геостационарного спутника на транспортных средствах. Основным элементом терминала является антенна на основе активной ФАР, установленной на вращающейся платформе. Система обеспечивает как прием телевизионных сигналов, так и слежение за спутником при движении транспортного средства. В развитие этого направления в 2000 – 2005 гг. были созданы модификации антенн для систем подвижной спутниковой связи и доступа в интернет на транспортных средствах.

В эти же годы совместно с Исследовательским институтом Технического университета штата Джорджия (GTRI) был разработан концептуальный проект ФАР аэродромного локатора и изготовлен макет излучающей структуры такой ФАР.

В 2001 – 2004 гг., также совместно с ETRI, были разработаны образцы многолучевых активных ФАР с цифровым диаграммоформированием для различных систем связи, позволяющие повысить эффективность этих систем, в том числе, увеличить количество пользователей за счет большей помехозащищенности и гибкого перераспределения энергетических ресурсов системы.

Еще одно направление, получившее развитие на предприятии, – цифровые устройства управления и обработки сигналов. Использование цифровых устройств позволяет существенно повысить возможности РЛС различного назначения, а также создавать принципиально новые "цифровые" РЛС. Неотъемлемой частью этих устройств является программно-алгоритмическое обеспечение (ПАО), которое решает целый ряд разнообразных задач контроля и управления аппаратурой РЛС, формирования и обработки сигналов, обнаружения и сопровождения объектов, отображения информации и передачи ее периферийным устройствам. Одним из первых устройств такого рода был радар-процессор для морских обзорных РЛС, созданный в 1997 году. Он успешно прошел испытания в натуральных условиях в составе различных отечественных и зарубежных РЛС. На его основе был разработан унифицированный ряд радар-процессоров коммерческого и специального назначений. Впоследствии на предприятии были разработаны устройства формирования и обработки сверхширокополосных сигналов, в том числе сигналов с линейной и нелинейной частотной модуляцией, многоканальные устройства для управления фазированными антенными решетками, устройства отображения радиолокационной информации, в том числе построения радиопортретов со сложной геометрией.

В период с 2000 по 2010 год предприятие возобновило работы по заказам оборонного назначения, связанным с основной тематикой – созданием радиолокаторов с большими ФАР. С 2005 года предприятие возглавил Б.А. Левитан. В 2000 – 2004 гг. предприятие разработало многофункциональный радиолокатор миллиметрового диапазона для комплекса ПВО малой дальности. РЛС предназначена для сопровождения цели и зенитной управляемой ракеты, измерения их координат с высокой точностью и передачу команд на борт. Станция имеет высокую помехозащищенность. При создании этой РЛС в значительной степени был использован задел предприятия 10-20-летней давности по созданию миллиметровых РЛС, в частности, опыт создания отражательных ФАР с широкоугольным сканированием. Однако разработанные для этой РЛС приемные и передающие устройства на новой элементной базе и, в особенности, цифровые устройства формирования и обработки сигналов, а также адаптивного управления аппаратурой станции, позволяют говорить о том, что это станция нового поколения. В настоящее время преимущества миллиметрового диапазона осознаны многими заказчиками, поэтому на предприятии разрабатываются новые модификации таких РЛС с еще большим сектором электрического сканирования, улучшенными характеристиками по точности и помехозащищенности.



Левитан Б.А. – Генеральный директор предприятия с 2005 г..

В 2003 – 2007 гг. на предприятии разработана аппаратура мобильной станции с активной фазированной антенной решеткой (АФАР) для правительственной системы

спутниковой связи. Освоение технологий твердотельных АФАР стало важной вехой в развитии предприятия и повысило его потенциал в создании перспективных радиосистем.

Крупные разработки – хорошая основа для дальнейшего развития, роста технологических и производственных возможностей, повышения квалификации работников, пополнения коллектива молодыми кадрами и создания новых образцов техники, нужной стране.

Рассмотрим основные работы, выполненные предприятием за истекшие полвека (*).

2. КОНСТРУИРОВАНИЕ АНТЕНН ДЛЯ РЛС

В первые десятилетия своего существования КБРП выполняло работы по конструированию антенн для радиосистем, разрабатываемых другими организациями. В частности, были выполнены разработки в интересах Главных конструкторов: Расплетина А.А., Бункина И.А., Кисунько Г.В., Кузьминского Ф.А., Слоки В.К., Сосульникова В.П., Басистова А.Г., Бруханского Б.В., Бурлакова Ю.Г., Иванцова В.М., Архарова М.А., Челомея В.Н. и ряда других.

В 50-е – начале 60-х годов еще не были разработаны фазовращатели для антенных решеток с электрическим сканированием, поэтому для обзора пространства в РЛС использовались либо зеркальные антенны с электромеханическими сканерами, либо волноводно-щелевые решетки с частотным сканированием, либо многолучевые антенны с волноводными диаграммоформирователями. Всё это – сложные крупногабаритные механические СВЧ-устройства, требующие высокой точности изготовления. Для их создания были привлечены заводы авиационной промышленности, имеющие опыт создания крупногабаритных прецизионных конструкций.

В 60-е годы были разработаны ферритовые и полупроводниковые фазовращатели, что позволило перейти к созданию РЛС с фазированными антенными решетками. Создание полупроводниковых малощумящих усилителей СВЧ и компактных СВЧ-усилителей мощности на вакуумных приборах открыло возможности создания высокопотенциальных РЛС с активными ФАР. В это время в радиопромышленности были построены заводы для создания таких систем. Одним из них был Гомельский радиозавод, созданный в значительной степени благодаря инициативе и усилиям Г.Г. Бубнова.

Указанные достижения и тенденции иллюстрируются приведенными ниже примерами антенных систем, конструированием и сопровождением которых занималось КБРП в течение трех десятилетий.

(*). Более подробное изложение истории предприятия и описываемых здесь разработок можно найти в книге «Технологии радиолокации» под редакцией А.А. Толкачева, М. «Вече», 2010 г.

Антенны радиолокатора комплекса ПВО С-75

Главная организация – КБ-1. Главный конструктор – А.А. Расплетин. Разработчик антенн – КБ-1. Представитель Главного конструктора на заводах-изготовителях антенн – Бубнов Г.Г. При освоении антенн комплекса С-75 на Московском машиностроительном заводе в Филях было создано СКБ-38 (директор - Бубнов Г.Г.).

Мобильный комплекс ПВО С-75 был создан в 1957 году. Он позволял обнаруживать и поражать цели на расстояниях в несколько десятков километров. В радиолокаторе наведения применены несколько зеркальных антенн, среди них две антенны с цилиндрическими рефлекторами и линейными облучателями, содержащими металловоздушные линзы (МВЛ) и электромеханические сканеры. Эти антенны обеспечивали формирование сканирующих веерных лучей.



Радиолокатор комплекса С-75

Антенны представляли собой весьма непростые устройства. Их описание можно найти в книге [1]. Сложность конструкции и профилей МВЛ, а также жесткие требования на допуски предопределили необходимость изготовления таких устройств на авиационных заводах, имеющих опыт изготовления формованных листовых профилей для самолетов. Антенны изготавливались на Московском машиностроительном заводе в Филях (впоследствии ММЗ им. М.В. Хруничева) и на Горьковском авиационном заводе имени Серго Орджоникидзе.

В последующие годы было разработано несколько модификаций комплекса С-75. СКБ-38 (впоследствии КБРП) занималось разработкой РКД на антенны этих комплексов и сопровождением их в производстве на заводах-изготовителях.

Антенны радиолокатора подсвета целей системы ПВО С-200.

Головная организация – КБ-1. Главный конструктор – А.А. Расплетин. Разработчик антенн – КБ-1. Разработчик РКД на антенны – СКБ-38, КБ Горьковского машиностроительного завода.

Система С-200 создавалась в 1958 – 1962 г.г. для обнаружения и поражения целей на расстояниях до нескольких сотен километров.



Радиолокатор системы С-200

Антенная система представляет собой сборку, состоящую из приемной и передающей зеркальных антенн, размещенных на крыше КУНГа с аппаратурой станции. Конструкция обеспечивает перенацеливание антенн по азимуту и углу места. Узкий карандашный луч передающей антенны формируется зеркалом диаметром около 5 м.

Приемная антенна с зеркалом диаметром около 3 м имеет моноимпульсный облучатель, формирующий суммарно-разностную диаграмму, обеспечивающую измерение угловых координат цели. Между антеннами установлен экран для увеличения развязки. Использование в С-200 остронаправленных антенн с карандашными лучами вместо антенн с веерными лучами систем С-75 и С-125 стало одним из важных факторов, позволивших существенно повысить потенциал локатора, дальность действия и помехозащищенность системы.

С участием конструкторов и технологов СКБ-38 на заводах было освоено серийное изготовление больших параболических рефлекторов с допусками не более ± 0.5 мм. В короткие сроки были разработаны технологии изготовления и пайки сложных волноводных узлов фидерных трактов и облучателей с допусками около 0.1 мм.

1961 году аппаратура радиолокатора была отправлена на полигон в Сары-Шагане, а уже в марте 1962 года там были успешно проведены автономные испытания. Разработка зенитной ракеты шла трудно, поэтому испытания системы С-200 были завершены лишь в 1966 году. В начале 1967 года система С-200 была принята на вооружение.

Это была последняя система ПВО, созданная под непосредственным руководством Расплетина А.А.. Он ушел из жизни в 1967 году. Однако сотрудничество коллектива Бубнова Г.Г. с «альма-матер» - ЦКБ «Алмаз» - продолжается и в настоящее время.

Антенна радиолокатора низковысотного обнаружителя системы С-300П.



***Низковысотный
обнаружитель
комплекса С-300***

Головная организация - ЦКБ «Алмаз». Генеральный конструктор - Бункин Б.В. Предприятие-разработчик радиолокатора низковысотного обнаружителя (НВО) – КБ Лианозовского электромеханического завода. Главный конструктор - Шульман Л.И. Разработчик РКД на антенны радиолокатора – КБРП.

Радиолокатор создавался для системы ПВО С-300П. В НВО применена зеркальная антенна с многоэлементным облучателем, формирующая узкую диаграмму направленности (ДН) в азимутальной плоскости и веерную ДН в угломестной плоскости.

Антенна установлена на мачте высотой около 30 метров. Конструкция позволяет быстро разворачивать антенну из транспортного положения в боевое за время около 8 минут. Антенна, а также приборный контейнер с передатчиком, приемником, системой жидкостного охлаждения, и другой аппаратурой вращаются по азимуту со скоростью до 20 об/мин и по углу места от 0° до 90° как в рабочем положении, так и во время подъема вышки.

Кроме того, после развертывания устройства в рабочее положение необходима, в зависимости от рельефа местности и других обстоятельств, корректировка ориентации устройства по углу места с точностью около 5 угловых секунд! Разработка конструкции выполнена с учетом ряда жестких противоречивых требований, таких как компактность в транспортном положении при больших размерах в развернутом положении, малая масса, живучесть в условиях воздействия ядерного взрыва. Последнее требование было выполнено за счет установки в нескольких узлах антенны механических демпферов для гашения ударной волны.

В 1984 году комплекс был принят на вооружение, и началось его серийное производство.

Антенна РЛС наведения системы С-225 , «Азов»

Головная организация – КБ -1. Генеральный конструктор – Расплетин А.А, после его смерти в 1967 г. - Бункин Б.В. Разработчик стрельбового комплекса – СБ-32 (руководители Брахман Т.Р., затем – Капустян К.К). Разработка антенны – КБ-1. Разработка РКД, сопровождение изготовления и монтажа антенн - КБРП.

Эта РЛС разрабатывалась для системы локальной ПРО, т.е. для защиты отдельных объектов от ракетного удара.



Антенна системы С-225

Первый опытный образец комплекса С-225 назывался «Азов» и был установлен на Балхашском полигоне в 1971 году. Антенна РЛС наведения состояла из передающей зеркальной антенны с многоэлементным облучателем и приемной ФАР в контейнерном исполнении, установленных на общем азимутально-угломестном поворотном устройстве. С помощью РСН-225 осуществлялись проводки баллистических ракет.

Во втором образце РЛС антенна была выполнена на основе приемной и передающей ФАР в контейнерном исполнении. Приемная ФАР имела сектор электрического сканирования $\pm 60^\circ$. Она состояла из центральной части с эквидистантной решеткой вибраторных излучателей и периферийной части с решеткой неэквидистантно расположенных печатных полосковых излучателей. Такая конструкция позволила снизить уровень бокового излучения. Эти излучатели были разработаны в антенном отделе КБРП. Передающая ФАР имела сектор электронного сканирования $\pm 20^\circ$.

Это была одна из первых высокопотенциальных РЛС с большой ФАР на опорно-поворотном устройстве, в которой электрическое сканирование луча комбинировалось с механическим поворотом всей антенны. Сложность конструирования заключалась в необходимости рационального размещения большого объема аппаратуры ФАР, а также расположенных в кабине поворотной части приемников, передатчиков, систем электропитания и охлаждения для обеспечения их нормального функционирования и равномерного распределения нагрузок на раму кабины и узлы опорно-поворотного устройства. Полученный в результате разработки и эксплуатации опыт оказался весьма полезным в дальнейших разработках аналогичных систем с крупноапертурными поворотными ФАР.

В 1975 году РЛС была смонтирована на полигоне Кура на Камчатке, сдана в эксплуатацию и в течение многих лет используется для проводки баллистических целей.

Приемная антенна РЛС «Дунай-3»

Головная организация– НИИДАР. Главный конструктор – В.П. Сосульников. Разработка антенн – НИИДАР. Разработка РКД на приемную антенну, сопровождение производства и монтажа – КБРП.

Эта высокопотенциальная РЛС дециметрового диапазона была создана в период с 1962 по 1965 г.г. как составная часть системы ПРО Москвы. Одной из её главных особенностей являются весьма большие размеры антенной системы, которая представляет собой комплекс из двух разнесенных антенн: передающей и приемной. В КБРП разрабатывалась РКД на приемную антенну. Она была собрана из 200 волноводно-щелевых линеек с замедляющей структурой, выходы которых подключены к диаграммоформирующей матрице в виде плоской пластинчатой линзы размерами 100м×100м, формирующей 135 лучей. Габариты приемного антенного полотна по длине и высоте около 100м. Сканирование в азимутальной плоскости - частотное. В угломестной плоскости с помощью матрицы формируется веер приемных лучей. Сектор обзора антенны -около 50°×50°.



Приемная позиция РЛС «Дунай-3» в Кубинке

Одна из основных проблем создания излучающей структуры и линзы была связана с их значительными габаритами при весьма жестких допусках на размеры различных элементов конструкции, не превосходящих десятых и даже сотых долей миллиметра! Для изготовления составных частей антенн на Казанском авиационном заводе был построен специальный цех, изготовлена уникальная оснастка, создано автоматизированное оборудование с термостатированием изготавливаемых изделий. Несмотря на жесточайшую технологическую дисциплину, волноводные линейки, изготовленные в разное время, ввиду сезонных изменений температуры имели различные характеристики, поэтому в конструкцию антенны пришлось вводить настроечные элементы в виде отрезков коаксиальных линий и фазировать антенное полотно на объекте монтажа.

Испытания антенн проводились как методом облета, так и путем приема сигналов от источников внеземного излучения. Для облетов был использован вертолет, на борту которого размещалась передающая аппаратура с излучателем, направленным на испытываемую антенну, то есть, была создана своеобразная «летающая» лаборатория. В создании измерительной аппаратуры принимало участие КБРП.

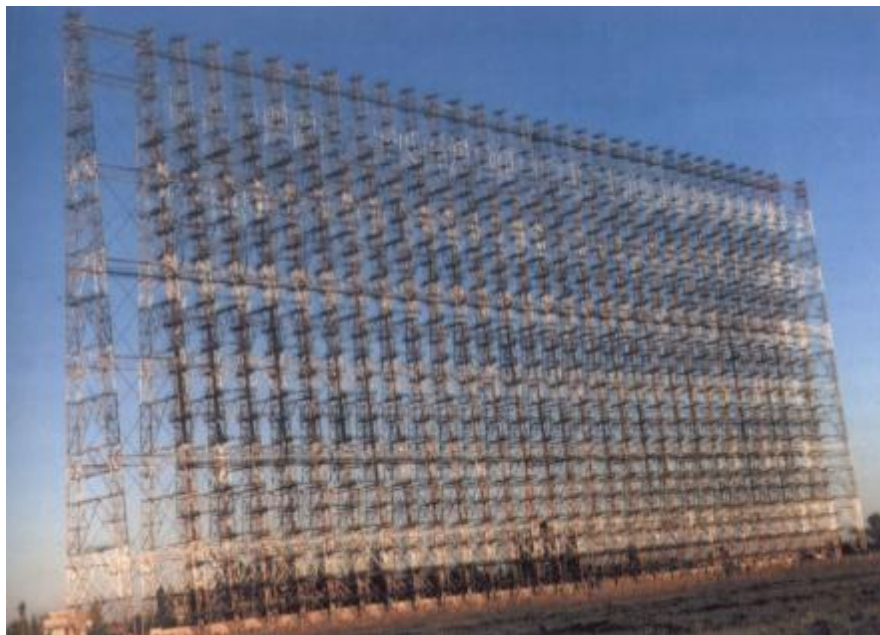
В 1972 году эту РЛС модернизировали, и она стала называться «Дунай-3М». В 1978 году около города Чехова была построена аналогичная РЛС «Дунай-3У», работающая в другом секторе углов. Станции были поставлены на боевое дежурство.

Антенны загоризонтных РЛС «5Н77» и «5Н32» системы «Дуга»

Головная организация – НИИДАР. Главный конструктор – В.П. Васюков (1966 - 1968 г.г.), затем Ф.А. Кузьминский. Разработчик антенн – НИИДАР. Разработка РКД, сопровождение изготовления и монтажа антенн - КБРП.

В 1966 году в рамках работ по созданию СПРН было принято правительственное решение о создании опытного образца загоризонтной РЛС (ЗГРЛС) 5Н77 в окрестностях г. Николаева. Станция предназначалась для отработки технических решений и алгоритмов ЗГРЛС, исследований распространения радиоволн и обнаружения различных целей за линией горизонта, в частности, пусков баллистических ракет.

Разработка РКД начата в 1965 году. Строительство РЛС началось в 1968 году.



Приемная антенна ЗГРЛС 5Н77 под г. Николаевом

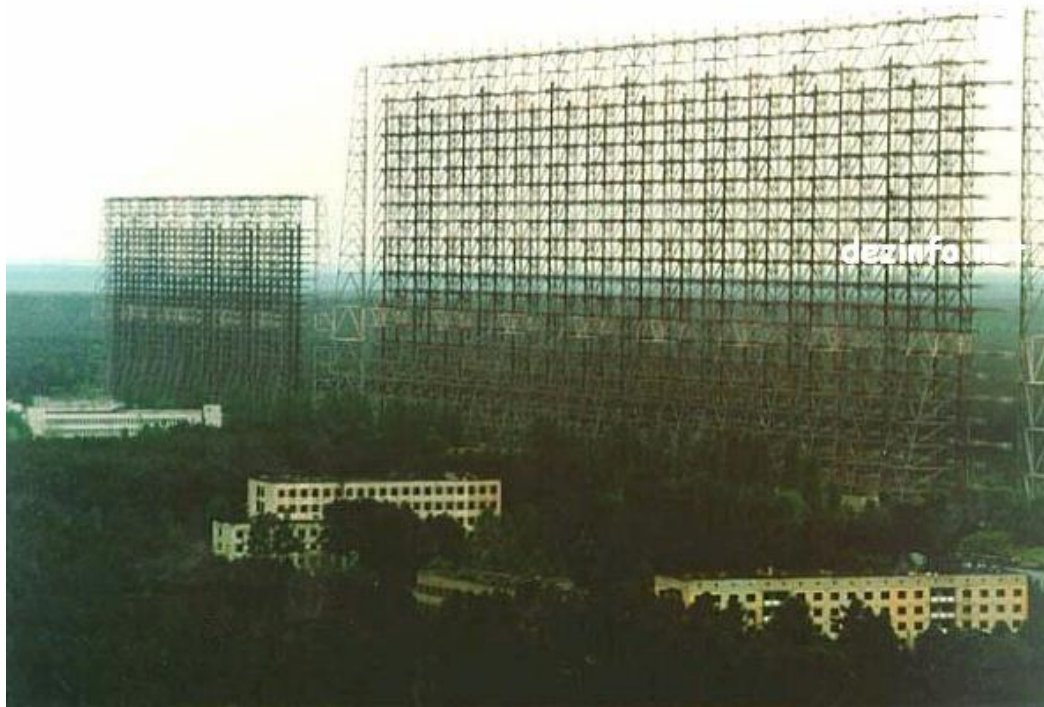
Антенны коротковолнового диапазона представляли собой вибраторные ФАР гигантских размеров. Передающая антенна имела длину 200 м, высоту – 110 м. Приемная – длину 300 м, высоту – 140 м. Толстые широкополосные шунтовые вибраторы были выполнены из алюминия в виде проволочных сварных конструкций на каркасе. Вибраторы устанавливались на стальных мачтах. Впоследствии на вибраторах приемной ФАР были введены виброгасители струн, а вибраторы передающей ФАР были переделаны: вместо струн установлены алюминиевые трубы. Монтаж антенн был выполнен в 1971 году, доработка и настройка - в 1972 году.

Изготовление и монтаж аппаратуры ФАР были выполнены Гомельским радиозаводом, который был построен по инициативе Г.Г. Бубнова специально для создания больших антенных систем.

В КБРП был разработан измерительный стенд для измерений характеристик направленности передающей и приемной антенн облетным методом и проведены измерения антенн.

Несмотря на бурные дискуссии и споры об эффективности и целесообразности создания ЗГРЛС, в 1972 году началось поэтапное строительство двух боевых ЗГРЛС 5Н32, еще больших, чем 5Н77. Обе станции 5Н32-1 и 5Н32-2 имели одинаковый внешний облик. Две приемные ФАР каждой станции имели суммарную длину около 800 метров и в высоту до 200 метров. Две передающие ФАР – имели суммарную длину 500 метров и до 140 метров в высоту. Приемная позиция станции 5Н32-1 размещалась рядом с городом Припять (недалеко от Чернобыльской АЭС). Передающая позиция была размещена вблизи г. Чернигова (населенный пункт – Любеч).

Вторая станция (5Н32-2) была размещена рядом с городом Комсомольск-на-Амуре. Обе станции были ориентированы в сторону США и должны были служить для обнаружения пусков ракет с их территории.



Приемная позиция РЛС 5Н32 (г. Припять)

Станции были объединены в систему, получившую название «Дуга». Строительство и испытания станций были завершены в 1979 году. Измерения антенных характеристик были проведены облетным методом с помощью измерительного комплекса «Высота-2», разработанного в КБРП.

В результате испытаний РЛС было установлено, что в условиях североширотных трасс при наличии постоянных возмущений ионосферы вероятность обнаружения стартов одиночных и групп ракет очень мала, а количество ложных тревог – велико. Кроме того, мощное широкополосное излучение Чернобыльской РЛС создавало помехи различным радиосистемам, расположенным в Европе и Европейской части СССР. В 1986 году эта станция оказалась в зоне катастрофы на АЭС, и работы на ней были прекращены.

Активная передающая ФАР РЛС «Дарьял»

Головная организация - Радиотехнический институт им. Минца А.Л. Главный конструктор РЛС– В.М. Иванцов. Разработка АФАР – Радиотехнический институт. Разработка РКД на передающую АФАР, сопровождение изготовления и монтажа - КБРП.

В 1972 году ЦНПО «Вымпел» приступило к созданию высокопотенциальной РЛС метрового диапазона «Дарьял». Семь таких станций планировалось установить по периметру страны для создания замкнутого радиолокационного поля СПРН. Первую РЛС решено было строить в районе города Печора на наиболее ракетоопасном северном направлении



РЛС «Дарьял» на Печоре. Слева – передающая позиция, справа – приемная.

Станция состояла из отдельно стоящих приемной и передающей позиций. Основу каждой из них составляли активные модульные ФАР с электронным сканированием. КБРП было поручено конструировать передающую АФАР. Каждый модуль АФАР состоял из блока фазирования, усилителя мощности, модулятора и излучающего вибратора. Модули устанавливались на металлоконструкцию с наклонным стальным экраном сзади таким образом, что электронная аппаратура размещалась за экраном, а излучатели, проходя сквозь щели в экране, образовывали решетку вибраторов, излучающую сигналы вертикальной поляризации. Всего в передающей АФАР было установлено 1260 передающих модулей. Антенна имела в высоту около 60 метров, в ширину – около 50 метров. Полотно АФАР было закрыто панельным радиопрозрачным укрытием (РПУ) из пластика.

Измерения характеристик антенн проводились облетным методом с помощью автоматизированного самолетного измерительного комплекса «Высота-1» разработанного в КБРП совместно с рядом предприятий кооперации.

В 1979 году при проведении испытаний РЛС на передающей АФАР произошел пожар, вызванный рассогласованием излучающей структуры и выходов передатчиков при нештатных углах фазирования. РПУ и часть аппаратуры модулей сгорели. От полного выгорания аппаратуру станции спас экран ФАР, который по настоянию конструкторов КБРП был выполнен из стали. После разбирательств было принято решение о доработке станции. При активном участии Г.Г. Бубнова были решены вопросы согласования излучающей структуры, а в

Сызранском филиале КБРП для РПУ было организовано производство панелей из пенополиимида – негорючего радиопрозрачного материала.

В 1983 году после успешных испытаний РЛС на Печоре была принята на вооружение. Впоследствии были построены ещё несколько РЛС «Дарьял».

Антенны РЛС «Неман-П»

Головная организация – НИИРП. Главный конструктор - Ю.Г. Бурлаков. Разработка антенн – НИИРП. Разработка РКД, сопровождение изготовления и монтажа антенн - КБРП.

РЛС проектировалась как станция обнаружения, сопровождения и селекции большого числа баллистических целей и рассматривалась как один из вариантов стрельбового лоатора для системы ПРО Москвы. Отличительные особенности этой РЛС сантиметрового диапазона – использование широкополосных сигналов и применение антенн с электрическим сканированием в широком секторе углов.

Для создания антенн применены передовые для конца 60-х годов технические решения. Передающая антенна выполнена в виде АФАР, состоящей из 960 рупорных излучателей с установленными в каждом канале усилителями на амплитронах. Диаметр апертуры составляет около 5 метров. Электронное сканирование луча обеспечивается управляемыми фазовращателями.

Приемная многолучевая антенна выполнена на основе двух линз центральной симметрии из неоднородного диэлектрика (линз Люнеберга) диаметром 7.5 метра. Каждая линза снабжена матрицей из 512 рупоров, подключенных к малошумящим усилителям. Луч переключается многоканальным *p-i-n*-диодным коммутатором. Матрицы рупоров установлены так, что формируют систему 1024 «вложенных» лучей с высокой плотностью расстановки.

Строительство этой экспериментальной станции на Балхашском полигоне началось в 1971 году. Линзы с переменным показателем преломления было предложено выполнить в виде укладок из диэлектрических кирпичей с разным значением диэлектрической постоянной. В качестве диэлектриков использованы пенокерамика и пенополистирол. Для изготовления и сортировки кирпичей линзы по диэлектрическим свойствам в Сызранском СКТБ «Луч» была создана специальная технологическая линия. Чтобы повысить прочность антенны, линзы выполнены в виде одинаковых полушарий, установленных на общем плоском стальном экране. Экран набран из прецизионных полированных плит, размещенных на общей раме. Ориентация экрана производится с помощью трех 300-тонных регулируемых домкратов, установленных на фундаменте. Защита приемной антенны обеспечивается надувным радиопрозрачным укрытием.



Приемная позиция РЛС «Неман» на Балхашском полигоне

В 1980 году РЛС «Неман» успешно прошла государственные испытания и получила высокую оценку специалистов. Однако при проведении конкурса на стрельбовый локатор для ПРО Москвы из представленных трех вариантов для дальнейших работ была выбрана станция «Дон».

РЛС «Неман» стала измерительным полигонным средством и до настоящего времени применяется для проводки целей при пусках баллистических ракет с полигона «Капустин Яр».

ФАР РЛС «Дон-2НП» и «Дон-2Н»

Головная организация-разработчик – Радиотехнический институт им. Минца А.Л. Главный конструктор - Р.Ф. Авраменко, затем – В.К. Слока Разработка антенн – РТИ. Разработка РКД, сопровождение изготовления и монтажа антенн - КБРП.

В начале 70-х была спроектирована, а в 1976 - 1981 годах построена на Балхашском полигоне экспериментальная РЛС «Дон-2НП». Затем в подмосковном Софрино был создан боевой стрельбовый многофункциональный радиолокатор «Дон-2Н» для системы ПРО Москвы. Радиолокатор размещен в здании, имеющем форму усеченной пирамиды, на гранях которой установлены приемные и передающие ФАР с широкоугольным электрическим сканированием луча. Такая архитектура РЛС позволяет вести быстрый обзор всей верхней полусферы.



РЛС «Дон- 2НП» на Балхашском полигоне

ФАР построены по модульной схеме. Каждый модуль передающей ФАР содержит подрешетку проходного типа, состоящую из более чем 150 излучателей-фазовращателей, которые выполнены в виде сборок ферритовых фазовращателей высокого уровня мощности с ячейками управления и подключенных к ним диэлектрических излучателей. Подрешетки питаются от усилителей мощности многоканального передатчика через квазиоптические возбудители. Ввиду весьма высоких уровней выходной мощности, передающие модули имеют систему жидкостного охлаждения.



РЛС «Дон-2Н» в Подмосковном Софрино

Приемная ФАР также построена по модульному принципу. В ней применены спиральные излучатели, *p-i-n*-диодные фазовращатели и сумматоры на радиальных линиях.

Настройка и испытания антенн амплифазометрическим и облетным методами были организованы и проведены коллективом НИИРФ.

Станция принята на вооружение в 1996 году.

ФАР корабельной РЛС «Атолл».

Головная организация по разработке корабельного комплекса «Коралл»- ЦНПО «Вымпел». Главный конструктор – Архаров М.А. Разработчик РЛС «Атолл»– НИИРП. Главный конструктор Груздев В.В. Разработка ФАР– НИИРП. Разработка РКД, сопровождение изготовления и монтажа ФАР - НИИРФ.

В 1977 году в СССР были развернуты работы по созданию многоцелевого информационно-разведывательного комплекса морского базирования «Коралл», который должен был стать средством национального контроля испытаний стратегических вооружений и средств ПРО США. Такой комплекс был необходим для наблюдения пусков ракет на полигонах США, один из которых расположен на тихоокеанском атолле Кваджалейн. Ключевым средством комплекса стал корабль ССВ-33 «Урал» с РЛС сантиметрового диапазона «Атолл».

Антенная система РЛС представляла собой ФАР, установленную на опорно-поворотном устройстве, что позволяло сочетать электронное сканирование луча с механическим поворотом. Такая система обеспечивала точное измерение координат высокоскоростных целей во всей верхней полусфере в условиях качки корабля. ФАР построена по проходной схеме с квазиоптическим возбуждением. Её излучающий раскрыв имел размер около 8 метров и содержал около 18500 излучателей с фазовращателями. Ввиду высоких уровней излучаемой мощности, многие устройства ФАР имеют жидкостное охлаждение.



***Корабль ССВ-33 «Урал» с радиотехническим комплексом «Коралл».
В носовой части – купол РЛС «Атолл»***

Антенна размещена под радиопрозрачным укрытием диаметром 19 м и имела массу 240 тонн.

В 1988 году испытания комплекса успешно завершились, а в 1989 году корабль был отправлен в порт приписки Владивосток. Во время похода проводились высокоточные измерения координат и сигнальных характеристик различных объектов, в том числе

баллистических ракет, искусственных спутников Земли, многоразового космического корабля «Спейс Шаттл». Однако, в связи с известными событиями, происшедшими в стране, планировавшийся поход к атоллу Кваджалейн в 1990 году был отменен, корабль был поставлен «на прикол» и, вследствие отсутствия надлежащего обслуживания и охраны, со временем утратил свои возможности.

ФАР РЛС комплекса «Крона»

Головная организация – ЦНПО «Вымпел». Главный конструктор – А.А. Курикша. Разработка РЛС – НИИДАР. Главный конструктор – В.П. Сосульников. Разработка РКД, сопровождение изготовления и монтажа антенн – НИИРФ.

С 1976 года началось проектирование радиооптического комплекса «Крона» для системы контроля космического пространства. Комплекс включает радиолокаторы целеуказания сантиметрового и дециметрового диапазонов и оптические средства для наблюдения спутников при подсветке их лазерным излучением.



***РЛС комплекса «Крона» у станции Зеленчукская.
В центре – РЛС дециметрового диапазона с ФАР***

РЛС дециметрового диапазона построена на основе ФАР проходного типа, установленной на полноповоротном опорном устройстве. Станция имеет широкоугольное электрическое сканирование луча и обеспечивает быстрый обзор пространства, обнаружение и сопровождение спутников. В РЛС сантиметрового диапазона использован интерферометр, включающий четыре зеркальных полноповоротных антенны и позволяющий определять координаты спутников с высокой точностью и давать целеуказание оптическим средствам. Радиолокационные средства комплекса «Крона» позволяют также измерять отражательные характеристики объектов.

При разработке и конструировании антенн был учтен опыт и технологический задел, накопленные при создании антенн с поворотными ФАР в предыдущем десятилетии. Строительство комплекса «Крона» вблизи станции Зеленчукская на Северном Кавказе было

начато в 1979 году и завершено к 1985 году. Однако в связи с сокращением финансирования работ комплекс был введен в эксплуатацию в ограниченном объеме и был поставлен на боевое дежурство лишь в 1999 году. До настоящего времени комплекс эксплуатируется. Конструкторы ОАО «Радиофизика» осуществляют авторский надзор.

Волноводно-щелевая антенна спутниковой РЛС бокового обзора «Чайка»

Головная организация - НПО машиностроения. Генеральный конструктор - В.Н. Челомей. Разработчик РЛС «Чайка» - НИИ-17 (ныне «Концерн «Вега»). Главный конструктор РЛС - И.А. Бруханский. Разработчик антенны – НИИ-17. Разработчик РКД на антенну– КБРП. Изготовление антенн – завод «Арсенал» (г. Ленинград).

В 1960 году в СССР была начата разработка системы морской космической разведки и целеуказания (МКРЦ), включающей в себя космические аппараты активной радиолокационной разведки УС-А с мощными атомными энергетическими установками и РЛС бокового обзора.. Радиолокационный комплекс 4–сантиметрового диапазона, получивший название «Чайка», создавался в НИИ-17. Конструировали антенну в КБРП.



Космический аппарат УС-А с волноводно-щелевой решеткой РЛС бокового обзора «Чайка»

В РЛС применена волноводно-щелевая антенна размерами $10 \times 0.5 \text{ м}^2$. Она состояла из двух секций, которые в сложенном состоянии располагались вдоль корпуса космического аппарата. После вывода спутника на орбиту подвижная секция разворачивалась с помощью электромеханических приводов и стыковались по волноводным каналам с неподвижной секцией. Таким образом, образовывалось единое антенное полотно. Во время первых летных испытаний РЛС на КА «Космос-459» в 1971 году полотно антенны деформировалось из-за неравномерного нагрева солнечным излучением, что привело к искажению диаграмм направленности и частичной потере потенциала станции. После этого полета в конструкцию антенны добавили тепловые мосты для выравнивания температурных

перепадов. После ряда доработок комплекс «Чайка» был принят на вооружение в 1975 году и успешно эксплуатировался на большом количестве космических аппаратов. Они были запущены на орбиту в период до 1988 года и несли боевое дежурство. Во время Фолклендского кризиса (1979 г.) комплекс вел эффективное наблюдение за движением английской эскадры в Атлантическом океане.

Волноводно-щелевая антенна спутниковой РЛС «Меч»

Головная организация - НПО машиностроения. Генеральный конструктор - В.Н. Челомей. Разработчик РЛС «Меч» - НИИ-17 (ныне «Концерн «Вега»). Главный конструктор РЛС - И.А. Бруханский. Разработчик антенны – НИИ-17. Разработчик РКД – КБРП.

В 1966 году было начато проектирование радиолокатора 10-сантиметрового диапазона «Меч» для пилотируемой орбитальной станции «Алмаз-А». Это был радиолокатор с синтезированной апертурой, позволяющий получить детальное радиолокационное изображение земной поверхности.



КА «Алмаз» у входа в выставочный павильон.

По бортам установлены две трехсекционные волноводно-щелевые антенны.

Антенна представляла собой волноводно-щелевую решетку размерами $15 \times 1.5 \text{ м}^2$ и состояла из трех панелей, последовательно раскрывающихся в космосе. Она имела сложную систему терморегулирования, обеспечивающую стабильность геометрии во время полета. Для расширения зоны обзора на станции установлены две антенны.

Станция «Алмаз-А» прошла наземные испытания в 1978 году, но ее запуск был отменен. Было предложено разработать беспилотный вариант станции, который был создан в 1982 году, но и её запуск был отменен. Успешный запуск первой станции состоялся лишь в 1987 году. Всего было запущено три станции «Алмаз», которые позволили получить большие объемы радиосъемок для отечественных и зарубежных заказчиков.

Выполненные с участием КБРП разработки радиолокаторов с большими раскладными спутниковыми антеннами стали крупным шагом в использовании космического пространства. Накопленный опыт создания космических антенн позволил коллективу предприятия проводить впоследствии самостоятельные разработки бортовых космических радиосистем, в том числе антенн для спутниковой связи.

3. РАЗРАБОТКИ РЛС И УСТРОЙСТВ ДЛЯ НИХ

Наряду с работами по конструированию антенн, в КБРП, ставились задачи по разработке отдельных устройств и систем, формировался коллектив разработчиков. Уже в 60-годы предприятие стало создавать комплексы для измерений крупноапертурных антенн стационарных РЛС. Впоследствии, благодаря усилиям Г.Г. Бубнова, были созданы крупные отраслевые подразделения, и КБ превратилось в научно-исследовательский институт, выполняющий самостоятельные разработки радиосистем. Ниже приведены наиболее значимые примеры систем, разработанных предприятием.

Измерительные комплексы для проверки крупногабаритных антенн стационарных РЛС (1965-1986 г.)

Головные разработчики РЛС – РТИ, НИИДАР, НИИРП. Разработчик измерительных комплексов – КБРП.

Создание стационарных РЛС систем ПРО и СПРН большой дальности поставило на повестку дня вопрос измерения характеристик крупноапертурных антенн этих РЛС. Наиболее естественным способом измерений характеристик излучения этих антенн в дальней зоне было использование летательных аппаратов. Для создания облетных измерительных комплексов в КБРП были созданы две специализированные лаборатории.

Для создания облетных измерительных комплексов в КБРП с участием предприятий-соисполнителей была разработана приемно-передающая и измерительная аппаратура, располагаемая как на летательном аппарате, так и на земле вблизи обмеряемого объекта, а также командно-телеметрические комплексы и программно-алгоритмическое обеспечение. Для точного измерения координат летательного аппарата во время облетов в состав измерительных комплексов входили РЛС «Кама-К».

В 1966 году облетным методом были проведены измерения характеристик РЛС «Днестр» на Сары-Шаганском полигоне. Затем были созданы облетные измерительные комплексы для РЛС «Даугава», «Дунай-3», «Дунай-3У», «Дуга», «Дарьял», «Неман». Для создания этих комплексов в 1971 году в КБРП был организован специализированный отдел под руководством Ткачева Г.М.

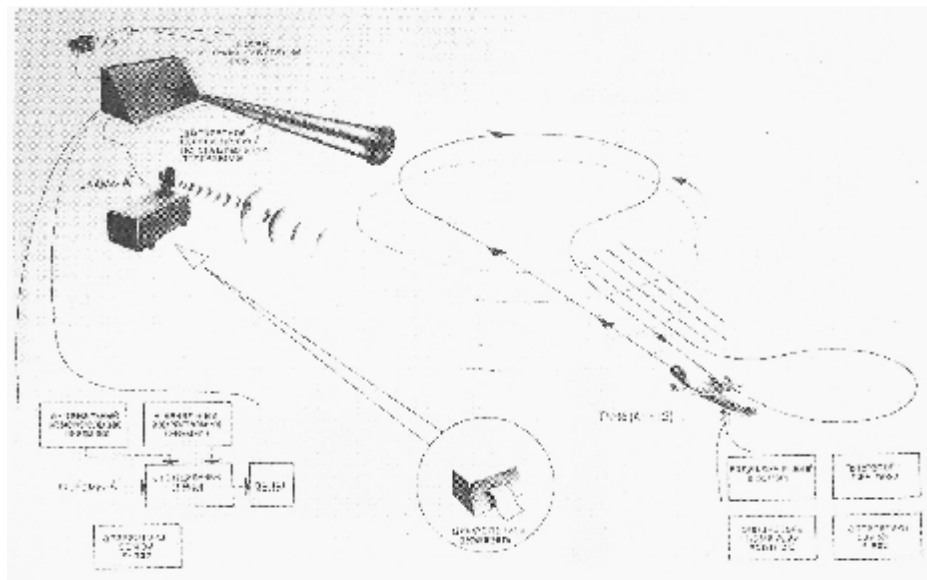
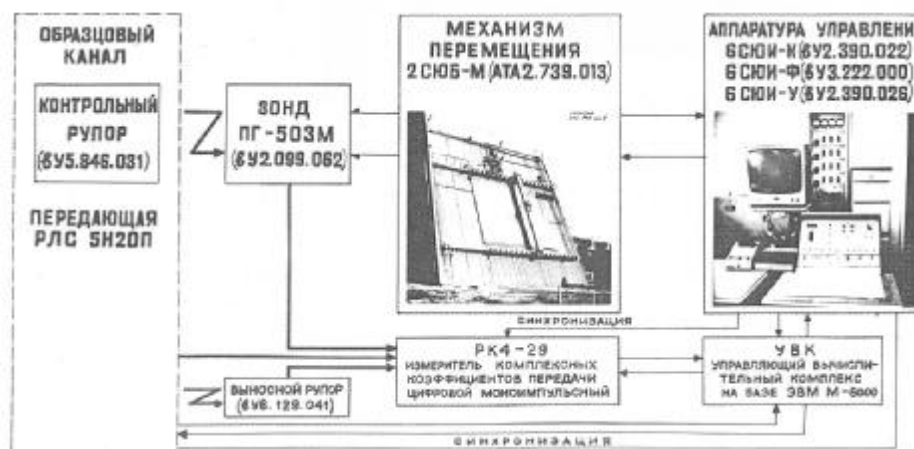


Схема облета РЛС «Дунай -3У» измерительным комплексом

С развитием вычислительных средств появилась возможность определять характеристики антенны расчетным методом по измерению амплитудно-фазового распределения поля в апертуре антенны. Это позволило отказаться от дорогостоящих облетных



Система для измерения поля в раскрые передающей ФАР МРЛС «ДОН-2НП»

комплексов и перейти к апертурно-зондовым, обеспечивающим, кроме того, более высокую точность и удобство диагностики каналов ФАР. В результате ряда ОКР были созданы измерительные комплексы ближнего поля для РЛС «Неман», «Дон-2НП», «Дон-2Н».

Антенны КВЧ диапазона для исследования прохождения радиоволн вдоль земной поверхности

Головная организация – НИИДАР. Разработчик антенны – КБРП. Изготовитель антенн – Гомельский радиозавод.

В процессе выполнения работ по теме «Дуга-1» большое внимание уделялось исследованию особенностей прохождения радиоволн КВ-диапазона на большие расстояния. Для обеспечения этих исследований в КБРП была разработана перевозимая антенна вертикальной поляризации ВОЗА(Б). Антенна представляла собой два противофазных логопериодических полотна длиной около 50 метров каждое, расходящихся под углом 30° друг от друга. Полотна в длинноволновой части крепились к вышкам (типа «Унжа») высотой около 34 метров. В коротковолновой части полотна крепились к согласующе-симметрирующему устройству, обеспечивающему согласование входа антенны с коаксиальным кабелем.. Антенны входили в состав имитаторов радиолокационных сигналов баллистических ракет и были установлены в период с 1971 по 1973 годы на расстояниях 3000 км (район Джезказгана), 6000 км (район Читы) и 7500 км (район бухты Ольга на Дальнем Востоке) от ЗРЛС 5Н77 под городом Николаевом. Имитаторы использовались для проверки функционирования приемной позиции этой опытной ЗГРЛС. В 1974 году одна из антенн группой сотрудников КБРП и ГРЗ во главе с Рувинским В.И. была установлена в Арктике на Земле Франца-Иосифа для связи арктической научно-исследовательской обсерватории им. Э.Т. Кренкеля с Москвой.



Антенна ВОЗА(Б) на Земле Франца-Иосифа, 1974 год

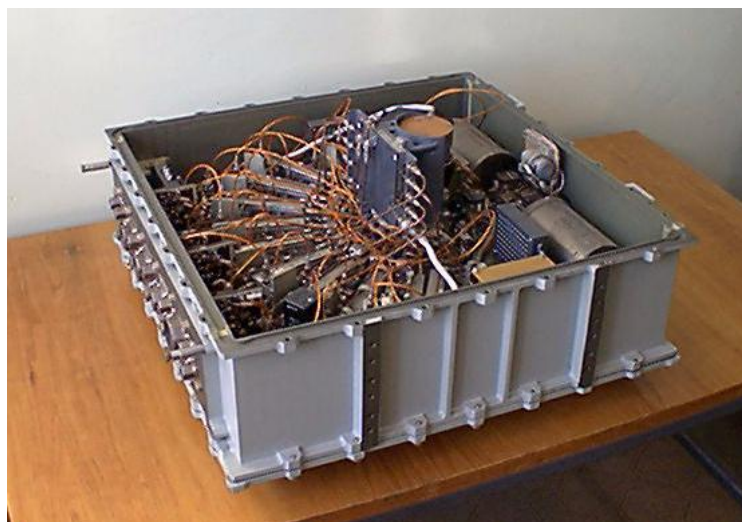
Радиометр миллиметрового диапазона

Головная организация – НИИРФ. Научный руководитель разработки - Ушаков О.А.

Для обоснования принципов работы и формирования технических решений космической локационной станции миллиметрового диапазона в 1982–1988 годах на предприятии был

разработан и изготовлен космический радиометр миллиметрового диапазона волн (55-65 ГГц). Радиометр предназначался для наблюдения из космоса за пусками ракет с наземных позиций и должен был быть установлен на модуле «Квант», разрабатываемом НПО «Комета» для пилотируемой станции «Салют». Радиометр состоял из двухлучевой зеркальной антенны и приемного блока.

Антенна радиометра имела рефлектор диаметром 0,95 м, изготовленный из инвара. Среднеквадратичное отклонение поверхности от параболы составило 0,05 мм, что обеспечило высокий коэффициент использования поверхности. Для испытаний антенны был разработан и развернут на полигоне 2 ЦНИИ МО в Калининском измерительный комплекс миллиметрового диапазона волн «Сигма». Разделение частотного диапазона на 100 каналов осуществлялось посредством двухэтапной фильтрации: на несущей частоте на 10 каналов и на промежуточной частоте также на 10 каналов.



Антенна и приемник космического радиометра

Разработка радиометра – первая крупная работа предприятия в миллиметровом диапазоне. Для её выполнения в те годы потребовалось поднять на новый уровень производственные возможности НИИ радиофизики.

В Вильнюсском НИИ радиоизмерительных приборов были созданы измерительные приборы миллиметрового диапазона для НИИРФ. Часть приборов была разработана по заданиям нашего предприятия.

Было налажено сотрудничество с ИКИ АН СССР, который имел наработки в миллиметровом диапазоне. Устанавливались прямые контакты с разработчиками новейшей элементной базы (НИИ полупроводников, г. Томск; НИИ «Сапфир», г. Москва) для обеспечения поставок элементов.

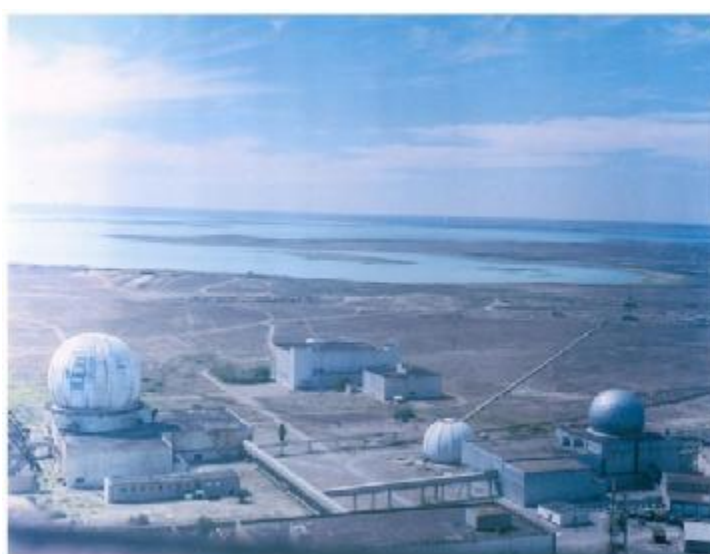
Поскольку требования к точности изготовления существенно повысились, производственная база предприятия потребовала обновления. Был организован участок точной механики, внедрены технологические процессы электроэрозии и гальванопластики, приобретены новейшие станки. Для радиоэлектромонтажа устройств был создан монтажный участок с чистой зоной.

РЛС миллиметрового диапазона «Руза»

Головная организация – НИИРП, затем НИИРФ. Главный конструктор – Толкачев А.А., заместитель главного конструктора – Левитан Б.А.



РЛС «Руза»: ФАР на фоне радиопрозрачного укрытия



Двухдиапазонный радиолокационный комплекс «Истра»-«Руза»

РЛС диапазона 34 ГГц создавалась в 1982 - 1989 годы для измерения параметров объектов с высокой точностью. РЛС построена на Балхашском полигоне и работала в комплексе с РЛС «Истра». Входящая в состав РЛС «Руза» ФАР диаметром 7,2 м является, по-видимому, крупнейшей в мире в настоящее время. Она состоит из 120 крупноапертурных излучателей, представляющих собой зеркальные антенны размером 60 см. Луч шириной в 4 угловых минуты обеспечивает точность измерения угловых координат цели со среднеквадратической ошибкой не более 12 угловых секунд. ФАР выполнена по активной схеме на прием и по пассивной – на передачу. Она запитывается двухканальным передатчиком на гироклистромах с суммарной выходной мощностью 1,0 МВт в импульсном режиме. Энергия передается от гироклистронов к ФАР по сверхразмерным круглым волноводам на волне H_{01} . Моноимпульсная связка приемных лучей формируется с помощью квазиоптической диаграммообразующей матрицы.

Впервые в РЛС миллиметрового диапазона была применена антенна, совмещающая электронное и механическое сканирование и обеспечивающая обзор всей верхней полусферы. Также впервые в радиолокации были применены мощные гироклистроны, разработанные в НИИ «Титан» и ИПФ РАН (г. Горький).

После передачи работы в НИИРФ были доработаны элементы волноводного тракта на волне H_{01} , изменена его трассировка, а также доработаны крупногабаритные излучатели. Проведенные работы позволили уменьшить потери более чем в два раза, увеличить энергетику локатора и тем самым обеспечить большую дальность обнаружения целей.

Программно-алгоритмическое обеспечение создано на базе ПАО РЛС «Истра» сотрудниками предприятия, а также группой программистов КБСП (г. Гомель).

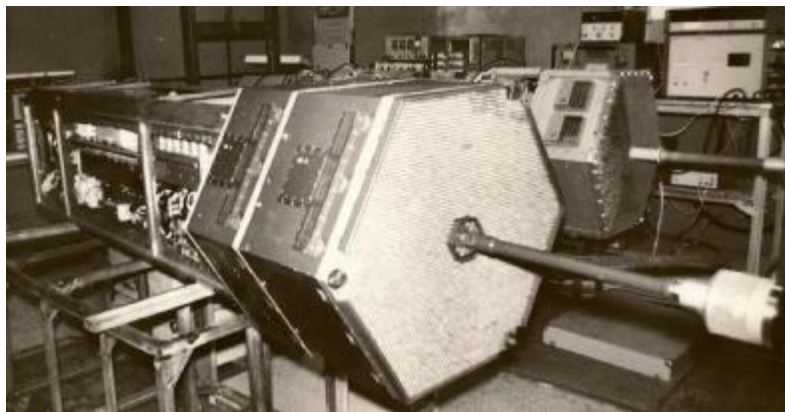
В 1988 году составные части РЛС были изготовлены. Монтаж и настройка станции на полигоне в Сары-Шагане были проведены в рекордные сроки и завершены в 1989 году. После этого были проведены успешные наблюдения космических объектов в околоземном пространстве, показавшие высокую эффективность РЛС «Руза» и значительные возможности локации миллиметрового диапазона на больших дальностях.

РЛС Ка-диапазона с широким сектором обзора

Головное предприятие разработчик – НИИРФ. Главный конструктор – Толкачев А.А., Заместитель Главного конструктора – Левитан Б.А.

Разработки РЛС («Самара», «Угра») диапазона 34 ГГц для стрельбовых комплексов с электронным сканированием в широком секторе углов (конус с углом при вершине 50°) и многоканальными передатчиками на основе ЛБВ и клистронов были начаты в середине 80-х годов. Главным конструктором была предложена концепция создания разных РЛС ММДВ из унифицированных приемо-передающих фазированных антенных модулей (ППФАМ). Унифицированный ППФАМ включал в свой состав антенный модуль с ФАР, приемник, передатчик на ЛБВ, аппаратуру управления. Была принята концепция построения ППФАМ на базе отражательных ФАР с расположением управляющих элементов сзади полотна с излучателями и фазовращателями.

Был разработан унифицированный антенный модуль, содержащий 3600 фазовращателей и излучающую структуру с секторными диаграммами направленности излучателей. Ферритовые фазовращатели для модуля разработаны совместно специалистами НИИ «Домен» и ОАО «Радиофизика».



ППФАМ для РЛС «Самара»

В 1991-92 г.г. были проведены испытания опытного образца ППФАМ. Однако с 1993 года работы по созданию РЛС были прекращены в связи с отсутствием финансирования.

РЛС с ФАР для комплекса ПВО «Панцирь-С1»

Заказчик – КБ Приборостроения, г. Тула. Предприятие-разработчик – ОАО «Радиофизика. Главный конструктор – Толкачев А.А.

В 2000 году на предприятии было начато проектирование новой РЛС миллиметрового диапазона МРФ1 для перспективного комплекса ПВО малой дальности «Панцирь-С1». Параллельно разрабатывались две РЛС: экспериментальная РЛС МРФ1 с сектором сканирования $\pm 25^\circ$ на основе имеющегося задела от станции «Самара», боевая РЛС МРФ2 с сектором сканирования $\pm 45^\circ$. В обеих разработках применены отражательные ФАР с моноимпульсными облучателями.



Экспериментальная РЛС МРФ-1

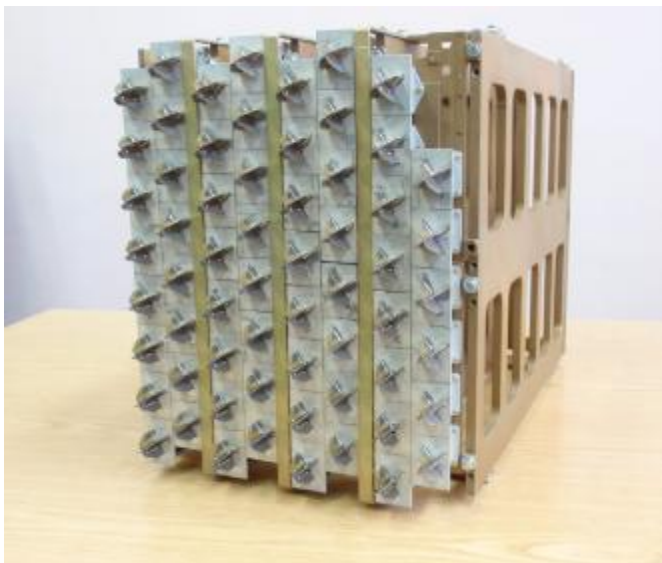
Для РЛС МРФ1 были использованы сохранившиеся от станции «Самара» фазовращатели «День» и платы управления фазовращателями. Количество фазовращателей в ФАР составляло 3600. Систему управления лучом разработала группа специалистов ГУП «Спурт» (г. Зеленоград). Радиопрозрачное укрытие было изготовлено в СКТБ «Луч» в Сызрани.

Вся остальная аппаратура РЛС, а также методики и стенды для испытаний разрабатывались коллективом ОАО «Радиофизика». РЛС МРФ1 прошла весь цикл необходимых испытаний и была установлена на носителе. Серийное производство станции развернуто не было из-за проблем стыковки с остальной аппаратурой комплекса. Для РЛС МРФ-2 была разработана подрешетка отражательной ФАР на основе фазовращателей «День-2». Фазовращатели в подрешетке были размещены более плотно, чем в ФАР МРФ1, что обеспечивало больший сектор электронного сканирования.

4. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК

Цифровые РЛС с активными ФАР

В начале двадцать первого века в России были возобновлены работы по созданию перспективных систем вооружения с РЛС на основе твердотельных активных ФАР. Радиосистемы с АФАР - перспективное направление, которым занимается большое количество исследовательских центров и компаний в мире. На нашем предприятии исследования и разработки цифровых РЛС с АФАР развернуты широким фронтом в диапазоне частот от 0.3 ГГц до 35 ГГц (главный конструктор – Топчиев С.А).



Модуль АФАР ↑

*→ Подрешетка АФАР
С-диапазона*

Разработка цифровых РЛС с АФАР включает несколько основных направлений, таких как разработка модулей АФАР с приемо-передатчиками, разработка цифровых устройств формирования и обработки сигналов, в том числе цифрового адаптивного диаграммоформирования, разработка аппаратуры управления, разработка волоконно-оптических линий передачи.

Модули АФАР составляют основную часть стоимости АФАР, ввиду их большого количества они должны быть тщательно отработаны. За последние 8 лет произошел переход от гибридных усилителей и фазовращателей к монолитным, что позволило уменьшить габариты модулей и снизить их стоимость. В настоящее время в ОАО «Радиофизика» создается производственная база для мелкосерийного изготовления модулей АФАР.

Высокопотенциальные РЛС с ФАР миллиметрового диапазона

РЛС с крупноапертурными ФАР миллиметрового диапазона – перспективное направление, в котором у предприятия есть большой технологический задел, опыт предыдущих разработок и сложившаяся кооперация. Как известно, РЛС миллиметрового диапазона волн (ММДВ) позволяют достичь тех же точностных характеристик, что и РЛС сантиметрового диапазона, при меньших размерах антенн. В частности, при размерах апертуры 5 - 10 метров, РЛС диапазона 34 ГГц позволяет измерять угловые координаты объектов с погрешностями, измеряемыми угловыми секундами, что приближается к точности оптических средств.



Подрешетка ФАР миллиметрового диапазона с крупноапертурными излучателями

При таких размерах ФАР её удобно устанавливать на опорно-поворотном устройстве, совмещая электрическое и механическое сканирование и обеспечивая обзор всей верхней полусферы. Построение ФАР таких размеров возможно в виде объединения подрешеток с соответствующим модульным выполнением канальной аппаратуры. При модульном построении используются как аналоговые, так и цифровые схемы диаграммоформирования, что повышает энергетическую эффективность и помехозащищенность РЛС.

Ещё одно потенциальное преимущество ММДВ – возможность применения широкополосных сигналов для «радиопортретирования» наблюдаемых объектов.

Для обеспечения высоких уровней излучаемой мощности РЛС, в последние десятилетия разработаны мощные вакуумные приборы ММДВ, в частности, гироприборы с высоким КПД.

В настоящее время ОАО «Радиофизика» ведет разработку радиолокатора ММДВ с полуактивной полноповоротной ФАР и узким сектором электронного сканирования корабельного базирования для наблюдения за космическими объектами (главный конструктор – Топчиев С.А.).

Ведутся также работы по созданию модульной ФАР с широкоугольным сканированием для радиолокатора самолетного базирования.

Автоматизированные измерительные комплексы для отработки и испытаний радиотехнических систем

На предприятии есть уникальная по размерам (84 м – длина; 36 м – ширина и 20 м – высота) большая безэховая камера (БЭК) и несколько малых камер. Все эти камеры существуют в настоящее время и используются для измерений антенн, испытаний аппаратуры на ЭМС, радиолокационных и других измерений.



Общий вид большой безэховой камеры

Начиная с 1997 года безэховые камеры начали оснащаться автоматизированными измерительными стендами и современной измерительной аппаратурой. В настоящее время в

безэховых камерах развернуты три автоматизированных комплекса измерения параметров антенн. Все комплексы оснащены поворотными устройствами и измерительной аппаратурой компании «Agilent».



Измерение характеристик бортовой антенны с радиопрозрачным обтекателем и фрагментом фюзеляжа самолета.

Разработано программное обеспечение для проведения измерений параметров антенн в дальней зоне и в зоне Френеля. Высокая производительность измерительных комплексов наряду с высокой квалификацией работающего персонала позволяют не только проводить измерения антенн, разрабатываемых ОАО «Радиофизика», но и выполнять большое количество сторонних заказов.

5. БУДУЩЕЕ НАЧИНАЕТСЯ СЕГОДНЯ

Многолетняя успешная научно-техническая и производственная деятельность ОАО «Радиофизика» позволила создать высокопрофессиональный коллектив, сумевший сохранить основных сотрудников и уникальные технологии предприятия в трудные годы последнего десятилетия XX и первое десятилетие XXI века. В последние годы сложились условия для стремительного роста объемов производства.

Последние годы характеризуются серьезными структурными преобразованиями в оборонно-промышленном комплексе (ОПК) страны, централизацией управления и

распределения бюджетных ресурсов, повышением эффективности корпоративного управления и ответственности за конечные результаты работ. Эти процессы затронули и наше предприятие, приведя к существенным изменениям структуры акционерного капитала. Так сегодня более 97% акций находятся в собственности Концернa ПВО «Алмаз-Антей» (~75% через ГСКБ) и лишь 2-3% акций принадлежат миноритариям. Через работу Совета директоров выстроена достаточно четкая вертикаль административного управления. Безусловно, это потребовало концентрации усилий коллектива на задачах Концернa, как в области создания новейших систем и средств противовоздушной и противоракетной обороны, так и в области повышения эффективности хозяйственной деятельности, путем реструктуризации производственных мощностей, уменьшения (или освобождения) от непрофильных активов и видов деятельности.

Предприятие в настоящее время ведёт широкий круг работ по следующим основным направлениям:

- радиолокационные станции сантиметрового диапазона с активными твёрдотельными фазированными решётками (РЛС с АФАР);
- мощные радиолокационные станции ММДВ;
- зеркальные антенны космического базирования, в том числе с контурными диаграммами направленности;
- станции и сети спутниковой связи для управления движением воздушных судов и целым рядом других направлений.

Бурный рост твердотельной электроники за рубежом, массовое освоение производства монокристаллических интегральных схем (МИС), корпусных и безкорпусных полупроводниковых приборов на подложках GaAs, а также оборудования и приборов для их использования, усилия по освоению этих технологий в нашей стране привели к существенному изменению прогнозов по времени внедрения в практику современных систем вооружения технологий, опирающихся на использование в информационных средствах (локация, связь) твердотельных активных фазированных антенных решеток практически во всех частотных диапазонах до миллиметров включительно. Здесь открываются возможности по получению в эфире значительных энергетических ресурсов в сочетании с их гибким распределением в пространстве, возможностью цифрового формирования и обработки сигналов и т.д.

Так к настоящему времени в США создан ряд радиолокационных станций с АФАР в коротковолновой части сантиметрового диапазона волн (THAAD, GBR, SBR) на единой элементной базе и ряд других средств.

Создание современных АФАР неразрывно связано с освоением технологий, которые обеспечивают очень высокую степень интеграции в рамках одного функционального узла

отдельных устройств, которые ранее могли существенно отличаться как технологическим уровнем используемой элементной базы, так и общими принципами и методами конструктивной реализации (приемники, передатчики, фазовращатели и т.п.). При высокой повторяемости изделий в составе АФАР (до нескольких десятков тысяч) для обеспечения приемлемой цены необходимо применение технологических процессов массового серийного производства уже на стадии макетирования и изготовления образцов в процессе ОКР. Для нас это означает коренную модернизацию станочного парка, создание новых производственных участков, оснащенных высокопроизводительным высокоточным металлорежущим оборудованием, освоение новых технологических процессов серийного изготовления микроволновых СВЧ и цифровых устройств и т.д.

Предприятие развивает также направление по созданию радиолокационных станций ММДВ, в том числе мощных РЛС, способных наблюдать объекты в близком околоземном Космосе, в настоящее время ведётся разработка:

- радиолокатора ММДВ с полуактивной полноповоротной фазированной решеткой и узким сектором электронного сканирования корабельного базирования;
- радиолокатора ММДВ с широкоугольной полуактивной ФАР авиационного базирования.

Сегодня наше предприятие является оператором громадной цифровой сети передачи данных и сообщений, опирающейся более чем на 120 спутниковых станций и наземные оптоволоконные и радиорелейные сети, разработанных в интересах управления воздушным движением. Нами создан единый центр мониторинга и контроля этой сети в г. Москве. Ежегодно к этой сети добавляется 10-12 станций, располагающихся на всей территории РФ.

Высокий технический и технологический уровень разработок опирается на развитую и достаточно хорошо оснащенную экспериментально-измерительную базу. Предприятию удалось сохранить и в полной мере задействовать в разработках комплекс специализированных экранированных безэховых камер, в том числе большую камеру, рассмотренную выше. Сегодня мы оснащены современными автоматизированными измерительными комплексами лучших мировых производителей, таких как Rohde Schwarz, Agilent и др., обеспечивающих возможность измерений в диапазоне до 93 ГГц. В большой БЭК созданы автоматизированные измерительные стенды для настройки и измерения параметров антенн различных типов.

В настоящее время интенсивно ведётся ремонт производственных помещений, приводятся в порядок рабочие места, улучшаются условия работы людей. Широко внедряется автоматизация процессов производства, в течение последних лет введено в эксплуатацию более 100 рабочих мест, оснащенных современными вычислительными

средствами. Приобретены и введены в эксплуатацию новейшие версии лицензионных программ для обеспечения работ по конструированию и производству аппаратуры; внедрена последняя версия программного обеспечения бухгалтерского учета. На повестке дня внедрение полностью безбумажной технологии конструирования и производства. Разрабатывается и получит быстрое развитие единая внутренняя вычислительная и информационная сеть для обеспечения тематических и отраслевых подразделений. Возникают условия для организации электронного документооборота.

Успешное выполнение уже взятых на себя обязательств, а тем более получение новых заказов на создание современных радиоэлектронных средств в условиях жесткой конкуренции на нашем рынке, невозможно без планомерной работы по повышению научно-технического уровня разработок и привлечению на предприятие молодых специалистов из ведущих вузов страны, сохранивших высокий уровень профессионального образования. Последняя проблема для предприятия является наиболее острой.

Мы активно сотрудничаем с ведущими вузами Москвы: МФТИ, МАИ, МГТУ и другими. В течение последних лет ежегодно проводятся молодёжные конференции, в которых участвуют студенты старших курсов, аспиранты и молодые сотрудники предприятия, лучшие доклады публикуются в издаваемом предприятием журнале «Радиолокация и связь». Наши сотрудники готовят специалистов на отраслевых кафедрах МФТИ и МАИ. Работает аспирантура. Эти усилия привели в последнее время к росту количества молодых специалистов, приходящих на предприятие.

Коллектив предприятия живёт, работает и надеется на лучшее будущее.