



Технологии РАДИОЛОКАЦИИ

к 50-летию
ОАО «РАДИОФИЗИКА»





Бросая в воду камешки, смотри на круги, ими образуемые: иначе такое бросание будет пустою забавою.

Козьма Прутков

Технологии наряду с господствующей идеологией являются главными факторами, определяющими характер общества.

Неизвестный автор

Т Е Х Н О Л О Г И И Р А Д И О Л О К А Ц И И

(к 50-летию ОАО «РАДИОФИЗИКА»)

Москва
"Вече"
2010

Редакционная коллегия:

Толкачев А.А. – Главный редактор,
Шишлов А.В.– Зам. Главного редактора,
Бомштейн Ю.А.,
Кирсанова Е.И.,
Козлова О.С.,
Хаткина И.М.

Рецензенты:

Бойченко А.Ф.
Бубнова К.Н.
Кирильчук Л.С.
Колобов В.А.
Михайлов Г.П.
Шелудченко А.Н.

В книге использованы фотоматериалы из архивов подразделений и служб ОАО «Радиофизика» и личных архивов сотрудников предприятия.

Редакционная коллегия выражает признательность ветеранам ОАО «Радиофизика» и смежных предприятий, предоставившим возможность использовать их воспоминания и фотографии для опубликования в настоящей книге.

1. В В Е Д Е Н И Е

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 низко летящие цели. Все указанные комплексы имели дальность действия несколько десятков километров.

В 1958 году в КБ-1 были начаты работы по созданию комплекса С-200, предназначенного 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 развёрнута 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).

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 (ДРЛК). 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 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.

Для создания этих систем и, в особенности, больших антенн, 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 во главе с молодым, энергичным, талантливым, имеющим отличное физтеховское образование Бубновым Г.Г. Как показала жизнь, этот человек и возглавляемый 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: за разработку систем, включая принципиальные вопросы создания антенн, отвечали 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.

В первые же годы существования КБРП были организованы филиалы КБ в Гомеле и Сызрани, а также установлены кооперативные связи с рядом заводов-изготовителей

аппаратуры и, прежде всего, с созданным по инициативе Бубнова Гомельским радиотехническим заводом. Впоследствии был создан филиал в Чистополе. 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»). Первым его руководителем был назначен Ушаков Ю.С., а с марта 1973г. руководителем стал Старосельский П.Н.

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-много лет назад, потому что так делалось всегда при решении государственных задач и иначе такие задачи решать невозможно.

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.

В частности, в КБРП были выполнены разработки антенных систем и их конструкций в интересах Главных конструкторов: Расплетина А.А., Бункина Б.В., Кисунько Г.В., Сосульникова В.П., Басистова А.Г., Бурлакова Ю.Г., Иванцова В.М., Архарова М.А., Челомея В.Н. и ряда других.

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 БР.

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 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 Харитоном Ю.Б. и рядом других видных специалистов как неэффективные и весьма затратные проекты. Вскоре из-за недостатка финансирования эти работы были значительно ограничены и переданы в другой институт Минрадиопрома. 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 волн. В частности, была предпринята попытка приступить к созданию космической локационной станции миллиметрового диапазона для систем предупреждения о ракетном нападении.

В 1986 году, после кончины Бубнова, в НИИРФ был переведён большой коллектив сотрудников НИИРП, около 300 человек во главе с Толкачёвым А.А., назначенным научно-техническим руководителем НИИРФ. Эта группа, состоявшая из организаторов разработки –

тематиков и разработчиков аппаратуры – отраслевиков, прошла 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.

С приходом нового коллектива, который очень быстро и безболезненно влился в коллектив НИИРФ, предприятие обрело статус системного института, что было одной из главных целей Бубнова в последние годы жизни.

Что же касается упомянутых выше разработок, выполненных, в основном, в рамках НИИРП в коллективе, руководимом Кисунько, то мы их считаем совместной разработкой двух предприятий и расскажем об истории их создания в предлагаемой читателю книге.

Бубнов был весьма крупной и значимой фигурой. Сформировавшийся при нем коллектив и институт уже были готовы к тем существенным изменениям, которые произошли в НИИРФ после его ухода из жизни. По решению руководства Минрадиопрома тематика, связанная с СВЧ-энергетикой, была передана в Московский радиотехнический институт. Туда же перевели коллектив тематиков во главе с Ушаковым. Директором НИИРФ стал Петросов В.В., Главным конструктором и научно-техническим руководителем – Толкачев А.А.

Основной работой в этот период было завершение изготовления и ввод в строй первой в истории радиолокации мощной РЛС миллиметрового диапазона волн с фазированной антенной решёткой «Руза». Изголодавшийся по большой самостоятельной работе коллектив 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.

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 сотрудники, 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. 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. 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 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 натурных 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 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.

В 2003 – 2007 гг. на предприятии разработана аппаратура мобильной станции с активной фазированной антенной решеткой (АФАР) для систем спутниковой связи специального назначения. Освоение технологий твердотельных АФАР стало важной вехой в развитии предприятия и повысило его потенциал в создании перспективных радиосистем.

И еще об одной важной стороне нашей деятельности. В 1970 –1975 гг. на предприятии были организованы и приступили к подготовке специалистов базовые кафедры МФТИ и МАИ. Эта работа не прерывается вот уже более 30 лет, несмотря на все невзгоды. Десятки выпускников этих кафедр трудятся в ОАО «Радиофизика», занимают ключевые позиции в разработках, получили ученые степени и звания. И хотя в последние 15 лет мало кто из выпускников остается у нас работать, мы рассчитываем, что такое положение дел изменится с появлением новых работ и необходимого финансирования.

Новую технику невозможно создавать, не развивая прикладную науку. Сотрудники предприятия на протяжении всей его истории принимали участие в научных конференциях, публиковали работы во всесоюзных научно-технических журналах. С 1975 года на территории предприятия проводились Всесоюзные конференции по теории и технике антенн. Оргкомитет возглавлял Бубнов, а Программный комитет – члены-корреспонденты АН СССР Пистолькорс А.А. и Бахрах Л.Д. Институт участвовал в организации и работе всесоюзных симпозиумов и школ по дифракции волн.

После 1990 года объемы разработок и производства на предприятии резко упали. Но нет худа без добра – у сотрудников появились еще большие возможности публиковать в журналах результаты работ предыдущих лет, доложить научно-технической общественности о своих достижениях на международных конференциях. В это время были упрощены режимные требования, инженерам разрешили зарубежные поездки. Конференции и школы, проводимые ранее как всесоюзные, стали проводиться как международные. В эти годы ОАО «Радиофизика» совместно с другими предприятиями и вузами провели ряд международных школ и конференций. Эти конференции показали высокий уровень теоретических и практических работ предприятия, а также стали местом деловых знакомств для последующего сотрудничества. В поисках новых сфер применения своих возможностей предприятие освоило ряд новых, более востребованных технологий, в частности связных и телекоммуниционных , можно надеяться, что со временем об этих технологиях также будут написаны книги.

В последнее время по мере укрепления государства на предприятии появились заказы оборонного назначения, связанные с основной тематикой – созданием радиолокаторов с большими ФАР. Это дает основания надеяться, что закладывается хорошая основа для дальнейшего развития, роста технологических и производственных возможностей, повышения квалификации работников, пополнения коллектива молодыми кадрами и создания новых образцов техники, нужной стране.

Создание радиотехнических информационных систем – важная составляющая научно – технического прогресса, роста экономического и оборонного могущества нашей страны. В эту деятельность всегда были вовлечены крупные финансовые и материальные ресурсы, большие коллективы людей, талантливые, деятельные, сильные духом личности. Эта деятельность сопряжена с коллизиями идей, противостоянием характеров, зависимостью от большой политики, а часто – с банальными интригами. Истории всех крупных разработок весьма поучительны, полны коллизий и драматизма. Жизнь нашего предприятия и коллектива – хороший тому пример. И мы попытаемся рассказать об этом в предлагаемой читателям книге.

Книга является сборником воспоминаний, написанных непосредственными участниками работ в области радиолокации, которая в течение многих десятилетий была основным направлением деятельности предприятия. Редакция старалась в максимально возможной степени сохранить стиль и особенности изложения материалов, присущие авторам, не пытаясь устранить некоторые разночтения и противоречия, оставляя возможность сделать окончательные выводы читателю.

2. ОСНОВНЫЕ ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ В ИСТОРИИ ОАО «РАДИОФИЗИКА»

31.12.1960г. - Распоряжением Мосгорсовнархоза СССР № 000371 в составе завода п/я 222 образовано СКБ № 38. 3 июля 1961 года завод п/я 222 переименован в Машиностроительный завод имени М.В.Хруничева.

01.09.1962г. - Приказом Государственного Комитета по радиоэлектронике СМ СССР СКБ № 38 передано заводу п/я 1309. 2 августа 1963 года завод п/я 1309 переименован в Тушинский машиностроительный завод.

02.04.1965 г. - Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 126-47 от 02.03.1965г СКБ № 38 выделено из состава Тушинского машиностроительного завода и названо п/я № 4712.

01.10.1966 г. - Приказом Министерства радиопромышленности СССР №160 от 24.03.1966 предприятию присвоено наименование Конструкторское бюро радиотехнических приборов (КБРП) Центрального научно-производственного объединения «Вымпел».

03.10.1967 г. - Постановлением СМ СССР №753 от 03.10.1967г КБРП переименовано в Конструкторское бюро радиоприборов имени академика А.А. Расплетина Центрального научно-производственного объединения «Вымпел».
Впоследствии созданы филиалы предприятия в городах Гомеле, Сызрани и Чистополе.

1980 г. - КБРП переданы работы по мощной СВЧ энергетике. В КБРП переведен из НИИРП коллектив разработчиков во главе с Ушаковым О.А. Ушаков назначен заместителем директора по науке.

01.08.1981 г. Распоряжением СМ СССР №1280 от 29.06.1981г. КБРП имени А.А. Расплетина переименовано в Научно-исследовательский институт радиофизики (НИИРФ) имени академика А.А. Расплетина Центрального научно-производственного объединения «Вымпел».

11.02.1985 г. - Указом Президиума Верховного Совета СССР от 11.02.1985г. НИИРФ имени академика А.А. Расплетина награжден орденом Трудового Красного Знамени.

29.10.1986 г. - Умер основатель и первый директор НИИРФ Бубнов Г.Г.

01.01.1987г. . - В НИИРФ переведен большой коллектив разработчиков из НИИРП во главе с Толкачевым А.А., занимающийся разработкой радиолокационных станций. Директором назначен Петросов В.В., научно-техническим руководителем и генеральным конструктором – Толкачев А.А.

09.03.1993 г. - Комитетом Российской Федерации по оборонным отраслям промышленности НИИРФ имени академика А.А. Расплетина преобразован в Акционерное общество открытого типа (АООТ) «Радиофизика».

09.09.1996 г. - АООТ «Радиофизика» переименовано в Открытое акционерное общество «Радиофизика» (ОАО «Радиофизика») и подчинено Министерству оборонной промышленности Российской Федерации (Миноборонпром России).

С мая 1997 г. - ОАО «Радиофизика» подчинено Министерству экономики Российской Федерации.

С мая 1999 г. - ОАО «Радиофизика» подчинено Российскому Агентству по системам Управления (РАСУ).

2007 г. - ОАО «Радиофизика» подчинено Федеральному агентству по промышленности Российской Федерации.

07.04.2008 г. - Генеральным директором ОАО «Радиофизика» избран Левитан Б.А.

3. БУБНОВ ГЕОРГИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

(в о с п о м и н а н и я ж е н ы)

Бубнова К.Н.



БУБНОВ Г. Г.
основатель КБРП и НИИРФ, доктор технических наук, профессор

Мне предложили написать воспоминания о муже. Не знаю, с чего начать. И хотя окончили мы с ним один и тот же вуз и работали после окончания по одной и той же специальности, я подробностей о его работе не знала. И знать не могла в силу специфики – это ведь была, в основном, оборонная тематика. Поэтому буду писать о нем просто как о человеке, причем, о самом любимом человеке. Ну и что знаю о его работе, ведь работа была большей частью его жизни.

Вот уже больше двадцати лет прошло с того 29 октября 1986 года, когда его не стало, а рана не заживает. И я, и дети, и старшие внучки помним его живым. И даже младшие внуки знают много о своем дедушке, хотя родились уже без него.

По паспорту он Георгий Григорьевич Бубнов, но его родители, братья и сестра всегда называли его Юрой. Друзья тоже. А я узнала, что его официальное имя Георгий, только когда подавали заявление в ЗАГС. Поженились мы 20 февраля 1958 года, почти сразу после окончания института. И прожили мы счастливо вместе 28 лет 8 месяцев и 8 дней.

Но все по порядку. Юра родился 11 июня 1934 года в городе Тюкалинске Омской области. Отец его, Григорий Григорьевич Бубнов, по специальности агроном, член партии с 1918 года, старый большевик (отец Юры к этому званию относился свято). До конца своих дней он вел общественную работу, был активным членом общества «Знание», читал лекции по истории партии, в том числе и о гражданской войне, участником которой он был. В составе 30-ой стрелковой дивизии он воевал сначала на Урале, потом на Украине. Эту дивизию в истории гражданской войны называют «Уральская жемчужина», а полное ее название – 30-ая Иркутская Краснознаменная имени ВЦИК стрелковая дивизия. Мама Юры, Евдокия Дмитриевна, имела педагогическое образование, но педагогом долго поработать ей не пришлось. В 1924 году родилась дочь Рада, затем в течение десяти лет трое сыновей: Владимир, Валентин и младший, Георгий, т.е. Юра. Вскоре после рождения Юры семья переехала на постоянное место жительства в совхоз «Комсомольский» в Северном Казахстане, где отец стал главным агрономом. А маме пришлось переквалифицироваться в пчеловода, и она успешно заведовала совхозной пасекой. А также вела домашнее хозяйство в семье, где было четверо детей.

Родители были добрыми и трудолюбивыми людьми, такими же выросли и их дети. Юра был младшим, неугомонным и озорным; и, конечно, любимцем всей семьи. Хотя совхоз был по тем временам передовой, школа была только семилетняя. Поэтому старшие дети Бубновых, чтобы получить десятилетнее школьное образование, жили в ближайшем городе на съемной квартире. Но когда пришло время Юре учиться в восьмом классе, его взяла в свою семью сестра Рада, которая к тому времени окончила юридический факультет Свердловского университета. И Юра продолжал учебу в школе сначала в Новгороде Великом, потом в Астрахани, куда переехала семья сестры.

Родители к тому времени уже были пенсионерами, ведь Юра поздний ребенок. Встал вопрос, как получить высшее образование, не обременяя родителей материально. И выход был найден: Юра получил от горкома комсомола Астрахани направление в Военно-политическую академию в Ленинграде. По дороге в Ленинград Бубнов решил задержаться на пару дней в Москве и попробовать сдать экзамены в физтех (тогда из физико-технического

факультета МГУ был образован Московский физико-технический институт). Это было в июле 1952 года. Экзамены он сдал успешно, поэтому до Ленинграда не доехал.

А в сентябре 1952 года на первом курсе физтеха появился парень, одетый, как и большинство, небогато, но по мальчишечьей моде того времени: тельняшка и брюки клеш. А на голове шапка кудрявых волос, за что он немедленно получил от сокурсников прозвище «Пушкин». Это был студент первого курса Юра Бубнов, в будущем Георгий Григорьевич Бубнов.



Бубнов Г.Г.
(3-й курс института)

Учился он с большим интересом, хотя в отличниках не числился. Зато за время учебы успел пройти практику по трем специальностям. Он серьезно изучал сначала электронные приборы, затем электронно-вычислительные машины. Наконец, остановился на антенно-фидерных системах, и эта специальность стала делом его жизни.

Он может показаться несерьезным человеком: ехал в Ленинград, а поступил в Москве, в институте менял специальности (правда, всего три из девяти возможных). На самом деле это было желание узнать больше, и не только по своей специальности, но и про смежные специальности тоже. В инженерной жизни это проявлялось у него в умении решать любую проблему комплексно.

После того, как Юра окончательно выбрал своей специальностью антенно-фидерные системы, он был направлен на практику в КБ-1 (теперь НПО «Алмаз») в СКБ-31, которым руководил Александр Андреевич Расплетин. На предприятии к практике студентов относились очень серьезно: им читали лекции уже по узкой специальности, к каждому из них прикрепили научного руководителя и сформулировали конкретные задачи из плана лаборатории. В результате студенты стали активными членами работающего коллектива. Юра попал в антенную лабораторию СКБ-31, которой руководил Михаил Борисович Заксон, и сразу включился в работу ее коллектива. Ему очень повезло и с научным руководителем: им стал известный антенщик, доктор технических наук Ефим Григорьевич Зелкин. Еще в пятидесятые годы Ефим Григорьевич начал заниматься теорией синтеза антенн, и дипломная работа Бубнова тоже относилась к этой теме. Зелкин хорошо отзывался о его работе. Оценил ее также и известный математик Кошляков, который был членом аттестационной комиссии. Юра вспоминал, что на защите дипломных работ Кошляков дремал и проявил интерес только к его работе. «Старик Державин нас заметил…», – говорил Юра по этому поводу. А хвастаться было не в его правилах.



Заксон М.Б.



Зелкин Е.Г.

Но не только теорией занимался он во время практики; студентам приходилось принимать участие и в экспериментальных работах. А любознательность студента Бубнова способствовала тому, что к окончанию учебы он был в курсе большинства работ в антенной лаборатории, с учетом ограничений на секретность, конечно. Поэтому сразу после защиты дипломной работы он активно включился в работу и был включен в состав бригады, которая контролировала и помогала наладить выпуск антенн на Подольском машиностроительном заводе. Это в первую очередь касалось серийного выпуска антенн для системы С-75. Вот что об этом пишет Першин Н.А.: «Поездки группы антенщиков и конструкторов нашего предприятия в Подольск для оперативного решения вопросов и помощи работникам завода в наиболее трудный период времени совершались практически ежедневно. Выезжали утром,

возвращались поздно вечером. Для этих поездок Заксон добился выделения специального автобуса с постоянным водителем Комоловым В.В.». Специальный автобус, о котором идет здесь речь, на самом деле был старый небольшой автобусик марки ПАЗ. Юра его ласково называл «пазиком». Он рассказывал, что на ходу автобус скрипел и дрожал, но ходовые качества были нормальные: каждый день дорога в Подольск и обратно преодолевалась практически без поломок. Через некоторое время бригада сократилась до двух человек; остались инженер Бубнов и конструктор Кукин, ну и третьим был, конечно, водитель Комолов. Юра настолько вник в суть дела, что его сочли возможным назначить представителем Главного конструктора, т.е. Расплетина, на заводах, изготавливающих антенны для системы С-75. Кроме Подольского были еще два завода авиационной промышленности: Горьковский авиационный завод имени Серго Орджоникидзе и Московский машиностроительный завод в Филях. Через некоторое время и Кукин перестал ездить в Подольск. И теперь Комолов рано утром заезжал за Бубновым, а тот, в полусонном состоянии, садился в автобус, быстро засыпал и спал до Подольска. А Комолов отсыпался днем, пока Бубнов был на заводе. Сложнее было с командировками на Горьковский авиационный завод. Помню, из одной такой командировки Юра вернулся во второй половине дня 31 декабря 1958 года, очень усталый и промерзший, но выполнивший все поручения Главного конструктора, связанные с выполнением годового плана. А документы, подтверждающие выполнение работы в срок, он привез спрятанными в подкладке своего пальто. Рисковал, конечно, но это в его характере, да и выхода другого не было. И Новый 1959 год мы встретить успели.

Прошел первый нелегкий год работы в должности инженера. Вот как оценивается эта работа в книге «60 лет НПО «Алмаз»: «Азимутальная и угломестная антенны для системы С-75 являлись оригинальными как по замыслу, так и по исполнению. Их ведущим разработчиком был Зелкин Е.Г., удостоенный за эту работу Ленинской премии. Большой вклад в реализацию и доведение до серийного производства этих антенн внес Бубнов Г.Г., впоследствии – основатель и руководитель НИИ «Радиофизика» (НИИРФ)». А еще через год директор Московского машиностроительного завода (п/я 222) в Филях Осипов Д.Н. пригласил Бубнова на должность заместителя Главного конструктора по антенной тематике. И со 2 марта 1960 года с согласия Александра Андреевича Расплетина постоянным местом работы Юры стал этот завод, впоследствии известный как завод имени М.В.Хруничева. Вот так через год после окончания института он стал заместителем Главного конструктора крупного завода авиационной промышленности. А было ему 25 лет.



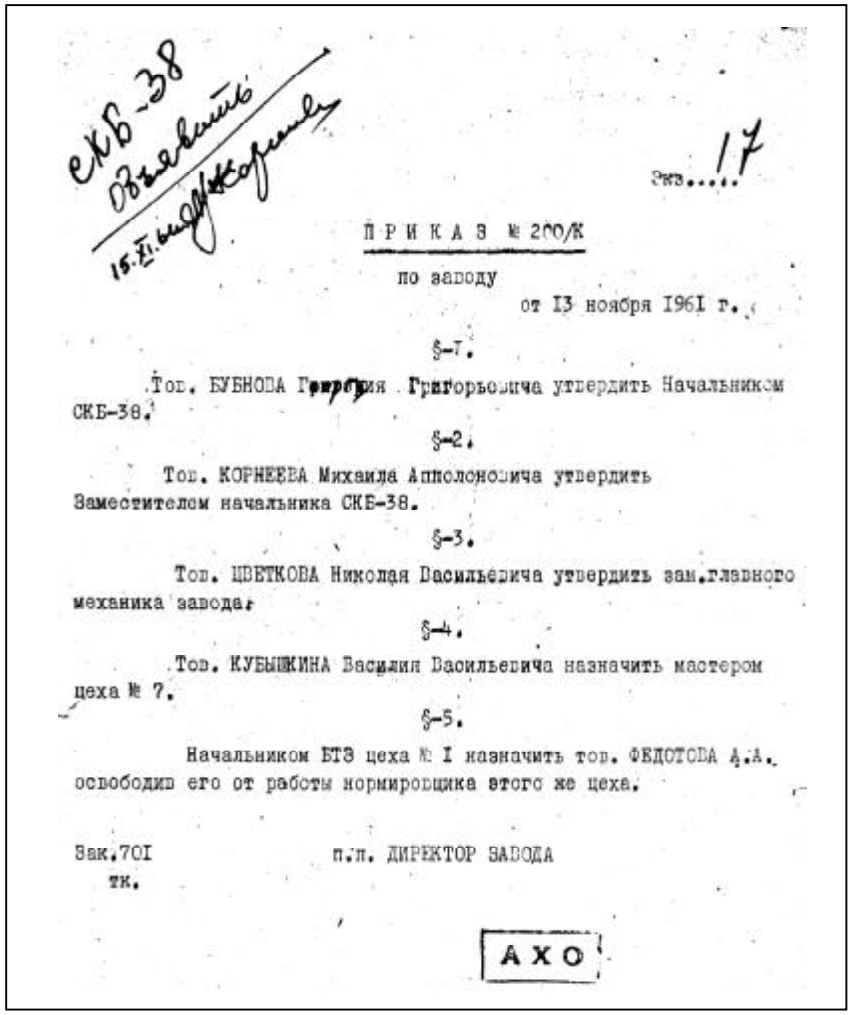
Бубнов Г.Г. (в начале трудовой деятельности)

Сразу после перехода на завод был решен и жилищный вопрос: для нашей семьи завод предоставил двухкомнатную квартиру в новом доме в Кунцево (тогда это была Московская область). К тому времени у нас уже было двое детей, и эта квартира была для нас сказочным подарком. Дом был построен заводом, поэтому большая часть квартир была заселена заводчанами, а в нашем подъезде оказались работники цехов. К Юре они относились доброжелательно и даже уважительно, хотя выглядел он тогда совсем как мальчишка. И очень часто не в рабочее время соседи называли его Юрой, хотя на работе он был для них Георгий Григорьевич. Это не было обидно; скорее, это был признак того, что заводчане считали его уже своим человеком.

Вскоре встал вопрос о вступлении в КПСС. Конечно, Юра был комсомольцем и из комсомольского возраста еще не вышел, но такую высокую должность как заместитель Главного конструктора должен был занимать член партии. Тогда это было обязательно, и исключение для Юры было сделано временно. Процедура была такая: сначала человек,

вступающий в КПСС, принимался кандидатом в члены партии, и только через положенное время рассматривался вопрос о приеме в партию. Помню, как после того, как Юра подал заявление о приеме в партию, к нам в гости пришли три члена парткома из цеха, который изготавливал антенны. Был очень серьезный и очень интересный разговор, после которого я первый раз в жизни испытала сильное уважение к рабочему классу. После этой встречи Юра был принят кандидатом в члены партии единогласно. Это был нелегкий, но счастливый период в жизни Юры: на новом месте работа ладилась, авторитет его возрастал, несмотря на молодость. Однажды он пришел с работы домой не просто довольный, как обычно, а весь сияющий и говорит мне: «Представляешь? Директор завода попросил меня прочесть для него несколько лекций по антеннам». В результате это получились не лекции, а беседы, полезные не только для директора, но и для Юры. Вскоре к этим беседам присоединился и главный инженер завода Корнеев М.А. Впоследствии с Михаилом Аполлоновичем Корнеевым у Юры установились не только хорошие деловые, но и дружеские отношения, которые сохранились на всю жизнь.

Антенная тематика укореняется на заводе имени Хруничева, и 31 декабря 1960 года Осипов Д.Н., в ту пору директор завода имени Хруничева, подписал приказ № 385 об организации специального конструкторского бюро № 38, создание которого было определено постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 3 августа 1960 года. На должность начальника СКБ был назначен Бубнов.



СКБ-38
Заявление
15.XI.

Экз.....17

ПРИКАЗ № 200/К

по заводу

от 13 ноября 1961 г.

§-1.

Тов. БУБНОВА Георгия Григорьевича утвердить Начальником СКБ-38.

§-2.

Тов. КОРНЕЕВА Михаила Аполлоновича утвердить Заместителем начальника СКБ-38.

§-3.

Тов. ЦВЕТКОВА Николая Васильевича утвердить зам.главного механика завода.

§-4.

Тов. КУБЫШКИНА Василия Васильевича назначить мастером цеха № 7.

§-5.

Начальником БТЗ цеха № 1 назначить тов. ФЕДОТОВА А.А. освободив его от работы нормировщика этого же цеха.

Зак.701
тк.

п.п. ДИРЕКТОР ЗАВОДА

АХО

Приказ о назначении Бубнова начальником СКБ-38

Поначалу СКБ занималось вопросами технологии производства антенн, но вскоре появилась и другая антенная тематика, связанная с созданием новых типов антенн. Но в течение следующих двух лет отношение к производству антенн на заводе стало меняться не

в лучшую сторону. Мне трудно судить о причинах этих изменений. Очевидно, немалую роль сыграло и то, что в этот период директором завода стал другой человек. Но основная причина, думается, была в том, что завод в первую очередь должен был выполнять план Министерства авиационной промышленности, а изготовление антенн - это был план Министерства радиопромышленности. С работы Юра приходил уже не такой радостный. «Похоже, нас считают иждивенцами авиационной промышленности», - не раз говорил он. Наверное, именно тогда у него и появилось твердое убеждение, что Министерству радиопромышленности нужен свой завод для производства антенн, обладающий высокими технологиями производства.

В результате СКБ в полном составе было переведено на территорию Тушинского машиностроительного завода. Завод тоже принадлежал Министерству авиационной промышленности, и те же самые проблемы оставались до тех пор, пока у СКБ не появилась своя территория в Тушино. Это был очень старый авиационный ангар (по-видимому, тот самый, где формировалась экспедиция « Северный полюс 1») и еще более старые хозяйственные постройки при нем. Но это никого не пугало, ведь это была уже своя территория. А коллектив СКБ был молодой и полный энтузиазма; на субботниках чинили крышу ангара, ремонтировали прогнивший пол барака, в котором теперь располагались кабинет начальника и помещения для инженерно-технических работников.



Старая территория предприятия. Авиационный ангар

Однажды случился казус: находясь в своем кабинете, Бубнов услышал писк из-под пола. Сначала подумал, что пищат мыши или крысы, потом стало ясно слышно поскуливание собаки и писк щенков. Что делать? Была весна, и под полом барака обычно скапливалось много воды. Решили взломать пол и достали собачье семейство. Смехотворность ситуации состояла в том, что накануне Бубнов строго выговаривал хозяйственной службе за то, что на территории живут собаки и кошки, а тут сам участвовал в спасении животных. После этого спасенное семейство спокойно поселилось в гараже, и вопрос о выселении животных с территории СКБ постепенно отпал. Об этом происшествии дома он рассказывал с юмором. Но все же его беспокоил вопрос пребывания животных на территории. Умные хозяйственники сделали так, что начальство собак практически не видело: днем они пребывали на задворках, а ночью могли свободно гулять по территории,

заодно помогали охранять. Сложнее было с кошками: те нередко попадались на глаза начальству. Приходилось делать вид, что он их не видит. Ведь Юра с детства был кошатником, и дома у нас и коты, и кошки не переводились. Живут и сейчас, целых три.



Один из корпусов старой территории предприятия



Основное здание КБРП, возведено в 1975 году



РАСПЛЕТИН А.А. Генеральный конструктор, создатель системы ПВО г.Москвы, Герой Социалистического Труда, , академик Академии наук СССР

В октябре 1966 года СКБ было реорганизовано в Конструкторское бюро радиотехнических приборов (КБРП). Несмотря на название, тематика осталась прежней; только расширился круг вопросов, и сотрудников прибавилось. А в октябре 1967 года после смерти Александра Андреевича Расплетина организации было присвоено его имя. Теперь полное название писалось так: «Конструкторское бюро радиотехнических приборов им. академика А.А. Расплетина», и должность Бубнова теперь называется «начальник-главный конструктор КБРП им. академика А.А. Расплетина» А в августе 1971 года снова изменилось название должности: теперь он именуется «начальник – технический руководитель КБРП им. академика А.А.Расплетина». Но по сути дела это ничего не меняло. Круг задач и, соответственно, объем работ расширялся независимо от изменения названия организации и должности руководителя. В КБРП уже разрабатываются не только антенно-фидерные устройства для систем ПВО, но и для отдельных радиоастрономических комплексов. Расширяются и теоретические исследования в области дифракции электромагнитных волн на сложных конструкциях, периодических и квазипериодических структурах, а также работы по изучению анизотропных сред и радиофизических свойств различных материалов. В этих работах реализуются идеи Бубнова и других ведущих сотрудников КБРП.

В 1966 году Бубнов награждается первым орденом Трудового Красного Знамени «За создание и производство новой техники». В апреле 1970 года он награжден медалью «За доблестный труд», и в июне того же года награждается знаком «Почетный радист». В апреле 1971 года его награждают вторым орденом Трудового Красного Знамени «За успешное выполнение пятилетнего плана 1966–1970гг.». Такие формулировки объясняются секретностью: нельзя было указывать настоящее название работы.



Бубнов Г.Г. в рабочей обстановке

В эти годы молодой коллектив КБРП, затем НИИРФа, работает с большим энтузиазмом и с большой отдачей. Награждают, конечно, не только Бубнова, но и большой коллектив сотрудников. И это действительно была новаторская работа коллектива ученых и конструкторов. «За достигнутые успехи в изобретательской и рационализаторской работе» сотрудникам и лично Бубнову неоднократно объявляются благодарности, неоднократно награждался дипломами НТО им. Попова:

– в 1970 году за работы: «Линзовые антенны, выполненные из анизотропного искусственного диэлектрика», «Антенное укрытие», «Полые сферические и концентрические линзовые антенны» в соавторстве с Шапиро Р.В., Корнеевым В.И., Козловым Ю.И., Афониной Л.Н. и Годуновой С.П.;

– в 1976 году за работу ОКР «Монтаж, настройка и испытания устройства 5Н» (из-за секретности название антенного устройства не приводилось);

– в 1981 году за ОКР «Создание образцового стенда метрологической аттестации».



Бубнов Г.Г. и Лозино-Лозинский Г.Е. на сессии депутатов районного совета

Еще в начале шестидесятых годов у Бубнова возникла идея строительства специализированного завода по производству антенной техники, принадлежащего Министерству радиопромышленности. И он тогда уже начинает проводить эту идею в жизнь через все инстанции: Министерство радиопромышленности, Госплан, ВПК (Военно-промышленную комиссию) и, конечно, ЦК КПСС. Это отнимает много сил и времени, хотя его уже знают в этих организациях и доверяют. Он лично находит время, чтобы посетить несколько городов европейской части России, примериваясь к возможности построения завода в каждом из них. При этом, он учитывал многое: наличие потенциальной рабочей силы, причем квалифицированной; наличие технического вуза, чтобы готовить кадры на будущее, и многие другие факторы. Мечта о таком заводе не оставляла Бубнова все эти годы. «Сколько можно быть иждивенцами на заводах авиационной промышленности?» – часто



Старосельский П.Н.

говорил он. Наконец, выбор пал на город Гомель Белорусской ССР. В КБРП им. академика Расплетина в 1967 году был создан проект радиотехнического завода.

В 1973 году на заводе был создан филиал КБРП из отдела Главного конструктора и группы специалистов из Казани и выпускников МФТИ, который получил название (ГКБ «Луч»). Первым его руководителем был назначен Ушаков Ю.С., а с марта 1973 года начальником ГКБ «Луч» был назначен Старосельский П.Н.

В этом же году в Гомеле было завершено строительство уникального по тем временам Гомельского радиозавода (ГРЗ). В 1974 году при заводе было создано Специальное конструкторское бюро (СКБ) под руководством Петра Николаевича Старосельского. Петр Николаевич был ленинградцем, имел там хорошую работу и достаточно комфортный быт, но Юра заразил его идеей нового радиозавода, и Старосельский П.Н. с семьей переехал в Гомель. Он часто шутил: «Был я ленинградцем, а теперь из-за Бубнова белорусом стал». У Петра Николаевича с Юрой было полное взаимопонимание, их отношения можно было назвать крепкой мужской дружбой. Старосельский П.Н. человек творческий, и поэтому СКБ Гомельского завода стало проводником не только идей КБРП, но и своих тоже. В результате заработал целый комплекс «проектирование—изготовление». Но требовались новые кадры (ведь производство расширялось), и неугомонный Бубнов снова появился в Гомеле с предложением руководству Гомельской области преобразовать Гомельский педагогический институт в университет с целью подготовки кадров для радиопромышленности. Преобразование педвуза в университет было сделано на уровне руководства БССР, т.е. решение принималось уже в Минске. Так проблема кадров в Гомеле с учетом потребностей завода и СКБ была решена. Нужно отметить, что преобразование института в университет было тогда редким случаем, и Юре пришлось приложить очень много сил.

Но проблема кадров для антенной промышленности еще не была решена и в Москве. Да, здесь достаточно много вузов, готовящих конструкторов высокой квалификации. Но нужны были специалисты, обладающие и конструкторскими знаниями, и знаниями антенно-фидерных систем. У Юры уже давно была идея подготовки таких специалистов. И он принялся за разработку учебного плана по специальности «инженер-конструктор антенно-фидерных систем». Кто имел дело с такой работой, тот знает, какая это трудоемкая работа вообще, а здесь дело касалось создания совсем новой специальности. Предварительно он изучил учебные планы близких специальностей в МВТУ им. Баумана, в МАИ и в других вузах. А потом начались творческие муки, которыми интересовалась вся семья, так как по выходным в одной из комнат нашей квартиры весь пол был занят листами с различными вариантами учебного плана для новой специальности МАИ. Наконец, учебный план был проработан в деталях. Изначально было решено, что обучение будет осуществляться по системе физтеха. От этой системы была взята идея прикрепления студентов к подразделениям КБРП, начиная со второго или третьего курса. И в 1975 году на 9-ом факультете МАИ была создана кафедра №909 «Конструирование антенно-фидерных систем». Первым ее заведующим стал Бубнов, к тому времени уже доктор технических наук и профессор МФТИ. Но вскоре в силу большой занятости он передает заведывание кафедрой профессору Теленкову Евгению Александровичу, который был штатным сотрудником предприятия и уже преподавал на этой кафедре. Юра отзывался о Теленкове так: «Женя надежен, как танк: делает все тщательно, обстоятельно и любое дело доводит до конца». При заведующем профессоре Теленкове кафедра достигла своего расцвета; ее выпускники были нарасхват, т.к. таких специалистов, соединяющих знания конструкторской специальности и антенно-фидерных систем не было и нет в мире. Но, к сожалению, расцвет кафедры длился недолго. В девяностые годы наступила перестройка, и, к тому же, ослабла связь кафедры с базовым предприятием, т.е. с НИИРФом. В 1995 году исполнилось 20 лет со дня

организации кафедры № 909, и 9-ый факультет МАИ организовал торжественный вечер в честь юбилея.

Поздравить членов кафедры и ее заведующего Теленкова Е.А. пришли многие сотрудники МАИ, в том числе и с других факультетов. Я была на этом юбилее кафедры и даже выступила перед студентами, рассказала, как создавалась эта специальность. Юры уже не было с нами. «Что бы это означало – полное отсутствие руководства НИИРФа?»,- думала я, а многие вслух задавали этот же вопрос. А спустя некоторое время все стало ясно: Теленков вынужден был уйти с должности заведующего кафедрой, уступив место другому человеку.

Я еще ничего не написала о кафедре «Прикладная электродинамика» в МФТИ. Эта кафедра была основана как базовая кафедра КБРП им. академика А.А.Расплетина в 1970 году, и первым ее заведующим стал Бубнов. Я ничего не буду писать об этой кафедре, так как более подробно и со знанием дела, как это сделал Саша Шишлов, пожалуй, не сможет написать никто; во всяком случае, еще не написали.



Преподаватели кафедры МАИ
В первом ряду: Бубнов Г.Г., Янукьян З.А., Диняева Н.С.,
Теленков Е.А., Бачурин В.Ф.
Во втором ряду: Султанбеков Р.С., Островский А.И., Шапиро Р.В., Семененко Л.А.,
Ласкин Н.Н. Гармаш В.Н., Теленков М.А.

Хочу вернуться к последним годам жизни Юры. Начну с 1981 года. Уже все привыкли к наличию Гомельского завода и СКБ при нем, уже на кафедре №909 МАИ появились первые выпускники. Наличие конструкторов антенных систем и выпускников кафедры МФТИ должно было в будущем создать сильный во всех отношениях научный коллектив. И такой коллектив появился. В результате КБРП имени академика А.А.Расплетина было

реорганизовано в «Научно-исследовательский институт радиофизики имени академика А.А.Расплетина» (НИИРФ имени академика А.А.Расплетина) 29 июня 1981 года, а доктор технических наук, профессор .Бубнов Г.Г. приказом Министра радиопромышленности Петра Степановича Плешакова был назначен директором – научным руководителем этого института. Ему было 47 лет, и никто не знал, что оставалось всего только пять. К этому времени он был лауреатом Государственной премии СССР, премию он считал заслугой всего коллектива.

Это были годы процветания института, годы творческого подъема всего коллектива. Коллектив успешно справлялся с поставленными задачами, но жизнь ставила новые. Это были годы «холодной войны», и в ответ на американские планы «звездных войн» «планировалось создать системы предупреждения нападений из космоса при помощи локационных станций миллиметрового диапазона». А чтобы делать РЛС миллиметрового диапазона, нужны были точности на порядок выше имеющихся. Такими точностями производства обладали тогда только часовые заводы. Выбор пал на Чистопольский часовой завод, при котором решено было создать специальное подразделение ЧКТБ «Вектор» (постановление Совета Министров СССР от января 1986 года). Бубнов предложил молодому доктору физико-математических наук, выпускнику МФТИ 1973 года Виктору Классену возглавить ЧКТБ «Вектор» в Чистополе. И Виктор согласился. В начале 1986 года Классен вместе с женой и двумя детьми переехал на постоянное место жительство в Чистополь и приступил к работе. Следуя своей уже проверенной методике, Бубнов, теперь уже вместе с Классеном, принялись за организацию факультета «Восток» как подразделения Казанского авиационного института в городе Чистополе. И в короткие сроки факультет заработал по системе физтеха.

Вот как вспоминает о Бубнове один из его любимых учеников Классен В.И.: «Бубнов был, на мой взгляд, очень доверчивым человеком. У него была абсолютно доверчивая улыбка. Он никогда не отводил глаз, по малейшему поводу он улыбался. Он был открыт для человека. Никогда не было ощущения, что он от тебя что-то скрывает. Он всегда с открытой душой подходил к человеку. И вот сейчас мне кажется, наверно гипотетически его можно было достаточно легко обмануть. Не знаю, обманывал ли его кто-нибудь, во всяком случае я его однажды спросил. Тогда я уже был заведующим лабораторией. Естественно, я заходил к нашему директору предприятия, подписывал различные бумаги, это было достаточно часто. И он всегда молниеносно все подписывал. Я как-то озадаченно спросил: «Георгий Григорьевич, что же это Вы все подписываете не глядя?». На что он высказал такую умную мысль, которая мне запомнилась на всю жизнь: «Это я тебе все подписываю не глядя, потому что я тебе верю. Если ты меня хотя бы один раз подведешь, я из-за тебя попаду в какую-нибудь историю – я буду читать все твои бумаги от и до. И ничего больше я тебе так подписывать не буду. Запомнил?».



Классен В.И.

Бубнов всячески поддерживал научные работы. У нас каждую неделю были научно-технические семинары, мы участвовали во всех мыслимых и немыслимых советских конференциях и симпозиумах. Это было у Бубнова какое-то воспитанное на физтехе трепетное отношение к науке, понимание ее значимости, понимание того, что она не может сиюсекундно, сиюминутно дать какой-то результат, нужно время, чтобы те или иные результаты могли быть применены на практике.

Он меня как-то учил, когда я уже был заведующим лабораторией. Он говорил: Что-то там где-то кто-то, какой-то министр тебе обещает – это ровным счетом ничего не означает. Если какой-то член Политбюро ЦК КПСС чего-то пообещал – это ровным счетом ничего не означает. Важно, чтобы в том или ином министерстве, в соответствующем там отраслевом отделе ты был бы замечен женщиной, которая это направление ведет, эти фонды учитывает, эти фонды на самом деле выделяет, чтобы в ее тетради в линеечку за 96 копеек, появилась запись: выделить КБРП компьютер такой-то. Ведь это была плановая экономика, всем и вся

управлял Госплан. И надо сказать, что Бубнов совершенно блестяще, как рыба в воде, крутился вот в этой плановой экономике».

Другим филиалом предприятия, организованным Бубновым, было Сызранское конструкторско-технологическое бюро «Луч». Его основной задачей была разработка полимерных материалов для укрытий и других элементов антенных систем. Таким образом было завершено создание комплекса предприятий, способных полностью обеспечить разработку и техническое сопровождение изготовления любых крупногабаритных антенн в широком диапазоне частот.

Большинство работ Бубнова и руководимого им коллектива связаны с оборонной тематикой. Но есть и другая серия работ: это работы, связанные с созданием астрономических антенн. И за участие в этих работах в 1985 году Бубнов стал лауреатом Государственной премии Армянской ССР.

В 1985 году НИИРФ отмечал свой двадцатипятилетний юбилей. Институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени, а его директор-научный руководитель – орденом Октябрьской революции. И последняя награда была в июле 1985 года – Золотая медаль ВДНХ.



Вручение институту ордена Трудового Красного Знамени



Выступление Бубнова Г.Г на пленарном заседании конференции по теории и технике антенн

Это были годы расцвета института. Коллектив уже насчитывал около двух тысяч сотрудников, институт расположился в новом шестнадцатиэтажном здании, были построены пионерский лагерь «Лесной», зона отдыха «Утро» на Истринском водохранилище и пансионат «Севастополь» в Крыму. На сегодняшний день от всех этих «непрофильных активов» остались одни воспоминания.



Бубнов Г.Г. на демонстрации В центре: Бубнов Г.Г., Смирнов Л.А., Швецов В.П.



На демонстрации Классен В.И., Бубнов Г.Г., Шишлов А.В.

Вот что рассказывает о строительстве пионерского лагеря Рувинский В.И. «Строительство пионерского лагеря «Лесной» и зоны отдыха «Утро» велось в начале 70-х годов почти одновременно и с активным участием сотрудников предприятия. По крайней мере, регулярно на нескольких автобусах подразделения почти в полном составе выезжали на эти две стройки для уборки мусора и других подобных работ. Надо признать, что мы больше любили ездить в зону отдыха «Утро», т.к. она была расположена на живописном берегу Истринского водохранилища, строились там простенькие фанерные домики с удобствами на улице, мусора там было не так и много и всегда оставалось время приготовить шашлык, да и искупаться в водохранилище. В то время в пионерском лагере «Лесной» возводились отапливаемые кирпичные спальные корпуса, что по тем временам являлось уникальным событием, так как абсолютное большинство лагерей того времени в Подмосковье представляли собой деревянные постройки барачного типа. А если учесть, что вместе со спальными корпусами строился и спортивный комплекс с закрытым плавательным бассейном, а также открытая спортивная площадка с искусственным покрытием, то мы были уверены, что это будет один из лучших пионерлагерей Москвы. Так оно и произошло. По итогам летних оздоровительных компаний наш «Лесной» неоднократно признавался в числе нескольких других лучшим пионерским лагерем г. Москвы с вручением Почетной грамоты и переходящего Красного знамени.

Вспоминаются два эпизода, связанные со строительством и открытием пионерлагеря «Лесной».

По существующим в то время нормативам высота спальных корпусов не должна была превышать 2-х этажей. Когда при строительстве корпусов их высота достигла этого уровня, в лагерь приехал Бубнов. Посмотрев на корпуса, он заявил, что ему эта высота не нравится, и что надо строить еще один этаж. На все возражения, что по существующим нормативам этого делать нельзя, Георгий Григорьевич ответил, что мы строим официально объект гражданской обороны, и всю ответственность он берет на себя. Так наш лагерь стал 3-х этажным, и, хотя многочисленные районные и городские лагерные комиссии ежегодно записывали это как одно из официальных замечаний, в частных беседах они всегда признавали правильность принятых решений.

Другой эпизод связан с первым его открытием и завозом туда детей. Для того, чтобы он был официально открыт, нужно было иметь положительное решение (по результатам проверки готовности к завозу детей) районной лагерной комиссии, состоящей из представителей различных ведомств (медицина, пожарники, райисполком и т.д.). На основании этого решения райисполком выдавал так называемый паспорт. И уже с этим паспортом можно было прикрепляться к торговым продовольственным базам, заказывать автобусы для перевозки детей и т.п. Таким образом, без этого паспорта открыть лагерь и завести туда детей не представлялось возможным. Но получить это положительное решение особенно при первом открытии было чрезвычайно сложно, т.к. всегда находились какие-то недостатки (в том числе и 3 этажа спальных корпусов).

В то время всю организационную работу по открытию лагеря совместно с администрацией и профкомом взял на себя первый его директор Жолткевич В.А. – человек, наделенный от Бога талантом в части организации отдыха и досуга, легкий в общении, умеющий быстро находить контакт и взаимопонимание в любой компании и обстановке. Находясь в очередной раз в райисполкоме, и не имея на руках положительного решения лагерной комиссии, он, тем не менее, всеми правдами и, в основном, неправдами сумел получить паспорт, в тот же день быстро зарегистрировал наш лагерь на продовольственных базах и оформил заказ автобусов. На совещании у Бубнова Г.Г., оценив всю обстановку, было принято решение – «Лесной» открываем!

Когда в райисполкоме опомнились и стали требовать вернуть паспорт, а лагерь не открывать – было уже поздно. Через 2 дня наши дети поехали в «Лесной». По этому случаю предприятие попало даже в доклад 1-го секретаря МГК КПСС Гришина В.В. – как

предприятие, открывшее лагерь без официального разрешения. Но тем не менее «Лесной» был открыт, и это было знаковое событие для всего коллектива предприятия».



Бубнов в пионерском лагере «Лесной»



Линейка в пионерском лагере «Лесной»



Корпус пионерского лагеря «Лесной»

Георгий Григорьевич всегда стремился к расширению сферы деятельности предприятия. В частности, он стремился к превращению предприятия в разработчика больших систем, именно этим объясняется приглашение в НИИРФ небольшой группы инженеров во главе с Ушаковым О.А., занимавшихся разработкой мощных СВЧ-систем. Однако эта попытка была неудачной, и системный характер институт обрёл позднее, уже после кончины Георгия Григорьевича.

Напряженная работа «на износ» в течение долгих лет, сложные отношения с руководством ЦНПО «Вымпел», изнурительные поездки на заводы и испытательные полигоны, неустроенный быт на объектах, стремление личными усилиями преодолеть бюрократизм системы, промахи и недоработки подчиненных и смежников – всё это было причиной постоянных стрессов и, в конце концов, разрушило его здоровье.

Бубнов умер в расцвете сил, 29 октября 1986 года, и похоронен на Кунцевском кладбище г.Москвы.



В день памяти Бубнова Г.Г. на Кунцевском кладбище



В день памяти Бубнова Г.Г.

___ * ___

Прошло уже двадцать три года с того печального дня. Все это время я не теряю связь с сотрудниками «Радиофизики». А если сказать точнее, то сотрудники «Радиофизики» не забывают о семье Бубнова. Я в курсе всех их бед, связанных с перестройкой и другими напастями последних лет. Я рада, что «Радиофизика» сохранилась, несмотря на все трудности и потери. Конечно, это заслуга коллектива, в котором есть много людей, преданных своему делу.



Шелудченко А.Н.

Хочется назвать в первую очередь троих: Анатолия Николаевича Шелудченко, Алексея Алексеевича Толкачева и Бориса Аркадьевича Левитана.

Анатолий Николаевич Шелудченко сразу после службы в армии пришел на работу в СКБ-38 в 1964 году. Работал сначала настройщиком-регулировщиком третьего разряда, а с 1979 года он уже – заместитель начальника КБРП им. академика А.А.Расплетина по кадрам и по режиму. В моем представлении, эта должность для буквоеда и формалиста. Но Анатолия Николаевича к этой категории никак нельзя причислить. Он знает кадровый состав «Радиофизики» не только по анкетам, но и чисто по-человечески. Наверное, поэтому многие сотрудники именно к нему обращаются со своими трудностями и бедами, даже неслужебного характера. Он очень многим помогал и помогает, хотя нередко это требует больших усилий. Я считаю, что в трудные для «Радиофизики» времена Анатолий Николаевич много сделал для сохранения кадрового состава организации. А высказывание «Кадры решают все» еще никто не смог опровергнуть. Бубнов очень ценил Шелудченко как сотрудника и очень хорошо отзывался о его человеческих качествах. После смерти мужа нашу семью поддерживали многие сотрудники «Радиофизики». И очень большую заботу мы ощутили со стороны Анатолия Николаевича. Вот с тех пор члены нашей семьи и считают его родственником.

Вскоре после смерти Бубнова на должность научно-технического руководителя НИИРФа был назначен известный ученый в области радиолокации Алексей Алексеевич Толкачев. Не думаю, что его обрадовал перевод из НИИРПа в НИИРФ, но он пришел сюда с большой частью своего научного коллектива, который за короткое время безболезненно слился с коллективом НИИРФа. Такого мог за короткое время достичь только опытный и тактичный руководитель. Зная все трудности, которые его ожидают, он впрягся в работу и стал умело тянуть этот «воз». Но, как выяснилось со временем, насчет «всех трудностей» я ошиблась; никто не ожидал столько, сколько их выпало на долю «Радиофизики». А Толкачев до сих пор не сдается и «тянет этот воз». Именно под его руководством работы ОАО «Радиофизика» обрели системный характер. То, о чем мечтал Бубнов, вопреки всем трудностям сделал Толкачев.

А теперь о самом молодом из троих, о Борисе Аркадьевиче Левитане. Он из тех сотрудников, которые пришли в «Радиофизику» вместе с Алексеем Алексеевичем Толкачевым. Из общения с ними я поняла, что они единомышленники. Это ценно. Левитан работал в НИИРФе сначала в должности заместителя Главного конструктора. 10 июня 2005 года он был избран на должность Генерального директора ОАО «Радиофизика». Вот уже пятый год он у штурвала корабля под названием «Радиофизика». Даже страшно вспомнить, что случалось с этим кораблем за последние три года, сколько раз его пытались потопить. По сравнению с тем, что было, истории про сомалийских пиратов – просто детские сказки.

Я не преувеличиваю заслуги этих троих руководителей, хотя многих подробностей не знаю. Зато сегодня виден результат – «Радиофизика» живет!

Счастливого Вам плавания среди новых проблем науки и техники!

4. РАБОТЫ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ АНТЕНН

Отраслевые институты, как правило, создаются по тематическому принципу. Разработка системы от идеи до воплощения её в опытном образце выполняется коллективом высокопрофессиональных системных и отраслевых инженеров института с привлечением кооперации. Исключением из этого правила стало наше предприятие: оно было создано как конструкторско-технологическое бюро при заводе, которое постепенно за несколько десятилетий трансформировалось в институт, создающий системы радиолокации и связи. Причин такой метаморфозы несколько. Во-первых, конструирование, изготовление и монтаж на объекте больших антенн – дело трудоемкое и дорогостоящее. Поскольку в СССР во второй половине 20-го века разными институтами создавалось большое количество различных оборонных радиосистем с крупногабаритными антеннами, было целесообразно сконцентрировать конструкторско-технологические и производственные ресурсы для создания антенн в рамках единой кооперации – это было проявление государственной политики. Во-вторых, сами головные институты были сосредоточены на решении принципиальных системных вопросов и не имели особого желания заниматься «черновой» работой. И, наконец, в-третьих, становлением и стремительным развитием предприятие в значительной степени обязано своему первому руководителю Бубнову Г.Г., который организовал эффективную работу КБ и обеспечил его признание в отрасли. По сути, Бубнов негласно руководствовался амбициозным лозунгом: «все антенны для отрасли должны конструироваться в КБРП – лучше нас никто не сделает!». Этот тезис развивал главный инженер Петросов: «конструкторы и технологи – вот белая кость, на которой держится предприятие». И всё же Бубнов понимал, что такая позиция неустойчива, и опираться на неё долго невозможно. Он осознавал необходимость развития и предпринимал действия, которые позволили предприятию стать, в конце концов, самодостаточным институтом. Но вначале были конструкторские работы, на которых была создана база и завоеван авторитет. Об этих разработках и пойдет речь в этой главе.

Поплавский И.В., Радченко В.П., Шишлов А.В.

Комплекс С-75. Образование СКБ-38

В 1958 году после окончания МФТИ Бубнов был принят инженером в КБ-1. В это время работы по созданию мобильного комплекса ПВО С-75 вступили в стадию разворачивания серийного производства. Георгий Григорьевич, еще будучи студентом, участвовал в разработке антенных устройств. Его дипломная работа, выполненная под руководством Зелкина Е.Г., была посвящена исследованию конусно-параболических металловоздушных линз (МВЛ). Разработкой теории и методов проектирования МВЛ в то время активно занимались в антенном отделе, возглавляемом Заксоном М.Б., в связи с тем, что они использовались в антеннах комплексов С-75 в качестве сканирующих линейных облучателей параболических цилиндрических зеркал. Две таких антенны с веерными лучами использовались в радиолокаторе поиска целей. Одна обеспечивала обзор пространства по углу места, другая – по азимуту. Примененная в антеннах С-75 МВЛ состояла из двух основных частей: сканера типа «улитка» с вращающимся волноводным возбудителем на входе и фазокорректирующей линзы типа «гребень». В МВЛ электромагнитные волны распространяются между параллельными проводящими поверхностями, расположенными на расстоянии около половины длины волны. В «улитке» и «гребне» параллельные стенки имели экзотические формы поверхностей. В облучателе антенны С-75 они образованы

профилированными листами алюминия. «Улитка» конструктивно выполнена в виде МВЛ, свернутой в рулон, а «гребень» – в охватывающий её плоский рупор с наплывом.



Общий вид антенн комплекса С-75

Антенны представляли собой весьма непростые устройства. Это связано с тем, что в 50-е годы еще не были разработаны фазовращатели для антенных решеток с электрическим сканированием, и относительно быстрое перемещение луча в пространстве можно было осуществлять только с помощью электромеханических сканеров. Именно этим обусловлен и характерный для конца 50-х – начала 60-х годов 20 века интерес к теоретическим вопросам создания МВЛ. В частности, большой раздел посвящен МВЛ в книге Фельда Я.Н. и Бененсона Л.С. «Антенно-фидерные устройства». Много места было уделено МВЛ в книге Зелкина Е.Г., который разрабатывал МВЛ для антенн С-75 и получил за это Ленинскую премию (Зелкин Е.Г., Петрова Р.А. «Линзовые антенны»).



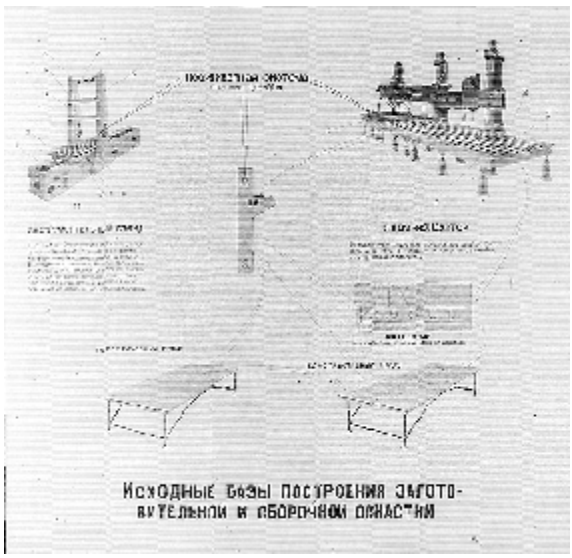
а) МВЛ «улитка»
– электромеханический сканер



б) МВЛ «гребень»
– фазовый корректор облучателя

Облучающее устройство антенны С-75 – конструкция, состоящая из электромеханического сканера (а) и фазового корректора (б)

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 (ГАЗИСО). Ниже на рисунках они значатся как «Завод А» и «Завод Б». В кооперацию входили также Подольский механический завод и Лианозовский электромеханический завод. Все эти заводы тогда имели самые передовые технологии, весьма высокий уровень технологический культуры и производственной дисциплины.

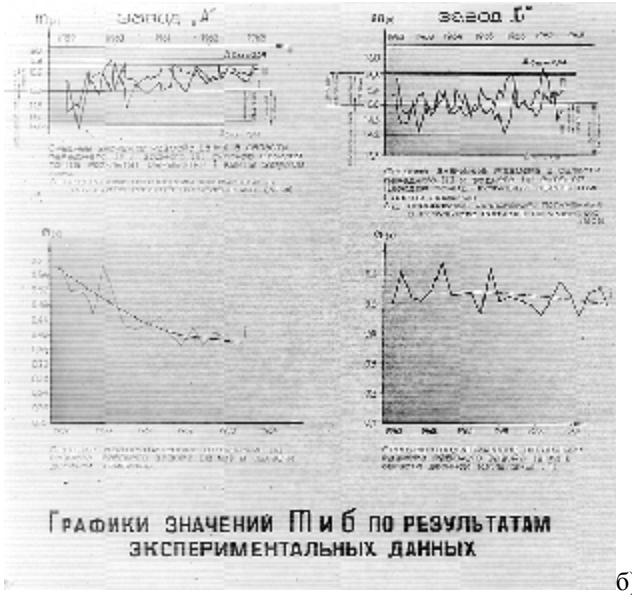




Технологическое и метрологическое оборудование для изготовления антенных устройств комплекса С-75 (из докторской диссертации Бубнова)



а)



б)

Оборудование для изготовления и контроля точности МВЛ (а)
Результаты обработки массивов измерений геометрии поверхностей МВЛ (б)

На этой производственной базе достаточно быстро удалось освоить серийное изготовление антенных устройств. Были разработаны технологии производства рефлекторов с допусками не хуже 0,5 мм, формования поверхностей МВЛ, пайки сложных волноводных

узлов сканера и фидерных трактов с допусками менее 0,1 мм. Были созданы технологические приспособления для изготовления, сборки и контроля точности изделий.

Бубнов сразу же включился в работы по налаживанию производства антенн для С-75. Большую часть времени он проводил на заводах в Подольске, Филях, Горьком. Его задачей в качестве представителя главного конструктора было следить за качеством радиотехнических характеристик антенн. Конструкторскими вопросами занимался его коллега из КБ-1 выпускник МАИ Теленков Е.А. Но Георгий Григорьевич в силу своего характера не мог ограничиваться только вопросами качества и контроля радиотехнических характеристик – он вникал во все проблемы производственного цикла: от конструкторско-технологических до организационных. Из представленных на этих страницах рисунков, заимствованных из материалов докторской диссертации Бубнова, видно, сколь широкий круг вопросов и с какой глубиной проработки он охватывал. При его активном участии были разработаны методики и создано оборудование для измерений геометрии поверхностей МВЛ, разработаны и отлажены алгоритмы обработки массивов измерений, налажены испытания антенн. Вскоре, наряду с системами С-75, заводы начали осваивать производство комплексов С-125 с аналогичными антеннами для поражения низколетящих целей.

Обратите внимание на плакат общего вида комплекса С-75, выпущенного в те годы: в силу режимных соображений на нём использовано образное название «система посадки самолетов». Соответствие названия фактически выполняемым задачам было многократно подтверждено, начиная с «посадки» Пауэрса 1 мая 1960 года над Уралом. Кандидат в президенты США на выборах 2008 года Дж. Маккейн также жаловался, что был сбит во Вьетнаме русской ракетой этого комплекса.

В 1959 году Бубнов большую часть времени проводил на заводе имени М.В. Хруничева в Филях. С ним работали Теленков Е.А., Черногоров Ю., Фандюшин Г.А., Трофимова М.В., Липкин А.М. и другие. Коллектив рос в соответствии с увеличением объема поставленных задач. Профессионализм и эффективность работы Бубнова и сформировавшейся вокруг него группы получили высокую оценку руководства. Вскоре к нему обратился с предложением директор завода им. Хруничева Осипов Д.Н.: «Вы отлично действуете! Ваши усилия помогают заводу быстро осваивать производство новой антенной техники. Заводу предстоит создавать и другие сложные антенны для перспективных РЛС. При заводе необходимо организовать конструкторское бюро для сопровождения антенного производства. Предлагаем Вам его возглавить». Идея создания КБ была поддержана также и Генеральным конструктором Расплетиным А.А., который понимал, что создавать антенны для его комплексов могут лишь высокопрофессиональные производственные коллективы. Против был лишь начальник антенного отдела КБ-1 Заксон М.Б., которому, конечно же, не хотелось терять своих специалистов. В 1960 году был подписан приказ о создании при заводе им. Хруничева Специального конструкторского бюро СКБ-38. Директором был назначен Бубнов, главным инженером – Королев Д.Л. Так родилось наше предприятие, которому была уготована интересная и не простая судьба.





Теленков Е.А. ***Королев Д.Л.***

Примерно в это же время завод им. Хруничева, который был производственной базой авиационного КБ Мясищева, посетил Хрущев Н.С. Он заявил, что пришло время делать ракеты, и производство самолетов в таком количестве следует сворачивать. Завод был передан в подчинение Генеральному конструктору НПО машиностроения Челомею В.Н. и впоследствии стал производить ракеты «Протон» и другую ракетно-космическую технику.

СКБ-38 было перебазировано на Тушинский машиностроительный завод, которому было поручено осваивать изготовление антенных постов комплекса С-200. Однако и там СКБ-38 надолго не задержалось, потому что изготовление антенн С-75, С-125 и С-200 было

передано на ГАЗИСО и Горьковский механический завод (ГМЗ). В 1962 году СКБ-38 отдали освободившуюся территорию вертолетного КБ Миля в Тушино с ангаром и другими строениями. Вскоре предприятие стало называться Конструкторским бюро радиоприборов (КБРП).

Радиолокатор подсвета целей (РПЦ) комплекса ПВО С-200

Следующая большая работа, порученная коллективу предприятия, была связана с созданием антенного поста комплекса С-200. Этот комплекс обеспечивал обнаружение и поражение целей на дальностях уже не в десятки, а в сотни километров. Комплекс создавался в КБ-1 с 1958 года (Главный конструктор Расплетин). Разрабатывали антенны сотрудники отдела Заксона. В СКБ-38 во главе с Бубновым занимались конструированием и сопровождением производства антенн.

Антенная система представляет собой сборку, состоящую из приемной и передающей зеркальных антенн, размещенных на поворотной кабине КУНГа с аппаратурой станции. Конструкция обеспечивает нацеливание антенн по азимуту и углу места. Узкий луч передающей антенны формируется несимметричным (офсетным) параболическим зеркалом размерами около 5 × 5 м. Приемная антенна с офсетным зеркалом размерами около 3 × 3 м имеет моноимпульсный облучатель, формирующий суммарно-разностную диаграмму, позволяющую измерять угловые координаты 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 и стало одним из главных факторов, позволивших существенно повысить потенциал локатора и дальность действия системы.



Радиолокатор комплекса С-200.
Общий вид, разработанный конструкторами СКБ-38



Радиолокатор комплекса С-200 на позиции

Разработку конструкции антенного поста вело конструкторское подразделение во главе с Теленковым. Большой вклад в работу конструкции внесли Наумчик А.А., Фандюшин Г.А., Черногоров Ю.



Наумчик А.А.

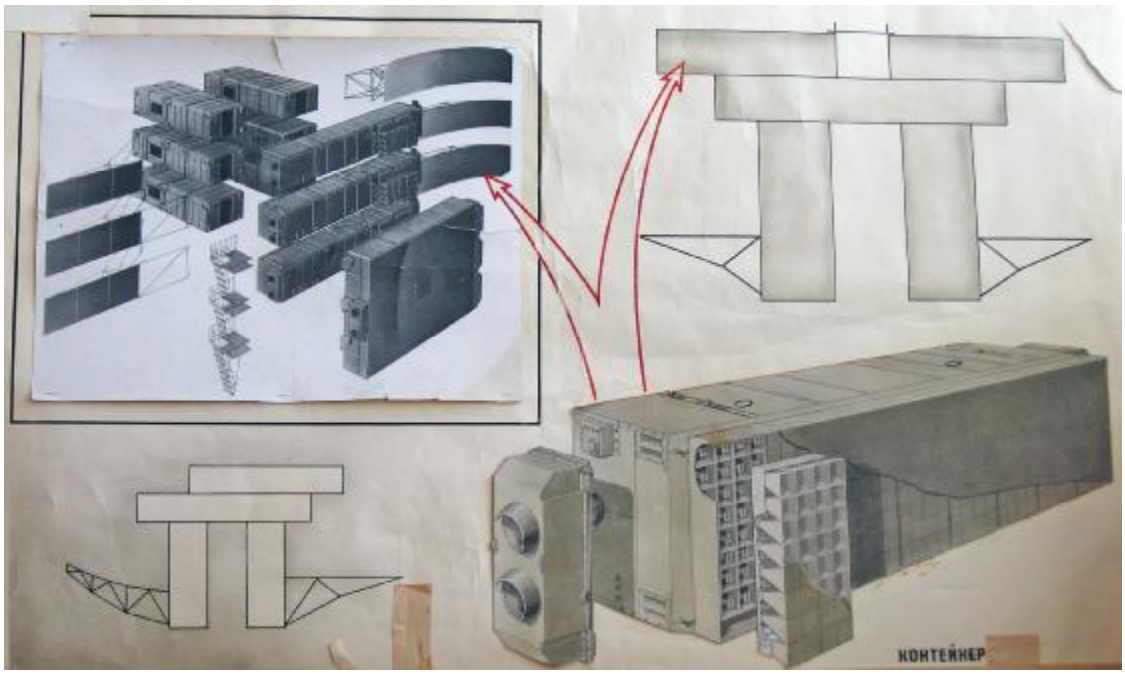


Фандюшин Г.А.

Опытный образец антенного поста С-200 был изготовлен на Тушинском машиностроительном заводе. Затем весь задел был передан на предприятия в г. Горький. На ГАЗИСО освоили серийное изготовление больших рефлекторов с допусками не хуже ±0.5 мм. Сборку антенного поста в целом выполняли на ГМЗ. В 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 большой дальности 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. Он ушел из жизни в 1967 году. Однако сотрудничество коллектива Бубнова с «альма-матер» – КБ-1 – продолжается и поныне.

РЛС наведения РСН-225

В 1961 году КБ-1 приступило к созданию РЛС стрельбового комплекса ПРО С-225, предназначенной для перехвата баллистических целей на нисходящем атмосферном участке их траектории, где боевая часть легко выделяется на фоне ложных целей, предназначенных для преодоления ПРО. Работы на начальном этапе возглавил Расплетин, а после его смерти – Бункин Б.В. РЛС стрельбового комплекса разрабатывалась под руководством Брахмана Т.Р., а затем – Капустяна К.К. Она должна была обнаруживать цели на расстояниях до 800 км. Разработка антенн была поручена антенному отделу КБ-1 под руководством Заксона, конструирование – конструкторскому подразделению СКБ-38 во главе с Теленковым, изготовление – Московскому радиотехническому заводу в Кунцево. Разработка оказалась сложной, по ходу работы требования к системе неоднократно корректировались. В частности, после появления новых баллистических ракет с ложными целями пришлось расширять сектор электрического сканирования передающей антенны. Для этого в РЛС были применены фазированные антенные решетки (ФАР).



Контейнер с аппаратурой ФАР комплекса С-225
Общий вид, разработанный в конструкторском подразделении СКБ-38

Антенный пост был выполнен на основе приемной и передающей ФАР в контейнерном исполнении, установленных на общем азимутально-угломестном поворотном устройстве. Приемная ФАР имела размер 7 × 7 м. Она состояла из центральной части с эквидистантной решеткой вибраторных излучателей и периферийной части с решеткой неэквидистантно расположенных печатных излучателей. Такая конструкция позволила снизить уровень бокового излучения. Эти излучатели были разработаны в антенном отделе КБРП, возглавляемом Коростышевским Е.Н. Фидерная система ФАР выполнена на коаксиальных линиях.

В первом опытном образце комплекса С-225 применена передающая зеркальная антенна с многоэлементным облучателем в виде линейной ФАР. Во втором образце передающая антенна выполнена в виде плоской ФАР размерами 7 × 7 м. Она имела сектор электронного сканирования ±20º. ФАР выполнена в виде рупорной решетки с ферритовыми фазовращателями. Излучатели передающей ФАР объединены в подрешетки, подключенные

с помощью волноводной фидерной системы к выходам многоканального клистронного передатчика, также установленного на поворотной части.

Конструирование антенного поста в НИО-2 вели Теленков Е.А., Серебренников С.А., Цыганков Б.И. Для СКБ-38 это был первый опыт конструирования ФАР. Объем аппаратуры на поворотной части оказался велик, трудно было равномерно распределить нагрузки на раму кабины и узлы опорно-поворотного устройства. Впоследствии, на этапе эксплуатации, это приводило к поломкам. Однако приобретенный опыт конструирования активных ФАР был учтен в последующих разработках.





Цыганков Б.И. Серебренников С.А.

Первый опытный образец комплекса С-225 назывался «Азов» и был установлен на полигоне Сары-Шаган в 1971 году. С его помощью осуществлялись проводки баллистических ракет. В 1972 году был подписан договор с США об ограничении ПРО, и эта станция была уничтожена. Однако успешные проводки баллистических ракет на полигоне Сары-Шаган побудили военное руководство установить второй образец РЛС как измерительное средство на Камчатском полигоне Кура, куда велись стрельбы баллистическими ракетами, и где ранее была развернута РЛС РЭ-3, созданная под руководством Кисунько.

В 1975 году РЛС была смонтирована на полигоне Кура и сдана в эксплуатацию.



Второй образец С-225 на Балхашском полигоне.
Испытания перед отправкой на Камчатку

Радиолокатор низковысотного обнаружителя (НВО) системы С-300П

Разработкой конструкции антенн этого радиолокатора занимался сотрудник ОАО «Радиофизика» Бойченко А.Ф. и его сотрудники. Ниже приведены его воспоминания.

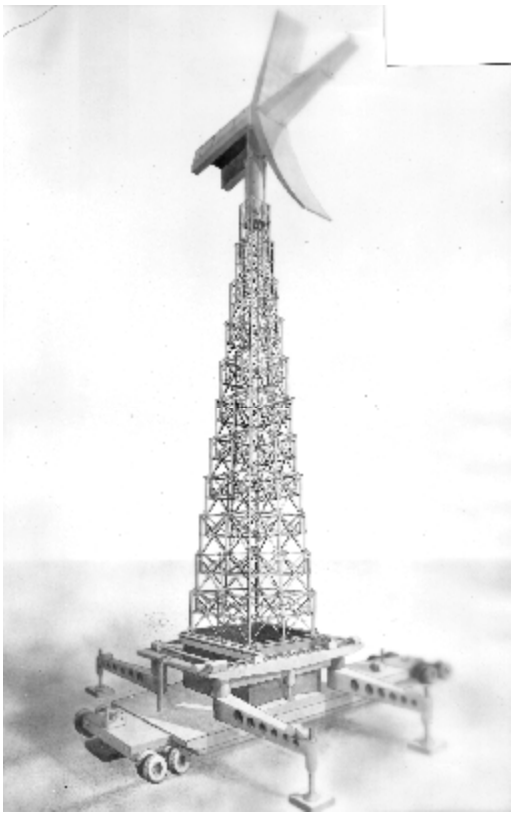
«Радиолокатор НВО системы С-300П на начальном этапе эскизного проекта, как и вся система С-300П, разрабатывался в КБ-1. Разработчик антенны – Заксон М.Б. Затем разработка НВО была передана в КБ Лианозовского электромеханического завода (Главный конструктор – Шульман Л.И.).

Проектирование антенного поста было начато на нашем предприятии в 1966 году. Основные функциональные устройства – приемная и передающая зеркальные антенны с несимметричными рефлекторами и многоэлементными облучателями. Обе зеркальные антенны формирует узкую ДН в азимутальной плоскости и веерную ДН косекансного типа – в угломестной плоскости. Антенны установлены на мачте высотой 25 метров и должны быстро разворачиваться из транспортного положения в боевое. Конструкция антенного поста разработана с учетом ряда жестких противоречивых требований, таких как компактность в транспортном положении при больших размерах в развернутом положении, малая масса, устойчивость к ветровым нагрузкам, живучесть в условиях воздействия ядерного взрыва.

Антенное устройство с передатчиком, приемником, системой жидкостного охлаждения, и другой аппаратурой, расположенной в приборном контейнере, вращалось по азимуту со скоростью до 20 об/мин и по углу места от 0° до 90° в рабочем положении синхронно с подъемом вышки высотой 25 м за время около 8 минут. Кроме того, после развертывания устройства в рабочее положение была необходима, в зависимости от рельефа местности и других обстоятельств, корректировка ориентации устройства по углу места с точностью около 5 угловых секунд!

При обсуждении на начальном этапе обоснованности столь жестких требований к времени развертывания системы Генеральный конструктор НИИ-20 (ныне объединение Алмаз-Антей) академик Ефремов В.П. заявил: «На прошедших недавно учениях «Днепр» я убедился: если система не находится в «боевом» состоянии через 5 минут – она просто уничтожается вероятным противником». Требования были приняты к исполнению, и система С-300П была создана на высоком техническом уровне. До настоящего времени она является одним из передовых образцов военной техники, что подтверждается, в том числе, и последними учениями, прошедшими в 2008 году в Астраханской области.

Проектирование антенного поста НВО было поручено КБРП, изготовителем определен ГАЗИСО (ныне Нижегородский завод «Сокол»). Проектирование шло с трудом, сопровождалось спорами и даже конфликтами при решении сложных технических вопросов. Были и просчеты. Отчасти это было вызвано недостаточной квалификацией и настойчивостью руководства конструкторского отдела. Вот лишь один пример: КБ ГАЗИСО для сокращения сроков изготовления выдвинуло требование применять рефлекторы (передающий и приемный) от РПЦ системы С-200 без малейших изменений. Представители КБРП не заняли жесткую позицию в отстаивании оптимальных конструкторских решений. В результате этого вес одного рефлектора составил около 700 кг (в сумме 1,5 т на изделие), а вес антенного поста составил около 6 т (вместо заданных 3,5 т). Заводские испытания изготовленного образца проводились на площадке Балхашского полигона. Измерения облетным методом показали несоответствие изделия требованиям задания: колебания ДН превышали 3º при скорости ветра 12 – 15 м/сек. Кроме того, что антенна имела неприемлемо низкую точность нацеливания, большая масса привела к появлению трещин на вышке и к аварии устройства. Это обусловило необходимость коренных конструктивных изменений устройства.



Один из вариантов на этапе проектирования



Серийный образец

Низковысотный обнаружитель комплекса С-300

Для ликвидации аварии на Балхашский полигон был направлен Бойченко: предположительные причины аварии и меры ее устранения были ясны. Авария была ликвидирована незначительным изменением конструкции детали крепления угломестной части к азимутальной вилке и изготовлением ее на ремонтной базе.

Главным конструктором Шульманом для повышения эффективности работ по созданию третьего опытного образца был поставлен вопрос о назначении в КБРП руководителем темы Бойченко и корректировки КД, обеспечивающей выполнение технических требований. Конструкторами отдела была проанализирована конструкция устройства и внесены принципиальные изменения: изменена конструкция азимутальной вилки, позволившая снизить вес вдвое при выполнении точностных требований к устройству; в конструкции рефлектора изъяты не влияющие на жесткость элементы, что позволило снизить его вес до 300 кг; разработан принципиально новый зубчато-червячный (вместо винтового) двухскоростной безлюфтовый редуктор перевода устройства из походного в рабочее положение.

Оригинальность конструкции новых редукторов заключалась в применении механических демпферов для гашения воздействия ударной волны ядерного взрыва (подтверждено натурными испытаниями «Шаган» на Семипалатинском полигоне); отсутствием электромагнитных муфт переключения скоростей – скорости переключались автоматически центробежной муфтой. На эти разработки было получено несколько авторских свидетельств. Государственные испытания опытного образца подтвердили соответствие устройств всем требованиям.

В 1984 году документации присвоена литера «О», а подлинники переданы на авиазавод «Сокол». За все время эксплуатации НВО в войсках ПВО не было получено ни одной рекламации.

Наибольший вклад в создание уникального антенного устройства внесли сотрудники: Куликов Е.Г., Деев А.А., Барьзев В.П., Елецких И.М., Серебренников С.А., Соничев Е.П., Долгицер В.Л., Савенков В., Миндлин Б.Л., Лепихов В.Ф.



Бойченко А.Ф.



Елецких И.М.



Миндлин Б.Л.



Барьзев В.П.



Лепихов В.Ф.

За создание НВО С-300П присуждены четыре Государственные премии: Три премии вручены по представлению Главного конструктора Шульмана сотрудникам КБ Лианозовского электромеханического завода, одна – Заместителю главного инженера авиазавода «Сокол» Николаеву Н.С. за изготовление НВО, разработанного коллективом КБРП. За участие в испытаниях «Шаган» (воздействие ядерного взрыва) сотрудники отдела Савенков и Миндлин награждены медалями. Руководитель темы Бойченко получил звание «Почетный радист СССР», награжден орденом «Знак почета» и дипломом президиума Московского правления научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова».

РЛС «Дунай-3»

Эта высокопотенциальная РЛС дециметрового диапазона с сектором обзора около $50° \times 50°$ создавалась как составная часть системы ПРО Москвы и предназначалась для дальнего обнаружения баллистических ракет. Ее строительство началось в 1962 году, испытания – в 1965. Головная организация-разработчик – НИИДАР. Главный конструктор – Сосульников В.П. Руководителем антенного подразделения НИИДАР, разрабатывавшего антенну был Шубов А.Г. Вот что он вспоминает:

«В начале 60-х годов прошлого столетия, молодой коллектив КБРП осуществил совместно с НИИДАР разработку антенной системы для РЛС дальнего обнаружения «Дунай-3». Назначение этой РЛС – обнаружение баллистических ракет. Для этой цели понадобилась антенная система с большой площадью апертуры и электрическим безинерционным сканированием луча. В то время массовое производство фазовращателей еще не было возможным. В основу антенной системы был положен принцип электрического сканирования луча путем изменения частоты сигнала в линейной решетке бегущей волны.

Антенная система представляла собой комплекс из двух разнесенных антенн: передающей и приемной.

Передающая антенна включала в себя 26 волноводно-щелевых излучающих линеек с замедляющей структурой, осуществлявших частотное сканирование луча в азимутальной плоскости и сгруппированных в два антенных полотна, по 13 линеек в каждом. Сканирование луча в угломестной плоскости достигалось путем фазирования усилителей мощности, питающих волноводно-щелевые линейки. Габариты каждого антенного полотна:

длина около 100 м (без учета переходных волноводных элементов), высота около 6 м. Приемная антенна была собрана из аналогичных 200 волноводно-щелевых линеек с замедляющей структурой, сопрягаемых с плоской линзой «шнуркового» типа, формирующей 135 лучей. «Веер» лучей перекрывал требуемый сектор обзора в угломестной плоскости.

Функции разработчика аппаратуры антенной системы в целом и проектировщика передающей антенны выполнял НИИДАР. КБРП спроектировало ключевые элементы – волноводно-щелевую линейку и плоскую линзу, а также приемную антенну в целом организовало кооперацию заводов-изготовителей аппаратуры и осуществило авторский надзор при изготовлении и монтаже оборудования. Испытания и отладка антенны проводились представителями НИИДАР и КБРП. Работу возглавляли: от НИИДАР – Марков В.И., Сосульников В.П., Васюков В.П., от КБРП – Бубнов Г.Г., Королев Д.Л., Петросов В.В. Конструкторским комплексом КБРП руководил Теленков Е.А. Непосредственное конструирование велось в отделе Резакова И.В.



Петросов В.В.



Резаков И.В.

О масштабах этой работы свидетельствуют, например, такие факты.

Первоначально возможность изготовления волноводно-щелевой линейки была опробована в опытном производстве НИИДАР. Использовался волновод нестандартного сечения в дециметровом диапазоне волн. Конструкция линейки была выполнена из листов биметалла – алюминия, плакированного медью. Замедляющая структура, необходимая для частотного сканирования луча с требуемой линейностью углочастотной характеристики, была образована тонкими поперечными перегородками, впаянными в волновод по всей длине линейки. Чтобы обеспечить необходимую точность ориентации луча при изменении частоты, изготовление линейки должно было производиться с довольно жесткими допусками на размеры различных элементов конструкции, не превосходящими десятые и даже сотые доли миллиметра. После многих мучительных попыток удалось изготовить сравнительно небольшой фрагмент линейки длиной около 1 м, в котором после пайки перегородок наблюдались значительные поводки, образовалось множество микротрещин. Собрался консилиум умудренных опытом технологов. Все они удрученно покачивали головами. Естественно, возник вопрос, какова должна быть общая протяженность таких волноводов, выполняемых со столь высокой точностью. Молодые увлеченные разработчики бодро пояснили, что все подсчитывается очень просто: длина каждой линейки составляет 100 м, таких линеек требуется 226, поэтому общая протяженность волноводов составляет немногим более 22 км. Седовласые технологи дружно и долго смеялись над «фантазерами».

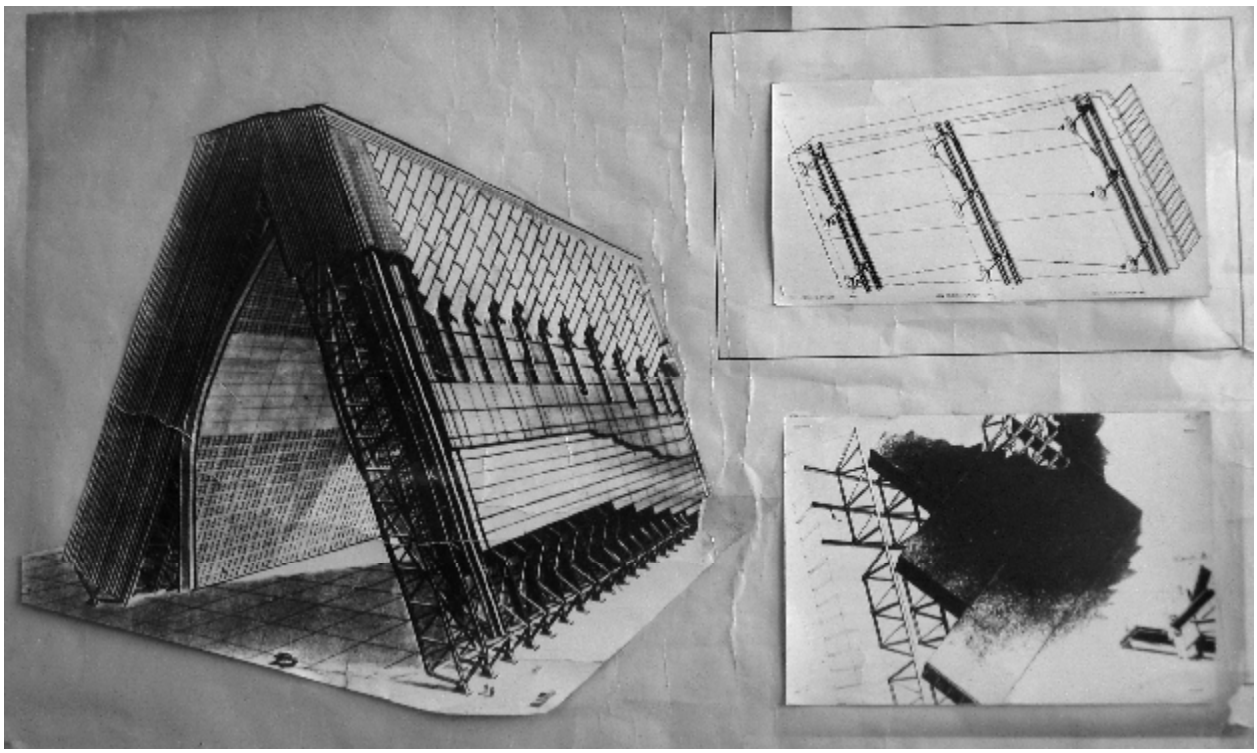
Стало ясно, что производство антенны требует совершенно нового подхода. В конечном счете, изготовление волноводно-щелевых линеек было поручено Казанскому авиационному заводу. Там, в кратчайшие сроки, был построен специальный цех по выпуску новой продукции, изготовлена уникальная оснастка, создана автоматизированная линия. Совместно с НИИ авиационной технологии конструкция линейки была доработана таким образом, что полностью были исключены микротрещины. Чтобы обеспечить монтаж линеек на несущей металлоконструкции, линейка выполнялась из отдельных секций длиной около 8 м. В огромном термостате, практически при постоянной температуре, производилась обработка торцевых фланцевых соединений каждой секции с тем, чтобы обеспечить их одинаковую длину и взаимозаменяемость. На радиотехнических измерительных стендах секции аттестовывались в соответствии с жесткими техническими условиями. Тем не менее, отсутствие необходимого опыта в создании таких уникальных изделий, высокий темп работ

не позволили сразу охватить все возникающие проблемы. «Подводные» камни выявились позднее. Изготовленные линейки группировались в «ряды», по 10 унифицированных линеек в каждом, и такие укрупненные изделия отправлялись на объект монтажа, где они сразу же, начиная с нижних «рядов», устанавливались на несущей конструкции. Плоское радиопрозрачное укрытие, предназначенное для защиты аппаратуры от воздействия внешней среды, было изготовлено и смонтировано позднее, и около 2-х лет, пока продолжались изготовление и монтаж антенного полотна, конструкция находилась под дождем и снегом. Эти испытания она выдержала, и спустя многие годы никаких следов коррозии найдено не было. В разработке волноводно-щелевой линейки, в сопровождении производства приняли участие сотрудники НИИДАР и КБРП: Азатова А.А., Кожанков В.А., Дрозд А.В., Кукушкин А.В., Непомнящий И.Л., Кукушкина Л.А., Тюрина Л.А., Гришин Л.А., Лебедева Л.В.

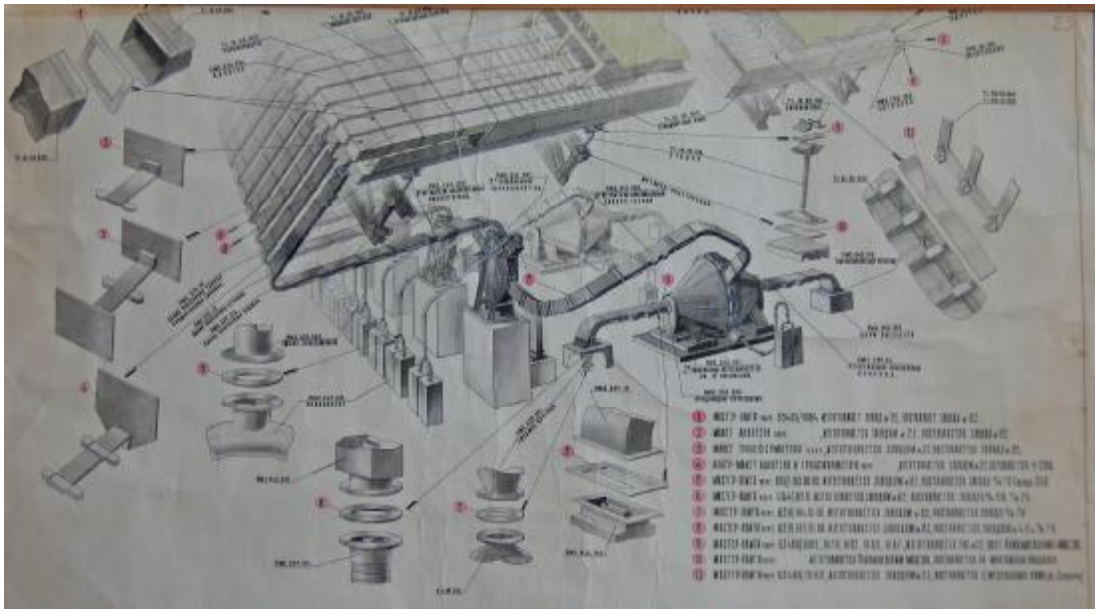
Другим важным элементом приемной антенны была плоская линза. Она состояла из двух параллельных металлических поверхностей, отстоящих друг от друга на расстояние 250 мм. В полости между этими поверхностями распространяется СВЧ-энергия, принимаемая антенным полотном, к линейкам которого с помощью коаксиальных линий одинаковой длины подключены излучатели линзы. Последние размещены на эллиптическом срезе металлических поверхностей. Специфический набор этих соединительных коаксиальных линий обусловил жаргонное название таких устройств как линз «шнуркового» типа. На другом срезе металлических поверхностей, с противоположной стороны, расположены выходы линзы, подключаемые к приемным устройствам. Линза также была смонтирована на несущей металлоконструкции, под антенным полотном. В разработке и испытаниях линзы приняли участие Котельникова Л.В., Бонковский Л.В., Белкин Л.В., Васильев Л.В., Войцеховская Л.В., Самусева С.Ю., Орлова К.Я., Будже К.Н., Крикунов В.П., Серяков Ю.Н.

Одна из основных проблем разработки линзы была связана с ее значительными габаритами (площадь верхней и нижней металлической поверхности порядка 1 гектара, 100×100 м). Каждая поверхность набрана из прямоугольных панелей размером 6×3 м с фланцами с каждой стороны прямоугольника. Для создания надежного электрического контакта во фланцах механическая обработка панелей осуществлялась в термостатированном помещении, что обеспечило их высокую идентичность.

Расстояние между плоскими поверхностями выдерживалось благодаря опорам, расположенным в полости линзы, в углах панелей, с постоянным шагом 6×6 м. По сравнению с однородным диэлектрическим заполнением внутренней полости линзы (например, с использованием вспененного диэлектрика), такая конструкция обеспечивает практически одинаковую фазовую скорость во всем объеме, малые СВЧ-потери и независимость параметров антенны от влажности окружающей среды.



Конструкторская проработка общего вида приемной антенной решетки РЛС «Дунай-3»



Компоновка фидерного тракта

В то же время это потребовало отработки конструкции «неотражающих» металло-диэлектрических опор (в общей сложности в линзе использовалось более 200 опор). Белкин Н.А. и Котельникова Г.А. совместно с конструкторами КБРП разработали опоры, состоящие из нескольких диэлектрических слоев и тонкой металлической струны по оси опоры. Другая проблема заключалась в том, что для того, чтобы исключить паразитные переотражения энергии внутри полости линзы, требовалось обеспечить хорошее поглощение энергии на ее боковых нерабочих поверхностях для всех углов падения энергии от излучателей. Для сокращения поперечных размеров конструкции, по предложению Белкина, использовалась система плоских клинообразных поглощающих панелей на боковых поверхностях линзы. В последующем, для аналогичных изделий, в линзах меньших размеров, по предложению

Евстропова Г.А., использовались криволинейные поглощающие панели с многократными переотражениями лучей.

Испытания приемной антенны проводились как методом облета, так и путем приема сигналов от источников внеземного излучения. При облете использовался вертолет, на борту которого размещалась передающая аппаратура с излучателем, направленным на испытуемую антенну, то есть, по существу, своеобразная «летающая» лаборатория. Излучаемые сигналы фиксировались на выходах приемной антенны и, благодаря этому измерялась ее диаграмма направленности – зависимость уровня принимаемого сигнала от угла наблюдения вертолета, относительно центра апертуры. Специальную измерительную аппаратуру разработали и выполнили измерения Самусев А.С., Старостенков Е.А., Рогулев В.А., Лурье Я.Г.

Источники внеземного излучения (Солнце, звезды) являются естественными природными лабораториями. Свет «далекой» звезды в видимой области – это лишь видимая часть широкого спектра ее электромагнитного излучения. Благодаря огромной площади апертуры приемной антенны и специальным накопителям энергии, казалось бы, ничтожной мощности сигнала в диапазоне радиоволн оказалось достаточно, чтобы четко определить направленные свойства антенны. Разработчиками аппаратуры и непосредственными исполнителями этой работы были Зимин С.С., Усов К.А. и их коллеги. Использование источников внеземного излучения позволило сократить число вылетов вертолета, хотя проведение таких работ с использованием внеземного излучения ограничено определенным временным графиком, учитывающим положение звезд относительно антенны при вращении Земли вокруг своей оси.

В процессе предварительных испытаний было выявлено, что главный луч антенны, который при нормальном выполнении конструкции должен иметь «игольчатую» форму, раздвоен, что ведет к ухудшению качества работы радара. Анализ результатов измерений показал, что причиной этого является разброс электрических характеристик линеек, вызванный неточностью их изготовления, хотя эти допуски были заданы на пределе возможного, а электрические характеристики линеек контролировались перед отправкой продукции с завода. При задании допусков в технической документации предполагалось, что неидентичность линеек будет носить случайный характер, между тем как фактически их изготовление заняло около 2-х лет и, вследствие сезонного изменения температуры окружающей среды в заготовительных цехах, в разбросе характеристик явно просматривалась систематическая составляющая. В результате этого нижние «ряды» линеек, которые были смонтированы на несущей конструкции в первую очередь, имели одни параметры, а в последующих «рядах» антенны наблюдалось плавное изменение характеристик по высоте. Измерение фазы поля в центре каждой линейки подтвердило наличие их расфазирования, приводящего к раздвоению главного луча.

Мнения специалистов, привлеченных для обсуждения возникшей проблемы, разделились. Часть из них полагала, что антенное полотно следует разобрать, а затем вновь смонтировать в другом порядке, чтобы разброс фаз по высоте антенного полотна носил квазислучайный характер. Однако этот путь привел бы к значительной затрате времени и средств. Перекомпоновка линеек позволила бы исправить форму главного луча, но полезно было снизить также уровень боковых лепестков в диаграмме направленности. Было принято другое решение, предложенное разработчиками НИИДАР и предусматривающее проведение комплексной настройки смонтированной антенны. Техническое решение состояло в том, чтобы в разрыв коаксиальных линий, соединявших плоскую линзу с линейками антенного полотна, включить отрезки коаксиального кабеля различной длины, учитывающие разброс параметров линеек. Длины кабелей должны были лежать в пределах от одной до нескольких длин волн.

Сложность подобной настройки обуславливалась большой высотой антенны. Чтобы осознать это, следует представить себе остов строящегося 30-этажного дома без капитальных стен с уходящей вверх крутой металлической лестницей. На ее пролетах, перешагивая над пропастью с одной части металлоконструкций на другую, требовалось осуществить все

измерения и подключить кабели. По инициативе директора НИИДАР Маркова В.И., была создана бригада разработчиков, прошедших обучение правилам техники безопасности и специальный инструктаж, допускающий к высотным работам. Самусев А.С., Старостенков Е.А., Рогулев В.А., Зимин С.С. и другие молодые инженеры разработали специальное стендовое оборудование и успешно осуществили настройку антенны.

Одновременно с указанными настроечными работами было введено важное усовершенствованию приемной антенны. По предложению Сосульникова, малошумящие усилители, помещавшиеся ранее в первых каскадах приемных устройств, были перенесены в тот же самый разрыв коаксиальных линий, соединивших плоскую линзу с линейками антенного полотна. Благодаря этому приемная антенна стала активной, и потери энергии в плоской линзе, соединительных линиях и настроечных кабелях перестали снижать энергетический потенциал станции. Сейчас активные антенны стали нормой, а в то время Владимиру Пантелеймоновичу пришлось долго и упорно отстаивать целесообразность удаления малошумящих усилителей из общего отапливаемого помещения, изготовления и установки для них специальных контейнеров на несущей конструкции, подводки электропитания.

В новой модификации РЛС «Дунай-3У» был использован ряд принципиальных технических решений, заложенных в изделие «Дунай-3», том числе:

– конструкция и технология изготовления замедляющей структуры излучающей линейки,

– формирование «веера» диаграмм направленности приемной антенны в угломестной плоскости с помощью плоской линзы «шнуркового» типа,

– использование активной приемной антенны благодаря установке малошумящих усилителей на входах антенного полотна,

– комплексная настройка антенной системы с компенсацией неидентичности излучающих линеек антенного полотна.

Наряду с этим, в конструкцию антенной системы РЛС «Дунай-3У» были внесены изменения, предложенные Евстроповым Г.А. КБРП приняло активное участие и в этой разработке. Здесь следует назвать, прежде всего, Теленкова Е.А., Резакова И.В., Белова А.И.

В последующем КБРП, как и НИИДАР, выполнило разработки крупноапертурных фазированных антенных решеток. Тем не менее, создание изделия «Дунай-3», первого в ряду антенных комплексов для РЛС дальнего обнаружения, построенных по тематике НИИДАР, позволило накопить неоценимый опыт взаимодействия больших коллективов радиоспециалистов, конструкторов, производственников, строителей и монтажников.

За работы по РЛС «Дунай-3У» главный инженер КБРП Петросов В.В. в составе коллектива, участвовавшего в ее создании, получил Государственную премию СССР».

Анатолий Григорьевич Шубов, столь подробно описавший сложную разработку антенны для станции «Дунай», впоследствии перешел из НИИДАР в КБРП и долгие годы плодотворно работал в антенном отделе.



Приемная антенна РЛС «Дунай-3» в Кубинке

Загоризонтные РЛС

Задачу раннего предупреждения о пусках баллистических ракет с территории США в СССР пытались решить различными способами. Один из них – загоризонтная радиолокация, основанная на отражении радиоволн декаметрового диапазона от ионосферы. В 1958 - 1965 гг. в НИИДАР были проведены НИР, в результате которых было принято решение о создании опытного образца загоризонтной РЛС (ЗГРЛС) в окрестностях г. Николаева. Станция предназначалась для отработки технических решений и алгоритмов, исследований распространения радиоволн и обнаружения различных целей, в частности, пусков баллистических ракет с Байконура, находящегося на расстоянии одного скачка отраженной от ионосферы радиоволны. К проектным работам приступили в 1965 году. Строительство началось в 1968 году. Головной организацией-разработчиком ЗГРЛС был НИИДАР. Главный конструктор – Кузьминский Ф.А. Разработкой ФАР занимались в антенном отделе НИИДАР.

Антенны представляли собой вибраторные ФАР. 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.

Система возбуждения вибраторов ФАР была выполнена на многопроводных линиях. Проводники трактов, по аналогии с вибраторами, были выполнены из алюминия со сварными соединениями. Электрическое управление лучом осуществлялась с помощью коммутируемых линий задержки.

Конструирование антенн было выполнено в КБРП в отделе, которым руководил Уколов В.М. Изготовление и монтаж антенн выполняли Гомельский радиозавод, Опытный завод НИИДАР, а также Николаевский участок Одесского монтажного управления Треста «Радиострой». Через несколько месяцев после завершения монтажа (1970 год) начали «осыпаться» алюминиевые звенья вибраторов. Оказалось, что первоначально выбранная конструкция вибратора на ряде низких частот имела высокодобротные механические резонансы. Резонансные колебания хорошо возбуждались во время ветров, которых всегда в избытке в степях южной Украины. Короткие сварные швы, которыми были соединены алюминиевые проволочные струны вибраторов с трубами каркаса, не выдерживали длительных вибрационных нагрузок и эти струны отваливались от вибраторов. Пришлось срочно дорабатывать конструкцию. На вибраторах приемной ФАР были введены

виброгасители струн, а вибраторы передающей ФАР были переделаны: вместо струн установлены алюминиевые трубы.

Вспоминает сотрудник предприятия Хабаров В.В.: «В условиях достаточно нервозной обстановки, связанной со срывом плановых сроков пуска станции, в КБРП была проведена реорганизация: объединены два отдела, начальником нового отдела назначен Глезерман, которому было поручено срочно найти решения для ликвидации сложившейся неблагоприятной ситуации. Такие решения, позволяющие устранить вибрации высотных радиотехнических конструкций, были найдены в кратчайшие сроки. Большую помощь в выполнении этой работы оказали сотрудники расчетного отдела КБРП во главе с Пузанковым В.Н., руководство и специалисты ЦАГИ, ГСПИ Министерства связи (Савицкий Г.А.) и другие. Отдел приступил к срочному выпуску конструкторской документации на новые шунтовые вибраторы, распределительные тракты, тракты питания и магистральные тракты передающей позиции изделия. Для проверки прочности вибраторов на территории КБРП был создан вибростенд. Готового оборудования для тряски многометровой конструкции не было, и Бойченко придумал использовать в качестве основы для вибростенда списанный большой строгальный станок. После отработки конструкции приступили к изготовлению новых вибраторов, которые поэтапно монтировали на антенне.

Работы по переоборудованию передающей и приемной позиций ЗГРЛС выполнялись в крайне сжатые сроки, и к ним было привлечено большое количество сотрудников отдела и всего КБРП. Круг вопросов, которые приходилось решать непосредственно на объекте, был весьма разнообразен и часто выходил далеко за рамки обычных обязанностей конструкторов. Для новых, да и для многих кадровых сотрудников эти месяцы стали настоящей школой, позволившей вблизи, без посредников, увидеть и почувствовать результаты своего труда, своих успехов и своих ошибок. Напряженный труд коллектива не пропал даром, и в начале ноября 1971 года были смонтированы и включены на высокий уровень мощности первые четыре (из пятидесяти двух) групп вибраторов. Это позволило провести необходимый объём предварительных испытаний и приступить к завершению основного объёма работ по монтажу оборудования. Испытания антенны завершились успешно, и проблем с вибраторами впоследствии не возникало. Огромная заслуга в своевременном завершении работ по созданию антенн ЗГРЛС принадлежит Бубнову Г.Г., Глезерману Е.Г. и Ворошилину В.М., которые, дополняя друг друга, сумели быстро решить возникшие технические проблемы и организовать эффективное выполнение работ».



Глезерман Е.Г.



Островский А.И.



Конаш-Кутепов М.А.



Мовшин Г.И.



Хабаров В.В.



Кабанов В.Е.

Автор приведенных строк Хабаров В.В. сам внес существенный вклад в создание ЗГРЛС. Значителен вклад Островского А.И., Конаш-Кутепова М.А., Мовшина Г.И., Хабарова В.В., Кабанова В.Е., Латышева Л.Н., Денисова В.М., Лыкова Е.М., Баркиной Т.М., Шевченко А.Н.

Во всех разрабатываемых конструкциях активное участие принимали сотрудники расчетного отдела Пузанков В.Н., Амигуд Л.Х., Расторгуев В.П., Смолин М.Г., Янукьян З.А.



Уколов В.М.



Расторгуев В.П.



Пузанков В.Н.



Смолин М.Г.



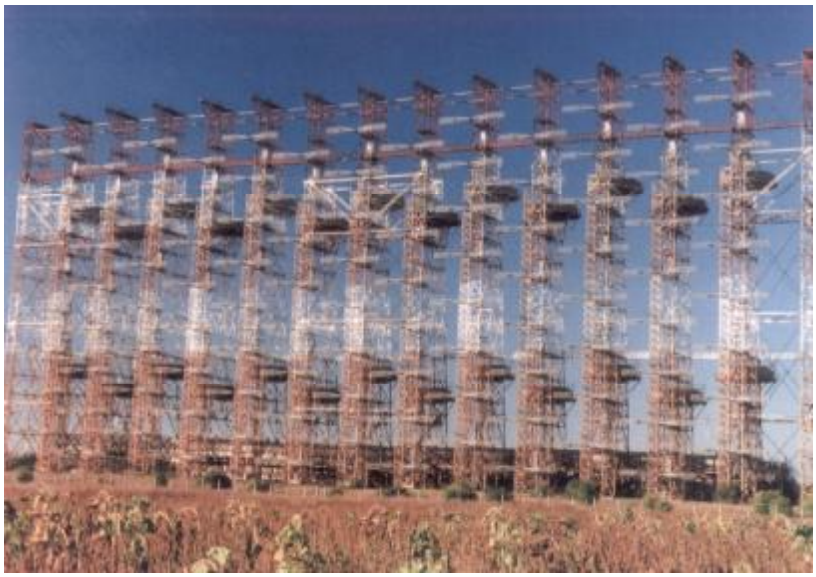
Амигуд Л.Х.



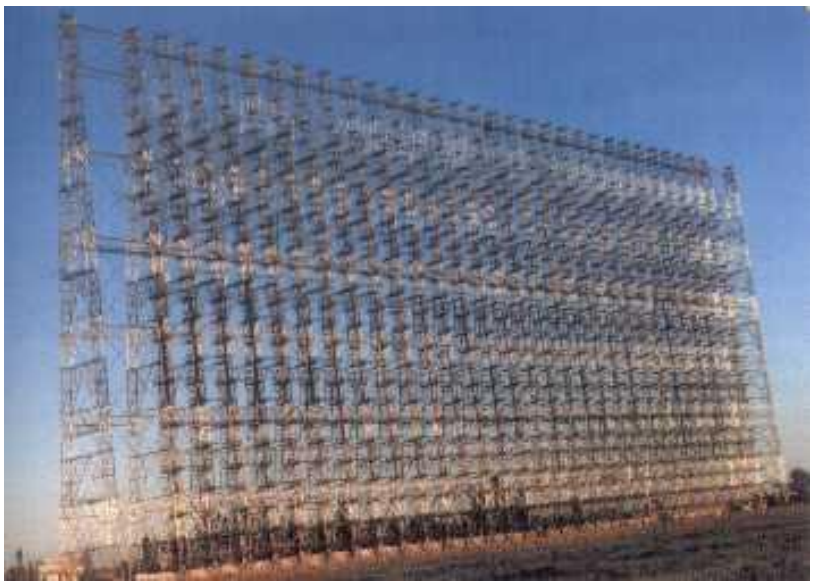
Янукьян З.А.



Варианты конструкций антенн для ЗГРЛС и результаты измерений ДН облетным методом (на этом плакате станция, согласно легенде, названа связной)



Передающая антенна ЗГРЛС под г. Николаевом



Приемная антенн ЗГРЛС под г. Николаевом

Несмотря на бурные дискуссии и споры об эффективности работы экспериментальной станции и целесообразности продолжения работ, руководство Минрадиопрома и Минобороны приняло решение о создании боевых систем, и в 1972 году началось поэтапное строительство двух новых, еще больших ЗГРЛС. Приемные ФАР имели размеры 500 м в длину и 250 м в высоту. Передающие ФАР – 300 м в длину и 140 м в высоту. Место установки первой ЗГРЛС – Чернобыль, второй – Комсомольск-на-Амуре.

Вспоминает Хабаров. «При разработке КД на антенно-фидерные устройства новых ЗГРЛС были выбраны более простые и дешевые опорные конструкции антенн. Разработаны конструкции новых унифицированных шунтовых вибраторов, магистральных трактов питания передающей позиции, высокочастотных переключателей, а также другой аппаратуры и оборудования. К выпуску КД на оборудование антенно-фидерных устройств первой ЗГРЛС был привлечен коллектив Гомельского конструкторского бюро (ГКБ), который, в том числе, выпустил КД на новый тип согласующих устройств для трактов питания. Кроме выпуска КД на отдельные устройства, конструкторы ГКБ выполнили основной объём работ по сопровождению производства составных частей изделия на Гомельском радиозаводе (ГРЗ) В дальнейшем, в ходе выполнения монтажных работ на объектах, также широко привлекались коллективы ГКБ и ГРЗ, что позволило значительно снизить "объектовую нагрузку" на конструкторов и других сотрудников КБРП.

В это же время в КБРП разрабатывалась КД на второе изделие, которое размещалось в Комсомольске-на-Амуре. Сложность этой работы заключалась в необходимости учёта рельефа монтажной площадки, а также особенностей транспортирования составных частей изделия на большие расстояния. Основной объём работ по сопровождению монтажа на этом объекте выполняли сотрудники ГКБ и ГРЗ.

В КБРП была разработана также КД на систему оптимизации частотно-угловых режимов для передающей позиции ЗГРЛС. Передающие ФАР этой системы, состоящие из восьми двухярусных проволочных логопериодических антенн, были установлены рядом с основными ЗГРЛС. Они были предназначены для зондирования поверхности земного шара в широком диапазоне частот КВ-диапазона с целью определения направления и частоты наилучшего распространения радиоволн. Приём сигналов производился на приемной позиции с помощью круговой коммутируемой ФАР.

Кроме того, в КБРП были выполнены проектные работы и выпущена КД на крупные быстро развёртываемые комплексы вертикального зондирования.

Для проверки функционирования и калибровки ЗГРЛС были созданы также имитаторы сигналов диапазона коротких радиоволн - устройства, состоящие из двух проволочных логопериодических антенн и широкодиапазонного передающего устройства. Было

изготовлено несколько имитаторов, которые были размещены в различных точках СССР, в том числе в городе Чита и на полярной станции, вблизи Земли Франца-Иосифа (*)».

ЗГРЛС, установленные в Чернигове, Чернобыле (рядом с АЭС) и в Комсомольске-на-Амуре, были ориентированы на север в сторону США и должны были служить для обнаружения пусков ракет. Станции были объединены в систему, получившую название «Дуга». Испытания станций были завершены в 1979 году.

Участник тех событий Курикша А.А. вспоминает: «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 в Европе. Несколько стран направили ноты протеста в СССР. В 1986 году станция оказалась в зоне катастрофы на АЭС, и работы на ней были прекращены.

К 1988 году в стране была создана космическая система раннего предупреждения, и от использования системы «Дуга» отказались.

Кроме описанных выше работ по созданию ЗГРЛС с вибраторными ФАР, в КБРП проводились работы по разработке и конструированию коротковолновых ЗГРЛС с ФАР на основе сверхширокополосных логопериодических антенн (ЛПА), о чем написано в пятой главе книги.

В продолжение работ по конструированию ЗГРЛС в КБРП (под руководством Глезермана и Хабарова) совместно с ГСПИ Министерства Связи, ГКБ (Гомель) и рядом других отраслевых предприятий была проведена НИР «Изолятор» по анализу и поиску новой элементной базы для мощных радиостанций КВ диапазона. Были предложены эффективные конструктивные решения, материалы и изделия, которые целесообразно было использовать в современных КВ устройствах. В частности, была разработана конструкция соединения стальных канатов с использованием обжимки их толстостенными алюминиевыми соединителями, предложено использовать для линейных изоляторов однонаправленных стеклопластиков с гидрофобным покрытием, а также использовать опорные и проходные изоляторы из стеклокристаллических материалов (ситаллов), применять в проволочных конструкциях облегчённые орешковые изоляторы из высокопрочных композиционных материалов. Были подготовлены новые конструктивные решения по типовым узлам мощных трактов КВ диапазона, а также по узлам крепления жестких штыревых ЛПА. Результаты НИР переданы в НИИДАР в 1978 году.

РЛС «Дарьял»

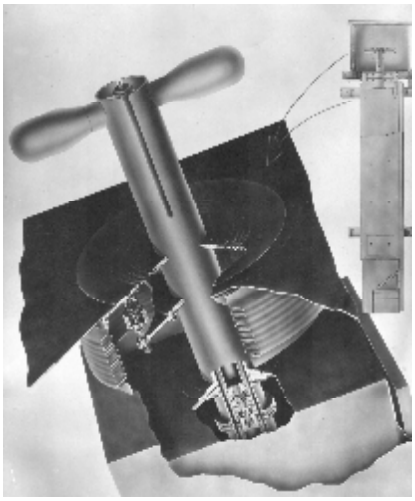
В 1972 году ЦНПО «Вымпел» приступило к созданию высокопотенциальной РЛС метрового диапазона «Дарьял». Семь таких станций планировалось установить по периметру страны для создания замкнутого радиолокационного поля системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН). РЛС должна была иметь огромные мощности и обеспечивать обнаружение головных частей баллистических ракет на дальностях до 6 000 километров. Головным разработчиком был определен Радиотехнический институт (главный конструктор РЛС – Иванцов В.М.). Первую РЛС решено было строить в районе города Печора на наиболее ракетоопасном северном направлении. Площадку выбрали на возвышенности. Рядом, на берегу Печоры, создавалась ГРЭС для энергоснабжения станции.

Станция состояла из приемной и передающей позиций. Основу каждой из них составляли активные ФАР (АФАР). КБРП было поручено конструирование передающей АФАР. Работы выполнялись в отделе Бойченко. Ниже приведены его воспоминания.

(*) Примечание редактора. Работы на Земле Франца Иосифа описаны Рувинским В.И. в разделе 14.2.

«Передающий модуль АФАР состоял из блока фазирования, усилителя мощности, модулятора и излучающего вибратора. Модули устанавливались в полотно АФАР с тыльной стороны плоского металлического экрана. При этом вибраторы выступали над экраном, проходя сквозь отверстия в нем. Между корпусами модулей и экранами устанавливались сильфоны – гофрированные трубы, сквозь которые проходили стойки вибраторов. Сильфоны отделяли отсек с модулями от отверстий в экране.

Всего в передающей АФАР было установлено 1260 передающих модулей и 300 пассивных вибраторов. Антенна имела высоту около 60 метров, ширину – около 50 метров. Полотно АФАР было закрыто панельным радиопрозрачным укрытием (РПУ) разной конструкции для разных климатических зон расположения РЛС.


а)



б)

а) модуль передающей АФАР РЛС «Дарьял»
б) стальной экран передающей АФАР «Дарьял»

В 1973 году КБРП приступило к работе по выпуску конструкторской документации антенной системы. Сопровождал работу от разработчиков РТИ ведущий специалист Лосев В.С. При согласовании задания на конструирование возникли принципиальные разногласия по изготовлению экрана. Во всех предыдущих разработках систем РТИ использовались экраны из алюминиевого сплава. Бойченко предложил изготавливать экран из низкоуглеродной стали. Расчеты, проведенные Лосевым В.С., подтвердили такую возможность.

Для проверки принятых решений на Балхашском полигоне был изготовлен и смонтирован стенд. Испытания прошли успешно и подтвердили правильность принятого решения. Наибольший вклад в разработку КД внесли конструкторы Серебренников С.А., Уколов В.М., Барьзев В.П. Необходимо отметить тесное и плодотворное сотрудничество с военной приемкой и ее руководителем, полковником Брейдо В.А. Его помощь была существенной на всех этапах создания РЛС.


Брейдо В.А.

При создании РЛС была выполнена огромная работа по согласованию документации с многочисленными смежными организациями: ЦПИ Проектстальконструкция, МУ Минмонтажспецстрой, Горьковский авиазавод (ГАЗИСО), Горьковский механический завод, Джамбульский завод металлоконструкций, головной завод-изготовитель Гомельский радиозавод (ГРЗ).

Конструкторская документация была разработана с учетом максимальной заводской готовности антенного полотна и минимальных монтажных и сварочных работ на технологическом сооружении передающего центра. Сборочные единицы антенного полотна

смежников поступали на ГРЗ для укрупнения до максимально допустимого проездного габарита. Укрупненные изделия отправлялись на объект монтажа в состоянии максимальной готовности. На объекте монтажа была создана технологическая площадка для укрупнения заводских единиц до максимальных размеров и веса, обеспечивающих возможность монтажа подъемным механизмами на сооружении. Таким образом, при сооружении РЛС проводилось минимальное количество сварочных и монтажных работ. Это значительно сократило сроки монтажа и стоимость работ.

Высокое качество КД было достигнуто благодаря накопленному опыту работ при разработке системы С-300П и возросшей квалификации конструкторов. Ведущие конструкторы отдела, такие как Серебренников, Уколов, Барьзев и др., имели самую высокую квалификацию. Вот пример ситуации, имевшей место на этапе конструирования антенного поста.



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

Расчетный отдел, произведя расчеты на прочность устройства, обосновал допустимость производить монтаж антенного полотна при разности температур наружного воздуха и температуры внутри технологического помещения не более 9°С. Это накладывало сезонные ограничения: монтаж был возможен только в теплое время года. Для конструкторов сразу стало очевидным: вывод ошибочный, и обусловлен он неправильной расчетной моделью, согласно которой предполагалось, что деформация антенного полотна относительно металлоконструкции здания должна иметь линейный сдвиг около 400 мм. Бойченко доказал, что конструкция полотна и его крепления к металлоконструкции сооружения разработаны так, что деформации будут носить характер изгиба: плоские участки экрана между точками крепления будут изгибаться, образуя участки сферической поверхности.

В 1979 году при проведении испытаний РЛС на передающей АФАР произошел пожар, вызванный рассогласованием излучающей структуры и выходов передатчиков из-за нештатной ситуации. Пожар уничтожил РПУ и расплавил наполовину излучающие вибраторы. Вся аппаратура модулей осталась целой, но в нее попали продукты горения РПУ. За экраном на узлах крепления даже не расплавилась консистентная смазка. РПУ сгорело за 15 – 20 минут. Разность температур на поверхности и внутри помещения составила около 800°С. Стальной экран, предложенный Бойченко, выдержал тепловые нагрузки и остался после незначительных ремонтных работ пригодным к дальнейшей эксплуатации. При

активном участии Бубнова были решены вопросы согласования излучающей структуры, а в Сызранском филиале КБРП для РПУ было организовано производство панелей из пенополиимида – трудногорючего радиопрозрачного материала, разработанного под руководством академика Еникалопова.

В 1983 году после успешных испытаний РЛС на Печоре была принята в эксплуатацию Министерством обороны. В 1985 году была поставлена на боевое дежурство станция в Куткашене Азербайджанской ССР. Красноярская РЛС была построена в нарушение ОСВ-2 в глубине страны, что вызвало большие дипломатические осложнения. Но во время заключительных строительных работ на приемной позиции во время проведения сварочных работ загорелось РПУ, возник пожар, уничтоживший всю аппаратуру внутри здания. Работы на Красноярской РЛС были прекращены.

Были введены в эксплуатацию модернизированные «Дарьял У» на Балхаше и в Иркутске. Строительство станций в Мукачеве и Скрунде в связи с разрушением СССР было прекращено. За значительный вклад в создание уникальной системы «Дарьял» КБРП было награждено орденом Трудового Красного Знамени и преобразовано в Научно-исследовательский институт радиофизики. Главный инженер Петросов В.В. был удостоен Государственной премии, сотрудники отдела Серебренников, Уколов, Барьзев и Куликов награждены медалями «За трудовую доблесть», Бойченко – орденом Октябрьской Революции».



Куликов Е.Г.

Аркадий Филаретович Бойченко, написавший эти строки, до сих пор успешно трудится в ОАО «Радиофизика».

В технологическом подразделении КБРП для сборки экрана ФАР РЛС «Дарьял» была разработана и внедрена установка полуавтоматической сварки специальным плавящимся электродом, обеспечивающим защиту сварного шва и минимальные деформации в пределах заданных требований сварки для соединений отдельных частей экрана в одно целое. При этом была обеспечена требуемая неплоскостность экрана площадью 3000 м^2 в пределах ±1,0 мм. Большой вклад в решение этой задачи внесли главные технологи Бачурин В.Ф. и Халиулин Ф.Х., а также начальник отдела Смирнов Л.А., ведущий технолог Лудилин Н.И., технолог Муравьев Н.А.

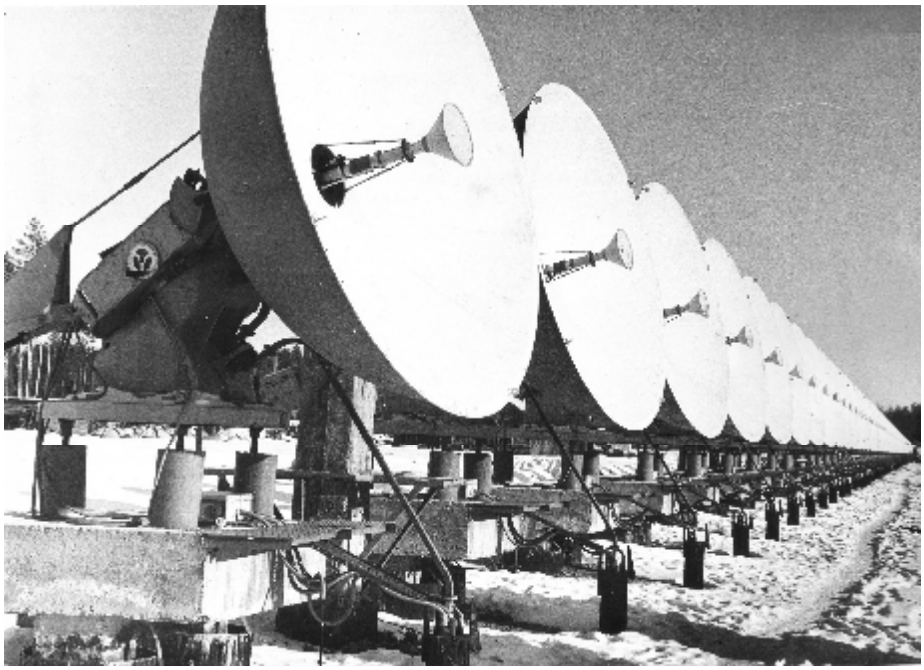
ССРТ (Сибирский солнечный радиотелескоп)

В начале 70-х Бубнов по просьбе члена-корреспондента АН СССР Пистолькорса А.А. принял решение о разработке документации на антенную систему ССРТ на общественных началах (без включения в планы Минрадиопрома и КБРП) по заданию СИБИЗМИР (Сибирский институт земного магнетизма и распространения радиоволн Академии Наук). Вспоминает начальник конструкторского отдела Бойченко:

«Исходные данные на проектирование радиотелескопа были разработаны институтом механики АН СССР. Антенна ССРТ представляла собой «крест Миллса» – совокупность двух линейных антенных решеток, расположенных под прямым углом друг к другу. Единичный элемент антенны представлял собой зеркальную антенну размером 2.5 метра и имел опорно-поворотное устройство с полярной системой координат («склонение» и «наклонение»). В качестве механизма наведения предусматривался синхронный двигатель с редуктором и валом длиной около 500 метров с отводом к каждому посту карданными валами с конической зубчатой передачей. При расположении ССРТ в районе Иркутска с наличием зоны вечной мерзлоты и сейсмики в 8 баллов такое решение представлялось проблематичным. Боровиковым Г.А. и Скубицким Л.С. была предложена система управления с шаговыми двигателями на базе опыта разработок изделия «Хопер».

На Ангарском заводе энергетического машиностроения был изготовлен макетный образец антенного поста, который прошел успешные испытания на полигоне Иркутского

филиала СИБИЗМИР. Заданные точностные характеристики устройства были обеспечены конструкцией поста, компенсирующего весовые и ветровые нагрузки на привод поста.



Антенна ССРТ под Иркутском

Коллектив разработчиков ССРТ получил диплом Президиума московского правления научно-технического общества радиотехники и электросвязи им. А.С.Попова за разработку «многоэлементной дискретной следящей системы с исполнительными шаговыми двигателями».

Отличившиеся сотрудники отдела были отмечены своеобразной наградой: направлены в 30-ти дневную командировку на базу СИБИЗМИРа на острове Ольхон на Байкале.

Строительство радиотелескопа было завершено в 1980 году, эксплуатация начата в 1981 году. С помощью ССРТ в течение нескольких десятилетий ведутся наблюдения за радиоизлучением Солнца. Благодаря высокой разрешающей способности, ССРТ позволяет строить радиоизображения поверхности и короны Солнца, следить за динамикой развития активных областей и вспышек в солнечной короне.

РЛС «Неман»

Строительство этой экспериментальной станции на полигоне Сары-Шаган началось в 1971 году. Она была задумана как станция обнаружения, сопровождения и селекции баллистических целей и рассматривалась как один из вариантов стрельбового локатора для системы ПРО Москвы. Главным конструктором был Бурлаков Ю.Г. (НИИРП). Отличительные особенности этой РЛС 10-сантиметрового диапазона – использование широкополосных сигналов и применение антенн с электрическим сканированием.

Передающая антенна была 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 обеспечивалось управляемыми фазовращателями.

Приемная многолучевая антенна была выполнена на основе двух линз центральной симметрии из неоднородного диэлектрика (линз Люнеберга) диаметром 7,5 метра. Каждая линза выполнена в виде полушария, установленного на проводящем экране и снабжена

матрицей из 512 рупоров, подключенных к малошумящим усилителям. Луч переключался многоканальным *p-i-n*-диодным коммутатором. Матрицы рупоров формировали систему 1024 «вложенных» лучей с высокой плотностью расстановки.

Наибольший вклад в конструирование антенн внесли Резаков И.В., Гращенков В.И., Копельмен А.Н., Пащенко В.Н., Щуренков В.А., Жучков В.Д.



Гращенков В.И.



Щуренков В.А.



Жучков В.Д.



Пащенко В.Н.

РЛС «Неман» является уникальным примером станции с квазиоптической линзовой многолучевой антенной. 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 диэлектрической проницаемости 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 был набран из прецизионных полированных плит, размещенных на общей раме. Ориентация экрана производилась с помощью трех 300-тонных регулируемых домкратов. Защита приемной антенны обеспечивалась надувным РПУ.

Каждая облучающая матрица была расположена на экране вплотную к своей линзе. Матрицы были составлены из рупоров с крестообразными вставками, оптимизированными так, что обеспечивают как высокую эффективность использования апертуры, так и идентичность лучей, и плотность их расстановки. Малошумящие усилители были размещены непосредственно на матрице, что позволило достичь высокой чувствительности системы, однако, чтобы избежать самовозбуждения системы при проектировании и отработке аппаратуры, пришлось решать проблемы экранировки выходных каналов и развязок в многоканальном переключателе.



Приемная позиция РЛС «Неман» на полигоне Сары-Шаган

В 1980 году РЛС «Неман» успешно прошла государственные испытания и получила высокую оценку специалистов. Однако, при проведении конкурса на лучший стрельбовый локатор для ПРО, из представленных трех вариантов («Дон», «Неман» и «Истра-2») для дальнейших работ была выбрана станция «Дон». РЛС «Неман» не получила дальнейшего развития и применения в боевых системах РКО. Она стала измерительным полигонным средством и до настоящего времени применяется для проводки целей при пусках баллистических ракет с полигона «Капустин Яр».

В разработках КБРП – ОАО «Радиофизика» станция «Неман» занимает особое место. Кроме несомненного успеха и накопленного опыта создания сложных антенн, работа по созданию уникальной линзовой антенны с большим количеством диэлектрических материалов дала возможность Бубнову организовать на базе предприятий Минхимпрома Специализированное конструкторско-технологическое бюро «Луч» в г.Сызрани, которое стало филиалом КБРП и принимало активное участие в последующих разработках. Кроме того, ведущие разработчики антенны РЛС «Неман» Эпштейн А.Л., Корженков П.Н., Хмелевский Б.С., Россельс Н.А. впоследствии перешли из НИИРП в НИИРФ.

РЛС «Дон»

Эта станция выиграла на конкурсе как стрельбовый локатор сантиметрового диапазона для ПРО Москвы. Она была создана в РТИ (Главный конструктор – Авраменко Р.Ф., затем – Слока В.К.). Антенны конструировались в КБРП.

С 1976 по 1981 год на Балхаше был построен и испытан полигонный образец РЛС. С 1979 по 1986 гг. в подмосковном Софрино был создан боевой стрельбовый многофункциональный радиолокатор «Дон-2Н». 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.

ФАР построены по модульной схеме. Каждый модуль передающей ФАР содержит подрешетку проходного типа, состоящую из более чем 150 излучателей-фазовращателей. Излучатели-фазовращатели выполнены в виде сборок ферритовых фазовращателей высокого уровня мощности с ячейками управления и подключенных к ним диэлектрических

стержневых излучателей. Подрешетки питаются от усилителей мощности многоканального передатчика через квазиоптические возбудители. Ввиду высоких уровней выходной мощности, передающие модули имеют систему жидкостного охлаждения. Излучатели-фазовращатели каждой подрешетки установлены в контейнере с жидкостью, которая отводит тепло, выделяющееся в ферритовых сердечниках фазовращателей. Излучатели выходят из контейнера сквозь отверстия с уплотнителями в его противоположных гранях.

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. При разработке конструкторской документации активное участие принимали сотрудники конструкторских отделов КБРП: Ефремов В.В., Зверев Ю.Н., Гращенков В.И., Сохнышев О.К., Крутов В.К., Шишов В.Н., Тарновский А. Е., Носенко Г.Д.



Ефремов В.П.



Зверев Ю.Н..



Сохнышев О.К.



Крутов В.К.



Шишов В.Н.



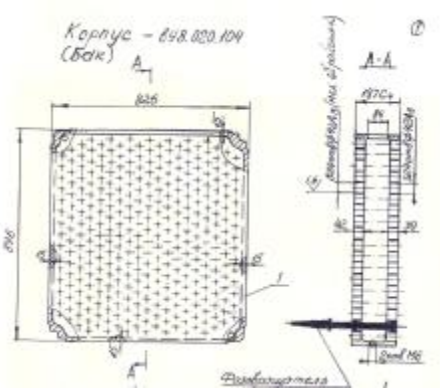
Тарновский А.Е.



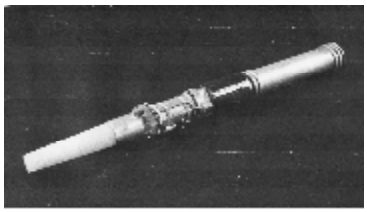
Носенко Г.Д.



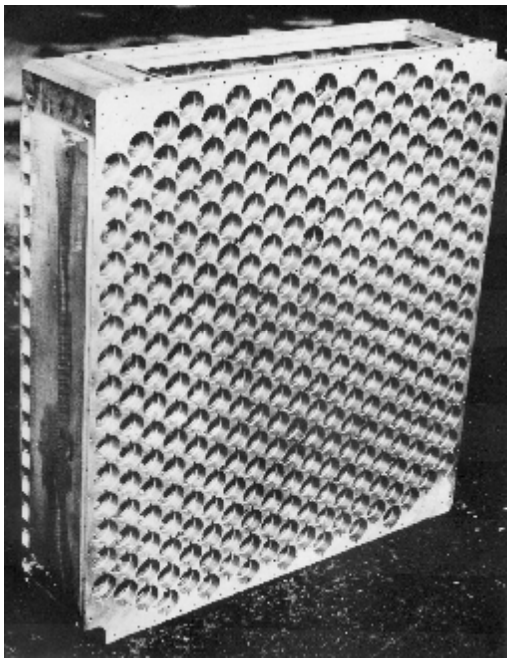
РЛС «Дон» в подмосковном Софрино



а) схема подрешетки ФАР



б) фазовращатель передающей ФАР



в) алюминиевый корпус подрешетки

Подрешетка передающей ФАР

Корабельная РЛС «Атолл»

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. Разработку поручили ЦНПО «Вымпел», главный конструктор М.А.Архаров. Ключевым средством комплекса стала РЛС сантиметрового диапазона «Атолл», разработку которой выполнил НИИРП (главный конструктор Груздев В.В.). Конструирование антенного устройства было поручено НИИРФ. Ведущим конструктором и руководителем темы был назначен Серебренников С.А. Большой вклад в разработку конструкции внесли Бойченко А.Ф., Барьзев В.П., Никитин Е.В. Разработка и последующее изготовление ОПУ были поручены Горьковскому машиностроительному заводу.



Общий вид антенного поста РЛС «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 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 рупорно-стержневых излучателей с полупроводниковыми фазовращателями.

Квазиоптический возбудитель выполнен в виде большого конического рупора с моноимпульсным облучателем. Возбудитель снабжен системой жидкостного охлаждения.

Антенна была размещена под радиопрозрачным укрытием диаметром 19 м и имела массу 240 тонн – значительные величины для корабельной станции. В 1988 году испытания комплекса успешно завершились, а в 1989 году корабль был отправлен в порт приписки Владивосток. Во время похода проводились 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, произошедшими в стране, планировавшийся поход к атоллу Кваджалейн в 1990 году был отменен, корабль был поставлен «на прикол» и, вследствие старения, со временем утратил свои возможности.



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

РЛС комплекса «Крона»

С 1976 года в ЦНПО «Вымпел» началось проектирование радиооптического комплекса «Крона» для системы контроля космического пространства (Главный конструктор Курикша А.А.). Комплекс включает радиолокаторы целеуказания сантиметрового и дециметрового диапазонов и оптические средства для наблюдения спутников при подсветке их лазерным излучением. В ясную погоду он позволяет наблюдать и фотографировать спутники в любое время суток. Радиотехническую часть комплекса было поручено разработать НИИДАР (Главный конструктор Сосульников В.П.), конструирование антенн – КБРП. В КБРП конструирование было поручено отделу Резакова, большая часть работ была выполнена в бригаде Щуренкова.

РЛС дециметрового диапазона была построена на основе ФАР проходного типа, установленной на полноповоротном опорном устройстве. Станция имела широкоугольное электрическое сканирование луча и обеспечивала быстрый обзор пространства, обнаружение и сопровождение спутников. В РЛС сантиметрового диапазона использован интерферометр, включающий четыре поста с зеркальными полноповоротными антеннами и позволяющий определить координаты спутников с высокой точностью и дать целеуказание оптическим средствам. Радиолокационные средства комплекса «Крона» позволяли также измерять отражательные характеристики ИСЗ.



РЛС комплекса «Крона». В центре – РЛС с ФАР

Строительство комплекса «Крона» вблизи станицы 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 технический и авторский надзор.

Антенны спутниковых РЛС

Одно из направлений работы КБРП – конструирование больших космических антенн. Впоследствии это направление получило развитие применительно к самостоятельным разработкам космических систем НИИРФ.

В 1969 году в СССР была начата разработка системы морской комплексной разведки и целеуказаний (МКРЦ), включающей в себя космические аппараты активной радиолокационной разведки с мощными атомными энергетическими установками и РЛС бокового обзора. Разработка космического аппарата (КА) была поручена ЦКБМ (впоследствии НПО Машиностроения, Генеральный конструктор Челомей В.Н.). Радиолокационный комплекс 4-сантиметрового диапазона, получивший название «Чайка», создавался в НИИ-17 (МНИИП, НПО «Вега», ныне ОАО Концерн «Вега») (Главный конструктор Бруханский И.А.).

Конструкцию антенны, часть технологического и эксплуатационное оборудование разрабатывали в КБРП по техническому заданию антенного отдела НИИ-17 под руководством Бахрака Л.Д. (начальник лаборатории Новосартов М.Т., руководитель разработки Евстропов Г.А., ведущие разработчики Евсеев А.М., Лузков А.Ф., Пучкова Г.К.). В РЛС применена волноводно-щелевая антенна с размерами $10 \times 0{,}5$ м. Она состояла из двух секций – неподвижной, закрепляемой на приборном отсеке КА с помощью пяти узлов навески, и подвижной, которая была соединена с неподвижным механизмом раскрытия и крепилась к КА тремя узлами навески. В сложенном положении антенна располагалась вдоль корпуса КА. После вывода КА на заданную орбиту подвижная секция с помощью электромеханизма разворачивалась и стыковалась с неподвижной секцией. Точная стыковка излучающих волноводов обеих секций обеспечивалась фиксаторами и стяжными замками механизма раскрытия. Для обеспечения электрогерметичного стыка по фланцевому поясу механизма раскрытия были установлены контактные прокладки.

Конструирование антенны было поручено отделу Михайлова Г.П. Он вспоминает: «Конструирование антенного устройства (АУ) было сопряжено со многими трудностями. Вот некоторые из них:

– отсутствие опыта по созданию крупногабаритных конструкций космических антенн с высокими требованиями к ним по стабильности геометрических размеров, точности волноводных излучателей, ограничению массы изделия;

– необходимость проверки работоспособности комплектующих изделий (электродвигатели, микровыключатели, электроразъемы, материалы смазки, покрытия) в наземных условиях и в космосе;

– отработка разработчиком СВЧ-элементов запитывающих устройств (ЗУ) и, как следствие, корректировка КД, отработка замечаний технологических служб заводов-изготовителей (завод им. Лавочкина, производство ЦКБМ, завод Арсенал им. М.В.Фрунзе) с корректировкой КД;

– большой объем измерительных стендов: стенд для проверки РТП, стенд для проверки раскрытия антенны, приспособления проверки геометрии, эксплуатационное оборудование (контейнер, тележки, траверсы);

– разработка КД на стенд для проверки основных параметров антенны на полигоне Тартугай Казахской ССР;

– отработка с Всесоюзным институтом легких сплавов (ВИЛС[2]) волноводов с уменьшенной толщиной стенки (для снижения массы)».



Принцип разворачивания волноводно-щелевой решетки из транспортного положения в рабочее (на плакате по режимным соображениям РЛС названа мобильной, а не спутниковой)



Ремизов Б.А.



Михайлов Г.П.



Невокшенов В.И.

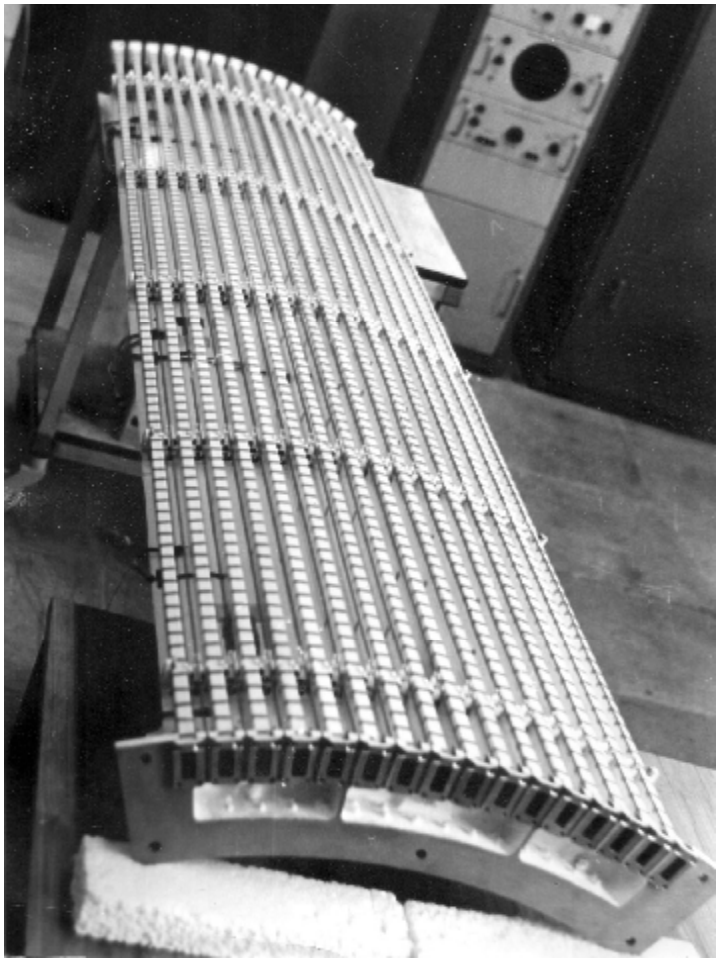


Рыбаков В.Ф.

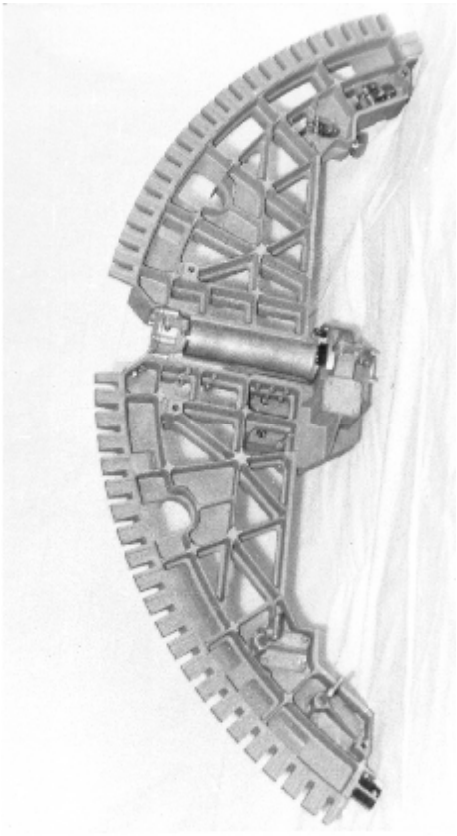
Для решения перечисленных проблем потребовалась масса времени и сил сотрудников подразделений КБРП. Приходилось постоянно выезжать на заводы-изготовители и даже организовать постоянные представительства на заводах им. Лавочкина и в ЦКБМ для оперативного решения технических вопросов и корректировки КД.

В результате совместными усилиями была создана антенна с уникальными точностными характеристиками: точность по шагу и глубине щелей на излучающих волноводах составляла 0,05 мм, нарезка их проводилась в термостатированных условиях. Обработка пазов в гребенках на каркасах секции под укладку волноводов производилась в раскрытом положении антенны с точностью по шагу 0,05 мм на специальном продольно-

фрезерном станке. Контроль геометрических параметров АУ осуществлялся в вертикальном положении антенны с помощью рубильников.

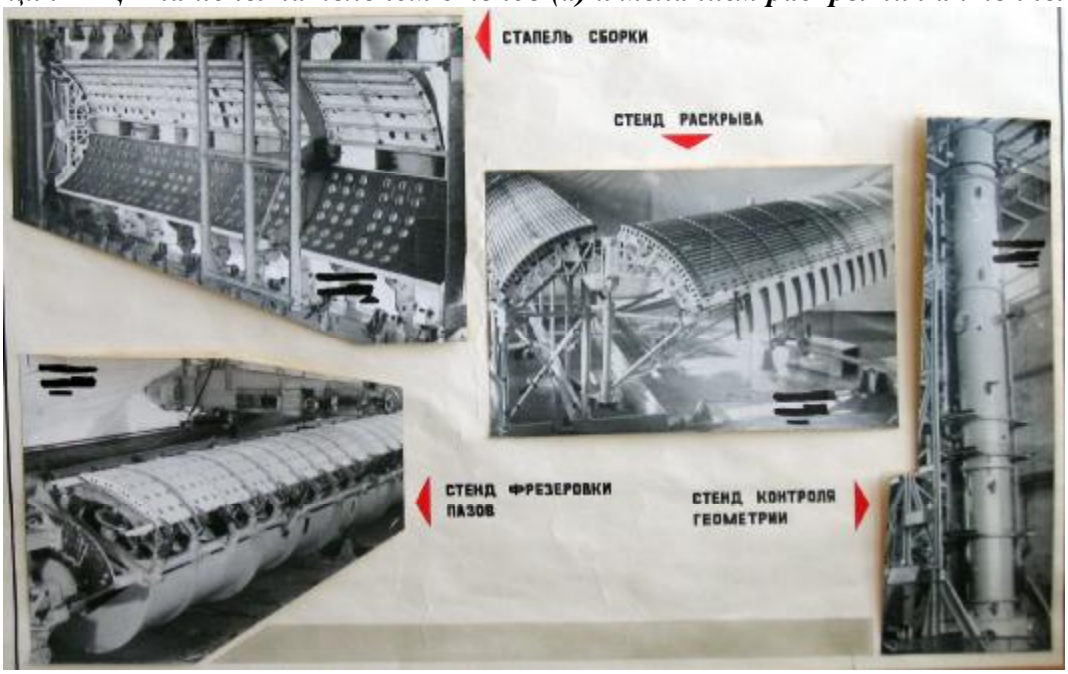


а)



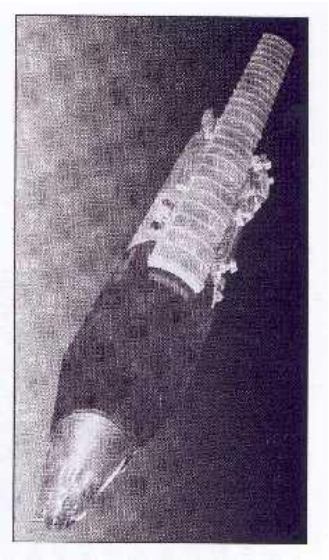
б)

Секция ВЩР на испытательном стенде (а) и механизм раскрытия антенны (б)



Стадии технологического процесса изготовления антенны

Но были и неудачи, так во время первых летных испытаний РЛС на космическом спутнике «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. Всего серийным заводом было выпущено 28 комплектов. 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.



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



КА «Алмаз» у входа в выставочный павильон. По бортам установлены две трехсекционные волноводно-щелевые антенны РЛС «Меч»

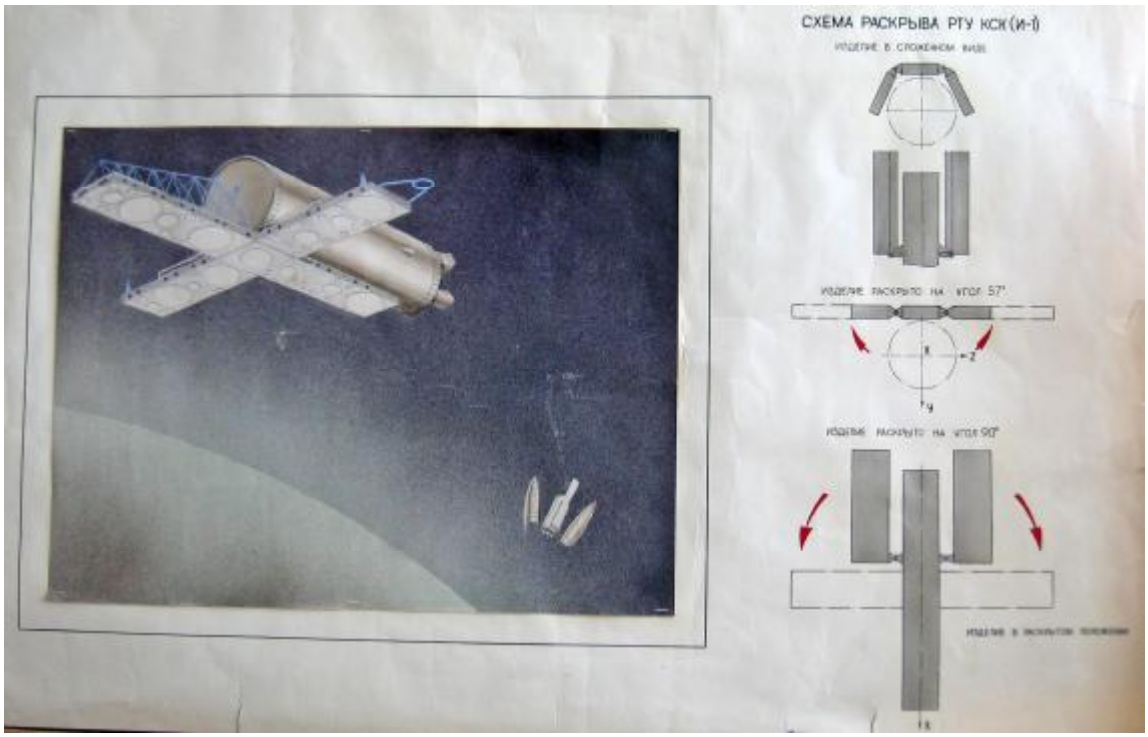


Схема раскрыва комплекса «Кортик»

Силами той же кооперации в 1966 году было начато проектирование радиолокатора 10-сантиметрового диапазона «Меч» для пилотируемой орбитальной станции «Алмаз-А». Это был радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА), позволяющий получить детальное радиолокационное изображение земной поверхности с разрешением 15 – 20 метров в зоне захвата около 20 км. В отличие от некогерентной РЛС «Чайка», в РСА «Меч» при движении космического аппарата проводились измерения и запись амплитуд и фаз, отраженных от земной поверхности сигналов, с их последующей обработкой. Таким образом, формировалась синтезированная апертура антенны, в тысячи раз большая ее физического размера.

Антенна РСА представляла собой волноводно-щелевую решетку размерами 15×1,5 м 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, однако запущена не была. 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. От КБРП активное участие в конструировании, освоении в производстве ЦКБМ и на заводе «Арсенал», а также в испытаниях принимали: Ремизов Б.А., Михайлов Г.П., Невокшенов В.И., Трофимов А.П., Туктаров В.А., Расторгуев В.П., Смолин М.Г. Активное участие принимала руководитель лаборатории неметаллов Якуб С.М.

В 1967г. в КБРП были начаты работы по созданию крупногабаритных антенных панелей изделия «Кортик» по техническому заданию от КНИИРТИ (филиал ЦНИИРТИ) главный конструктор Гречка В.П., ведущие разработчики – Сидоренко Л.И., Воробьев. После раскрытия подвижных панелей изделие должно образовывать в космосе конструкцию в виде креста с размерами 5460 × 5200 мм. На панелях были установлены антенны различных диапазонов для приема и пеленгации излучения наземных объектов. В процессе создания изделия нашим конструкторам пришлось разрабатывать большое количество технологического, стендового и испытательного оборудования. В 1969 г. весь объем выпущенной документации был передан головному разработчику ЦКБМ для изготовления опытных образцов. В 1974 г. были проведены испытания первого комплекта изделия. В 1979 году конструкторской документации присвоена литера О1, изготовлены 8 опытных и 2 серийных образца.

В работах активное участие принимали: Ремизов Б.А., Михайлов Г.П., Рыбаков В.Ф., Казарина Р.Г., Шамарин И.И., Пузанков В.Н., Расторгуев В.П., Смолин М.Г., Якуб С.М.. По результатам работ Пузанков был награжден орденом Трудового Красного Знамени, а Рыбаков – орденом «Знак Почета».



Сотрудники отделений НИИРФ и ведущие разработчики НПО «Вега» на чествовании юбиляра – Невокшенова В.И., 1982 г.
Сидят: Лузков А.Ф.(НПО «Вега»), Пузанков В.Н., Евсеев А.М. (НПО «Вега»), Гращенков В.И., Теленков Е.А., Андрианова Е.В.
Стоят: Владыченский Ю.Г., Туктаров В.А., Расторгуев В.П., Манюшина М.А., Хавская Р.И., Дереча Ю.Г., Невокшенов В.И., Михайлов Г.П., Марусич Л.И., Трофимов А.П., Крючкова Т.А., Глазкова Т.А., Белова А.А., Казарина Р.Г.

Технологическая служба предприятия

Во всех работах предприятия важным было участие технологов. Вспоминают Главный технолог Халиулин Ф.Х. и начальник отдела Смирнов Л.А.

«При создании крупногабаритных антенных устройств технологические приспособления для изготовления и сборки устройств разрабатывали сотрудники нашей службы. Например, при изготовлении фокусирующей антенны стенда ТОР-1, образованной из 192 рупоров, раскрывы которых расположены на сферической поверхности, технологи разработали оригинальную конструкцию стапеля сборки каркаса (ведущий конструктор-технолог Сысоев В.А.).

Впоследствии технологи выполнили большую работу при освоении техники миллиметрового диапазона волн. Был создан участок пайки изделий, выполненных из алюминиевых сплавов, в соляных ваннах. Разработка и внедрение в производство ряда технологических процессов пайки позволили добиться улучшения качества работы по созданию новых образцов техники. Кроме этого, паяные швы изделий, выполненные в соляных ваннах, по прочности были эквивалентны основному материалу. Равномерный предварительный нагрев всего изделия перед пайкой и последующая пайка с погружением его полностью в соляную ванну позволяли избежать деформаций и получить требуемые размеры конструкции. Начальник отдела Смирнов и ведущий конструктор Гаврилов не только освоили этот процесс на нашем предприятии, но и внедрили его на заводах-

смежниках в Севастополе и Новосибирске. Главный технолог Бачурин В.Ф. на основе изготовления изделий по данному техпроцессу защитил кандидатскую диссертацию.

В период с 1980 по 1985 год в НИИРФ были созданы участки точной механики и микроэлектроники, что позволило изготовить радиометр космического базирования 5-ти миллиметрового диапазона волн. Большой вклад в решение этой задачи внесли главные технологи Бачурин В.Ф. и Халиулин Ф.Х., а также начальник отдела Смирнов Л.А., ведущий технолог Лудилин Н.И., технолог Муравьев Н.А.



Бачурин В.Ф.



Халиулин Ф.Х.



Смирнов Л.А.



Гаврилов А.И.



Якуб С.М.

Под руководством начальника лаборатории неметаллов Якуб С.М. был создан новый радиопоглощающий материал на основе карбонильного железа (ФЭЛН). Использование этого материала позволяло изготавливать изделия любой сложной формы, которые невозможно получить механической обработкой. Они не ломались при сборке и эксплуатации. Основная ценность этого материала состояла в том, что поглощающие свойства могли широко варьироваться за счет различной степени наполнения карбонильным железом. На выставке в г. Болонья (Италия) материал ФЭЛН был удостоен Золотой медали.

Производственно-испытательная база

Во все годы существования предприятия большое внимание уделялось развитию собственной производственно-испытательной базы (ПИБ), которая ориентирована в основном на выполнение работ, связанных с разработкой изделий по тематике предприятия. Задача ПИБ – изготовление с целью отработки схемных и конструкторско-технологических решений деталей, узлов, макетов и опытных образцов различных изделий в рамках проводимых НИР и ОКР, а также изготовление необходимой оснастки и оригинальных частей автоматизированных измерительных стендов для оснащения безэховых экранированных камер (БЭК), обеспечение конструкторских и радиотехнических испытаний образцов изделий. Оборудование экспериментального производства (ЭП) изначально предназначалось для создания крупногабаритных конструкций антенных систем. С 1972 года по настоящее время в ЭП работают расточные станки с размером рабочего стола до 6 × 2 м, карусельный станок с диаметром планшайбы 3 м и другое аналогичное оборудование. С годами, с развитием тематических направлений предприятия, ЭП оснащалось современным оборудованием, осваивались новые технологии. Были созданы участки станков с числовым программным управлением (ЧПУ), точной механики, участок микромонтажа и другие. В настоящее время в ЭП производятся как высокоточные радиотехнические изделия миллиметрового диапазона длин волн (ММДВ), так и крупногабаритные антенные устройства С и Ku- диапазонов.

Общее руководство процессами реконструкции и модернизации ПИБ традиционно осуществлялось главным инженером предприятия. В разные годы ими являлись Волков Е.П. (с 1965 по 1967 гг.), Королев Д.Л. (с 1968 по 1970 гг.), Петросов В.В. (с 1970 по 1987 гг.), Ремизов Б.А. (с 1987 по 1995 гг.), Поплавский И.В. (с 1995г. – по настоящее время). Каждый из них, безусловно, внес свою лепту в создание существующей ПИБ предприятия, но особенно значим вклад Петросова В.В. и Ремизова Б.А.

Под руководством Петросова В.В. построены производственные корпуса, смонтировано и запущено в эксплуатацию в 1972 году оборудование ЭП, построены и оборудованы БЭКи. Постоянное внимание уделялось эксплуатации и развитию инженерных коммуникаций, состоянию зданий и сооружений, совершенствованию и оснащению инфраструктуры предприятия, повышению эффективности инженерных служб, жилищному строительству, развитию социальной сферы. Будучи директором, а затем и генеральным директором, предприятия в трудные для науки и промышленности годы «перехода на рыночные отношения», Петросов В.В. сумел сохранить ПИБ на достигнутом уровне, не допустил ее разбазаривания. В этот период, несмотря на многочисленные примеры коллег по «оборонке», не было продано ни одной единицы работоспособного производственного и испытательного оборудования. Владимир Владимирович отмечен государственными наградами: он лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии Миноборонпрома, заслуженный конструктор РФ, награжден орденами Трудового Красного Знамени и «Знак почета».



Петросов В.В. с Лужковым Ю.М. во время его визита в ОАО «Радиофизика» (2005 г.)

Большая заслуга Ремизова Б.А. на посту главного инженера – организация участков точной механики и микромонтажа, оснащение БЭКов автоматизированными измерительными стендами, разработка и организация производства конверсионной продукции.

В конце 1982 года группа сотрудников НИИРФ в составе: Ремизов Б.А. – зам.главного инженера, Халиулин Ф.Х. – главный технолог, Баранов О.Н. – зам.начальника экспериментального цеха - была командирована на Вильнюсский НИИ радиоизмерительных приборов с целью перенять опыт создания техники ММДВ. В результате взаимодействия двух организаций в ЭП, практически с «нуля», был создан участок точной механики, который уже в 1984 году начал выпускать новую для предприятия продукцию.

В период конверсии производства Ремизов Б.А. руководил работами по разработке и изготовлению товаров народного потребления, в том числе приборов для экологического контроля материалов, бытовой радиотехники, оборудования для перерабатывающих отраслей аграрно-промышленного комплекса, индикаторов электромагнитного поля, приборов и инструментов для медицины и других изделий.

Особо следует отметить разработку (авторы Ремизов Б.А., Иванов С.В., Кабанов В.Е., Самоцветов А.В.) и изготовление в ЭП «Комплекта аппаратов и инструмента для остеосинтеза длинных костей», получившего удостоверение Минздрава России и применявшегося во многих клиниках. «Комплект» явился первым изделием предприятия, которое было экспортировано за рубеж (Южная Корея). На это изделие получено сорок свидетельств на изобретения, в том числе и Международный патент, распространяющийся на ведущие страны мира. Международный салон изобретений в Брюсселе отметил изделие золотой медалью.

Под руководством Ремизова Б.А. осуществлялась разработка, технологическое оснащение и постановка на производство в ЭП малыми сериями антенных постов наземных спутниковых станций космической связи с диаметром зеркала пять и семь метров. После кончины Ремизова Б.А. в 1995 году антенные посты получили официальное название «РБА» (Ремизов Борис Алексеевич). В настоящее время более 30 изделий «РБА-5» и «РБА-7» установлены в разных регионах России и ближнего зарубежья. Борис Алексеевич награжден орденами Трудового Красного Знамени и Октябрьской Революции.

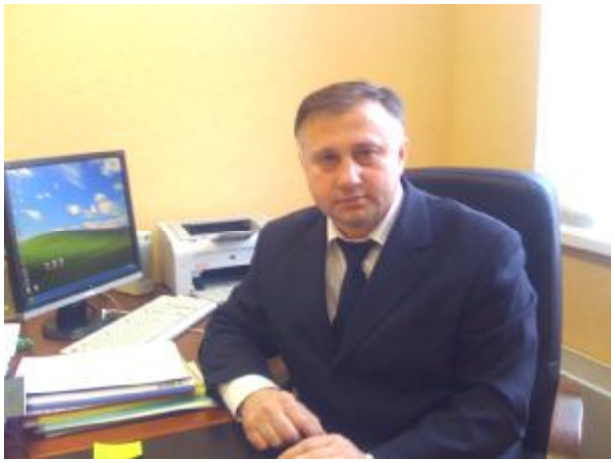


Теленков Е.А., Ремизов Б.А., Кирьяков В.П. после вручения государственных наград

Процесс развития и модернизации ПИБ продолжался и в период реструктуризации имущественного комплекса предприятия в 2007-2010гг. Производились реконструкция и модернизация производственных участков, ЭП оснащалось современным высокопроизводительным оборудованием. Так, в начале 2010 года введены в эксплуатацию фрезерный пятикоординатный обрабатывающий центр, токарные и электроэррозионные станки с ЧПУ нового поколения. Участок микромонтажа преобразован в полноценное производство микроэлектронных СВЧ и цифровых устройств. Обновлен парк радиоизмерительных приборов, реализуется проект оснащения основной БЭК сканером с большой площадью рабочей зоны, созданы два новых аппаратных помещения.

Работы конструкторского подразделения 1992 – 2008 гг.

В 90-х годах произошел резкий спад заказов на новые разработки и производство военной техники, фактически перестали функционировать министерства и ведомства, организующие и обеспечивающие прохождение военных заказов. Эта ситуация не могла не сказаться на уровне зарплаты сотрудников предприятия и как следствие – на их численности. Начали уходить конструкторы и разработчики самого дееспособного возраста. И перед руководством предприятия встал очень серьезный вопрос – вопрос выживания института.



Радченко В.П.

Поэтому в 90-х годах руководством предприятия во главе с Генеральным директором НИИРФ Петросовым В.В. был взят курс на омоложение руководящих кадров института и развитие новых направлений деятельности института, востребованных в данный период времени. На руководящие посты в научных подразделениях были назначены молодые, энергичные начальники отделов из руководящего резерва института. Каждому подразделению было оказано содействие в организации малого предприятия из энергичных, инициативных сотрудников. Своим малым предприятиям был предоставлен наиболее благоприятный режим работы и активное сотрудничество с НИИРФ. Эта политика незамедлительно дала свои результаты – у руководителей подразделений появилась возможность доплачивать своим сотрудникам, а у предприятия появились новые работы, прекратился отток специалистов, увеличилось количество молодых специалистов, желающих связать свое будущее с НИИРФ.

Так с июля 1992 года руководителем конструкторского подразделения НИО-2 НИИРФ был назначен 31-летний начальник отдела Радченко Валерий Петрович. В этот период активно стали разрабатываться конструкции зеркальных антенн для станций спутниковой связи. Была разработана целая серия зеркальных антенн с размерами рефлекторов от 2,5 до 7,0 метров, оснащенных приводами и системой наведения на спутник-ретранслятор.

Работы проводились в конструкторских отделах Михеева С.Ф., Пяйта Ю.Л., Гращенкова В.И. и Венценосцева Д.Л. Как показало будущее, самыми востребованными на связном рынке оказались антенны 3,5 м и 5 м. Предприятие до настоящего времени ежегодно изготавливает по 15-20 станций спутниковой связи на базе этих антенн.



Михеев С.Ф.



Пяйт Ю.Л.



Венценосцев Д.М.



Антенна земной станции спутниковой связи с диаметром рефлектора 7 м



Мобильная станция системы связи с антенной 2,4 м

В 2000 году для нужд Министерства обороны конструкторским подразделением была разработана полноповоротная антенна с 5-ти метровым рефлектором для слежения за низкоорбитальными спутниками. Отличительной особенностью такой антенны является то, что наряду с высокой точностью наведения, конструкция обеспечивает вращение рефлектора со скоростями до 12 град/сек по трем осям. Ведущим конструктором этого изделия был Пяйт Ю.Л., ведущим разработчиком системы наведения – Селиванов Н.Л.



Антенна с рефлектором 5 м для работы
в системе связи через низкоорбитальные спутники

Рыночные отношения и конкуренция на связном рынке среди производителей антенн наложили особый отпечаток на представления о конструировании изделий в нынешнее время. Невозможно стало уже выбирать материалы и комплектующие, имеющиеся в отраслевых справочниках и каталогах из-за отсутствия либо нужных позиций, а иногда и самих производителей. Отсутствие в ряде случаев современной отечественной элементной базы приводит к применению в конструкциях все больше импортных материалов и комплектующих; появление на рынке некачественных товаров, а иногда и просто откровенных подделок под продукцию фирм с мировым именем. Со всем этим многообразием проблем приходится сталкиваться современному конструктору в настоящее время, что значительно усложняют решение основной технической задачи – конструирования антенно-фидерных устройств.

После 2000 года количество работ, выполняемых ОАО «Радиофизика» по созданию радиолокационных и связных систем в рамках государственных и коммерческих заказов, неуклонно растет, и конструкторское отделение совместно с другими отделениями предприятия принимает активное участие в разработке этих систем.



Ведущие разработчики конструкторского отделения.
Сидят (слева направо): Архипова О.В., Панькова В.А., Третьякова Е.С., Погребченко Т.В., Радченко В.П., Куликова С.В., Скибина О.А., Конашук О.В.
Стоят: Николаев Н.В., Епифанов М.А., Венценосцев Д.Л., Пяйт Ю.Л., Струлев И.М., Шварев И.А., Чепаев Д.И., Сгадова Н.А., Михейкин Е.В., Михейкина И.В., Михеев С.Ф.

Авторы благодарят сотрудников предприятия Теленкова Е.А., Бойченко А.Ф., Иванова С.В., Михайлова Г.П., Михеева С.Ф., Смирнова Л.А., Хабарова В.В., Халиулина Ф.Х., поделившихся своими воспоминаниями и предоставивших фотографии, вошедшие в эту главу.

5. РАЗРАБОТКИ АНТЕННЫХ СИСТЕМ

На интернет-сайте ОАО «Радиофизика» написано, что предприятие является признанным лидером в разработке антенн для радиолокаторов, систем связи, передачи энергии и других областей применения. При явной смелости такого утверждения оно достаточно правдиво отражает опыт и возможности коллектива. С момента образования КБ в 1960 году, наряду с основной деятельностью – конструированием и сопровождением производства антенн, на нашем предприятии были начаты самостоятельные разработки антенн и СВЧ-устройств. Будучи специалистом по радиотехнике, Бубнов Г.Г. всячески поощрял такие разработки: в КБРП были образованы и развивались подразделения радиотехнического профиля. В них разрабатывались как относительно простые вибраторные, рупорные, спиральные, печатные излучатели, так и зеркальные, линзовые, волноводно-щелевые и логопериодические антенны, а также антенные решетки и устройства СВЧ-трактов. Работы велись в интересах создания многих радиосистем, в разработке которых участвовало КБРП. В 70-80-е годы уже была освоена техника фазированных антенных решеток, ферритовых фазовращателей и волноводных устройств, в том числе, в миллиметровом диапазоне.

В 90-е годы, в связи с резким сокращением оборонного заказа, разработки антенн для радиолокаторов существенно сократились. Зато наши инженеры начали осваивать технику зеркальных антенн, антенных решеток и гибридных антенн для систем связи. Характерные отличия этих антенн – многодиапазонность, широкая полоса частот, низкие уровни кроссполяризационного и бокового излучений, работа с поляризационным уплотнением. Наряду с антеннами стационарных и мобильных терминалов связи были разработаны спутниковые антенны с многолучевыми и контурными диаграммами направленности.

В начале XX! века предприятие поднялось на новый уровень: были освоены технологии создания активных фазированных антенных решеток (АФАР), в том числе АФАР с цифровым диаграммоформированием. Эти, так называемые интеллектуальные антенны, в значительной степени определят облик и возможности будущих систем связи и радиолокации.

Поскольку каждое новое поколение радиосистем создается с целью освоения новых возможностей, растет и сложность применяемых в них антенн. Однако сложность – не самоцель: умение выбрать адекватные технические решения и «выжать» из них максимум возможного – главные задачи инженера-разработчика и свидетельство его профессионализма. Иными словами, для каждой создаваемой радиосистемы должны применяться такие антенны, которые позволяют решать поставленные задачи при минимуме затрат. В настоящее время спектр разрабатываемых на предприятии антенн достаточно широк – от относительно простых излучателей до весьма сложных многоканальных цифровых АФАР, включающих большое количество разнородной аппаратуры.

Истории собственных разработок антенной техники, а также антенного подразделения на нашем предприятии посвящена эта глава.

Денисенко В.В.

Первые шаги. На пути к самостоятельным разработкам

Первоначально задачей СКБ-38 являлось сопровождение производства антенн системы С-75 на заводах-изготовителях. Сопровождение производства требует участия как конструкторов, так и радиоинженеров, без которых на этапе испытаний аппаратуры просто не обойтись. Разработчиков КБ-1 на Машиностроительном заводе им. М.В. Хруничева представлял Бубнов Г.Г., а конструкторов – Теленков Е.А. После образования СКБ-38 вокруг

них стали формироваться группы радиотехнического и конструкторского профиля. Первые сотрудники – как конструкторы, так и радиоинженеры – были переведены в СКБ-38 из других подразделений завода. В числе радиоинженеров были Белов Алексей Иванович, ставший в 1961 году, сразу после окончания вечернего отделения МАИ, начальником антенной лаборатории, молодые специалисты Липкин Александр Мордухович, Трофимова Маргарита Васильевна. Инженеров катастрофически не хватало, поэтому из цехов и отделов завода в СКБ целенаправленно были переведены рабочие и конструкторы, обучающиеся на 3-5 курсах вечернего отделения Московского авиационного технологического института (МАТИ) при заводе и во Всесоюзном заочном машиностроительном институте (ВЗМИ). Эти студенты были сведены в специальные группы и вскоре составили основную часть инженерного состава подразделения. В 1961 году после окончания МВТУ им. Баумана на работу был принят Коротков Владимир Дмитриевич. Численность СКБ в 1961 году достигла 200 человек.

В первой половине 1962 года из КБ-1 в СКБ-38 был переведен ряд сотрудников, занимающихся антенной тематикой. В их числе был Теленков Е.А., фактически и раньше работавший на заводе, а также радиоинженеры Кулишов Владимир Степанович и Шапиро Рафаэль Владимирович. Кулишов стал заместителем начальника СКБ (то есть заместителем Бубнова), курирующим подразделения радиотехнического профиля, а Шапиро – заместителем начальника лаборатории. Из НИИ-20 (впоследствии НПО «Антей») на предприятие перешел Гришин Юрий Алексеевич.

После переориентации завода им. М.В. Хруничева на космическую тематику в сентябре 1962 года СКБ было переведено на Тушинский машиностроительный завод. Период конца 1962 года – весны 1964 года был, по словам Бубнова, наиболее трудным и критичным в жизни коллектива. Происходила передача документации с завода им. М.В. Хруничева, менялась кооперация изготовления антенн, наконец, менялся кадровый состав СКБ, поскольку около половины сотрудников на новое предприятие не перешли. Благодаря помощи правительства, которое распорядилось выделить два жилых дома для сотрудников СКБ и содействия руководителей ТМЗ, к концу 1963 года численный состав СКБ не только был восстановлен, но и появилась возможность создать некоторые новые подразделения. В том числе была организована лаборатория по антенной технике во главе с Шапиро Р.В.



Белов А. И.



Кулишов В. С.

В это время у предприятия появилась собственная территория в Тушино (авиационный ангар с прилегающими зданиями) и участок на Сары-Шаганском полигоне, что позволяло проводить изготовление и экспериментальные исследования макетов антенн. Участок на полигоне располагался на берегу Балхаша на 14 площадке недалеко от РЛС «Дунай-2». Под руководством Петросова В.В. там были построены двухэтажная гостиница и мастерские. Основными работами радиоинженеров в это время были сопровождение производства и испытания антенн радиолокаторов С-75, С-125 академика Расплетина, ЦСО-С академика Минца и антенны радиотелескопа ТНА-400 с зеркалом диаметром 32 м.

За время нахождения СКБ на Тушинском машиностроительном заводе (1962-1965 годы) в него влилось много специалистов, оставивших заметный след в истории предприятия: Васильев Виктор Николаевич из КБ-1, Колобов Владимир Автономович и Васильев Артур Викторович из ЦНИИ-108 (ныне ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга), Айзенберг Александр Львович из аспирантуры МАИ, Коростышевский Ефим Наумович из Яузского радиотехнического института (ныне ВНИИРТ). Из молодых специалистов радиоинженеров на работу были приняты Рувинский В.И., Афонина Л.Н., Серяков Ю.Н., Козлов Ю.И., Терехин М.Я., Горлов М.Г. и другие. Радиотехнические лаборатории возглавляли Белов и Шапиро.

В 1964 году численность лаборатории Шапиро достигла 60 человек, и его заместителем была назначена Трофимова.





Шапиро Р.В. ***Трофимова М.В.*** ***Коростышевский Е.Н.***

2 апреля 1965 года СКБ-38 вышло из состава Тушинского машиностроительного завода и стало самостоятельным предприятием. В его составе в это время уже было три лаборатории радиотехнического профиля во главе с Беловым, Шапиро и Коростышевским. Вскоре лаборатории были объединены в радиотехнический комплекс. Руководителем комплекса и заместителем главного конструктора предприятия был назначен Кулишов В.С. Лаборатория Коростышевского вскоре была преобразована в отдел, перед которым была поставлена задача выполнения собственных разработок антенн. Одним из начальников лабораторий в новом отделе стал Колобов. Вместе с тем в отделе Коростышевского продолжались работы, связанные с настройкой и испытаниями антенны радиодальномера «Амазонка» в составе РЛС системы С-75.

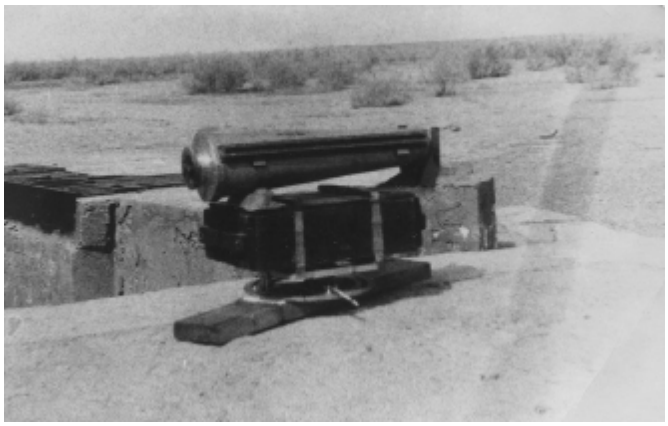
К 1965 году тематика работ предприятия значительно расширилась. Кроме работ по традиционной для КБ-1 тематики ПВО добавились работы по радиолокаторам ПРО «Дунай-3», «Дунай-3УП», головным разработчиком которых был НИИДАР, а также работы по волноводно-щелевой антенне радиолокационного комплекса космического базирования «Чайка», головным разработчиком которой был НИИ-17 (впоследствии МНИИП, концерн «Вега»).

В НИИ-17 разработкой антенны руководил Герман Алексеевич Евстропов. Антенна представляла собой полотно размером 10 × 0,5 м, состоящее из 16 волноводов со щелями, и двух запитывающих устройств, расположенных по краям антенны. В продольном направлении формировалась узкая «карандашная» диаграмма направленности, в поперечном направлении – «косекансная» диаграмма. Волноводы располагались по цилиндрической поверхности, повторяя очертания космического аппарата. Впоследствии антенны, повторяющие очертания носителя, войдут в моду, и их станут называть конформными. Изготовление антенн было поручено заводу им. Лавочкина. СКБ кроме конструкторских работ отвечало за производство испытательных стендов и проведение испытаний. Руководителем этих работ в СКБ был назначен Колобов. Испытания проводились в два этапа: на заводе-изготовителе и на полигоне в Тортугае. Тортугай – это небольшой поселок в Кзыл-Ординской области Казахской ССР. На полигоне был оборудован стенд для измерения диаграмм направленности и коэффициента усиления антенн, включающий поворотное устройство и вышку высотой 80 м, находящуюся в 3 км от поворотного устройства. Всего были изготовлены и испытаны 24 антенны. Большой вклад в работы по антеннам комплекса «Чайка», в том числе в Тортугае, внес Рувинский В.И., в будущем заместитель генерального директора ОАО «Радиофизика». Отметим, что в это время в лаборатории Колобова работал еще один будущий заместитель директора предприятия – Шелудченко А.Н.



Радиодальномер «Амазонка»

С целью повышения потенциала комплекса «Чайка» было предложено обеспечить сканирование диаграммы направленности антенны в секторе углов, в пределах которых располагалась «косекансная» диаграмма направленности. Для обеспечения сканирования луча была разработана и изготовлена конструкция популярного в те годы сканера Фостера. В силу конструктивных особенностей антенны, в том числе связанных с неплоскостностью апертуры, потребовалось сложное волноводное переходное устройство между сканером и антенной. Фотографии сканера Фостера и переходного устройства являются первыми сохранившимися фотографиями разработанных в СКБ устройств. Испытания сканера проводились также на полигоне в Тортугае. И, как вспоминает Колобов, опять – уже привычный пейзаж и уже милые сердцу заросли саксаула, бегущие цепочки джейранов, суетливые вараны, полуметровые черепахи, зайцы, змеи и по-прежнему не милые: комары, скорпионы и другие «капризы» казахстанской природы. В процессе испытаний сканера удалось получить необходимые характеристики и, таким образом, было положено начало возможной модернизации станции.



Сканер Фостера для обеспечения сканирования лучом в космическом радиолокационном комплексе «Чайка» (полигон в Тортугае)



Переходное устройство для стыковки сканера Фостера и антенны радиолокационного комплекса «Чайка» (полигон в Тортугае)

Бубнов понимал, что только конструкторская и организационно-производственная деятельность не позволяют предприятию стать самодостаточным, жизнестойким и менее зависимым от благосклонности министерского начальства и отношения главных конструкторов систем. Но чтобы превратить конструкторское КБ в предприятие, ведущее самостоятельные разработки в области радиотехнических систем, необходимо было найти свою «нишу» и иметь высококвалифицированных разработчиков: системщиков (тематиков) и отраслевиков. Что касается «ниши», то было понятно: она должна быть в области радиосистем со сложными антеннами, чтобы использовать накопленный опыт их конструирования и производства. А вот специалистов, которые могли бы получать от правительства и главных конструкторов систем заказы на разработки, а затем организовывать их выполнение на предприятии кроме Бубнова не было. Поэтому в 1966 Бубнов пригласил из НИИ-17 Евстропова, с которым уже долгое время велось сотрудничество по антенне комплекса «Чайка», на должность заместителя начальника – главного конструктора предприятия.



Евстропов Г.А.



Васильев В.Н.

Евстропов проработал на предприятии ровно год. Он начал реорганизацию радиотехнического комплекса, организовал в нем большой отдел во главе с Васильевым В.Н., объединенную лабораторию по облетным измерениям (Лурье Я.Г.), способствовал постановке в КБРП ряда НИР. Но преобразовать КБРП в разрабатывающее предприятие быстро не удалось, а реорганизации не встретили поддержки у ведущих сотрудников предприятия. В результате Евстропов перешел в НИИДАР, где затем плодотворно работал долгие годы. Главным конструктором КБРП снова стал Бубнов, а заместителем главного конструктора и руководителем радиокомплекса был назначен Васильев В.Н. Антенные отделы в радиокомплексе в период с 1967 по 1970 годы возглавляли Коростышевский и Белов.

В 1966 году началась настройка волноводно-щелевых антенн РЛС «Дунай-3» в Кубинке под Москвой. Ответственным руководителем работ и начальником лаборатории был назначен Гришин Ю.А. При испытаниях обнаружились явления полного отражения сигнала с входа линеек на отдельных частотах. Выяснилось, что бороться с этим явлением можно деформацией стенок волноводов (пуклевками). Настроечные работы были перенесены на Казанский авиационный завод (изготовитель линеек), и Гришин стал руководителем недавно образованного на заводе филиала КБРП. В 1967-1969 годах на заводе были изготовлены и настроены линейки волноводно-щелевых антенн РЛС «Дунай-3» и «Дунай-3УП». Численность Казанского филиала КБРП в эти годы достигала 107 человек.

На Сары-Шаганском полигоне КБРП принимало участие в создании РЛС «Азов», головным разработчиком которой было КБ-1. Радиоинженеры участвовали в настройке и испытаниях аппаратуры. Для фазированной решетки приемной антенны в отделе Коростышевского были разработаны широкополосные печатные излучатели (разработчик Липкин) вместо предлагавшихся головным разработчиком волноводно-щелевых излучателей. Печатные излучатели были изготовлены в необходимом количестве, проверены и смонтированы в решетке станции.

По инициативе Бубнова в КБРП была проведена НИР (руководитель Коростышевский) по улучшению характеристик антенн точного наведения РЛС С-75. В результате были разработаны две несимметричные двухзеркальные антенны со специальным контуром зеркал и с новыми сканерами, не затеняющими апертуру зеркал (исполнитель Горлов) для сканирования в горизонтальной и вертикальной плоскостях. После изготовления и проведения испытаний, они были смонтированы на полигонном образце РЛС С-75 и показали при испытаниях положительные результаты в части увеличения коэффициента усиления на 2 дБ и снижения уровня боковых лепестков с -11 дБ до -20 дБ, что существенно при работе в условиях воздействия активных помех. Однако в серийно выпускаемую аппаратуру эта доработка внедрена не была.



Колобов В.А.



Гришин Ю.А.

Была выполнена работа по созданию раскрывающейся антенны морской баллистической ракеты, шифр «Бутон». Головным разработчиком антенны являлся НИИ «Альтаир» – предприятие, специализирующееся на корабельных радиотехнических системах. Руководил разработкой антенны Тезиков Ф.И. КБРП занималось выпуском документации, изготовлением и испытаниями антенны. Руководителем работы в КБРП был Колобов, конструирование выполнялось под руководством Цыганкова. Антенна представляла собой вырезку цилиндрического параболоида размером 6 × 1 м. По длинной стороне антенна делилась на пять частей: центральную часть и четыре складывающиеся части. Для возбуждения антенны было предложено необычное техническое решение. Использовалась однозеркальная схема с возбудителем в виде открытого конца волновода 23 × 10 мм, который облучал антенну сигналом линейной поляризации, ортогональной требуемой. Для преобразования поляризации в заданную перед рефлектором был установлен квазиоптический преобразователь поляризации. Преобразователь поляризации был выполнен оригинальным способом: на рефлектор был наклеен слой пенопласта, к которому, в свою очередь, был приклеен кусок ткани с вставленными с нужным шагом металлическими нитями. Антенна была изготовлена в КБРП, испытания ее проходили на полигоне «Альтаира» недалеко от Дубны (станция «Большая Волга»).

В 1965 году было принято решение о создании опытного образца загоризонтной РЛС (ЗГРЛС) «Дуга-2» в окрестностях Николаева. Научно-исследовательские работы по определению возможности загоризонтной локации были выполнены в первой половине 1960-х годов в НИИДАРе в рамках темы «Дуга-1». В загоризонтной локации используются явления огибания радиоволнами декаметрового диапазона земной поверхности и отражения их от ионосферы. ЗГРЛС должны были обеспечить обнаружение пусков баллистических ракет с территории США. Головным разработчиком ЗГРЛС был определен НИИДАР, а главным конструктором назначен Васюков В.П. (с 1968 года Кузьминский Ф.А.). Специалисты КБРП участвовали в разработке эскизного проекта в части антенны, предлагали собственные концепции создания антенны и варианты излучателей. Особенностями ЗГРЛС являлись огромные размеры апертуры, что обусловлено большой длиной волны, и широкий диапазон длин волн 13-50 м.

Предлагалось найти на территории СССР горную местность с подходящим профилем поверхности, и избежать, таким образом, строительства высотных сооружений. После дискуссии главным конструктором Васюковым В.П. было принято решение строить ЗГРЛС на равнине с использованием отражений от плоской поверхности земли и хорошо отработанных мачтовых конструкций с растяжками. В КБРП были разработаны и изготовлены макеты вертикальных линеек излучателей в моделирующем дециметровом диапазоне передающей и приёмной антенн. Для испытаний макетов излучателей на 14-й площадке Сары-Шаганского полигона были развернуты измерительные стенды. Измерния передающей линейки выполнили

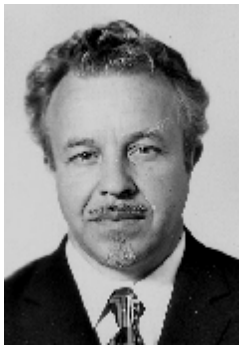
Колобов и Марусич, а приёмной линейки – Новиков и Липкин. Результаты экспериментов подтвердили теоретические расчёты. Коростышевским Е.Н. было получено авторское свидетельство на пионерское изобретение «Способ сканирования луча в вертикальной плоскости в антенных решётках, расположенных над поверхностью земли». После отработки конструкции излучателя была выпущена конструкторская документация и организовано изготовление аппаратуры.

Большое внимание уделялось в КБРП разработке разнообразных линзовых антенн, искусственных диэлектриков, радиопрозрачных укрытий. В то время линзы находили широкое применений в РЛС, достаточно вспомнить РЛС «Дунай-3» и «Неман». В 1970 году за работы: «Линзовые антенны, выполненные из анизотропного искусственного диэлектрика», «Антенное укрытие», «Полые сферические и концентрические линзовые антенны», написанные Бубновым Г.Г., Шапиро Р.В., Корнеевым В.И., Козловым Ю.И., Афониной Л.Н. и Годуновой С.П.; был присужден диплом НТО им. Попова.

Второе десятилетие. Становление антенной тематики

В 1969 году Бубнов предпринял еще одну попытку превратить КБРП в разрабатывающий институт по антенно-волноводной технике. 1 октября 1969 года из антенного отдела КБ-1 (в это время МКБ «Стрела») в КБРП на должность главного конструктора – научного руководителя предприятия перешел доктор технических наук Заксон Михаил Борисович – руководитель разработок антенн систем С-25, С-75, С-125, С-200. С ним вместе в КБРП перешли Меркулов В.В., Малакшинов Н.П., аспирант, выпускник ФРТК Корчемкин Ю.Б. С этого же времени на предприятии начали работать Намиот Е.Ю., Третьяков Э.А.. В октябре 1970 г. из МНИИПа в КБРП перешел выпускник ФРТК, ученик Микаэляна А.Л., Тюков И.П.

Под новые задачи в 1970 году проводится реорганизация радиокомплекса, который делится на четыре части. Для проведения работ на полигонах по монтажу, настройке и испытаниям антенн создается Специальное монтажное бюро (СМБ, в 1971 году переименованное в Специальное монтажное отделение СМО-3). Начальником СМБ был назначен Белов, а его заместителем перешедший в КБРП главный инженер Подольского электромеханического завода Росс И.Н. Разработчики измерительных комплексов объединяются в отдел, для руководства которым из РТИ приглашается Ткачев Г.М. Разработчики антенн остаются в отделах Коростышевского и Васильева. И, наконец, впервые создается теоретический отдел, которому было поручено решать задачи прикладной электродинамики, связанные с разработками предприятия, и заниматься подготовкой и обучением кадров. Отдел возглавил Меркулов, а в 1972 году его сменил Малакшинов.



Меркулов В.В.



Малакшинов Н.П.



Заксон М.Б.

В 1971 году Бубнов представил к защите кандидатскую диссертацию, в которой были отражены основные результаты работ по созданию антенно-фидерных устройств РЛС, которыми он занимался, возглавляя СКБ-38 и КБРП. По результатам защиты Бубнову сразу была присуждена ученая степень доктора технических наук. Возникшие в конце 1971 года противоречия между Бубновым и Заксоном привели к отстранению последнего от фактического руководства предприятием и переводу на должность заместителя начальника КБ по научной работе. На этой должности Заксон находился до перевода в ЦНИИ «Комета» в 1975 году.

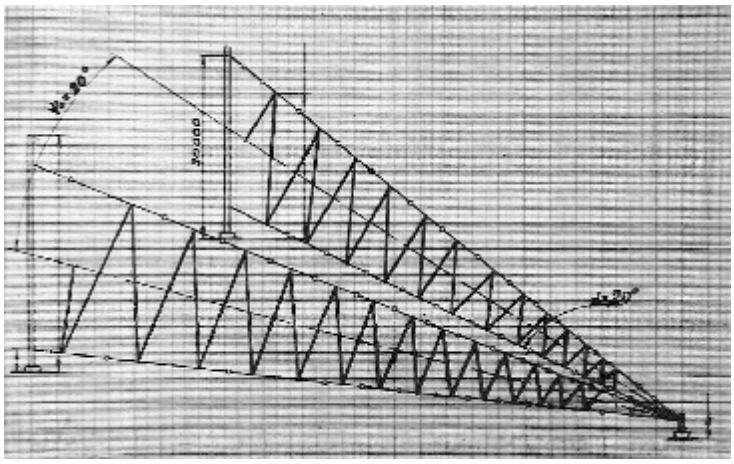
Еще в 1966 году в период войны во Вьетнаме для подавления радиолокаторов С-75 американцы использовали противолокационные ракеты «Шрайк». Захватывая луч локатора, ракета летела в направления источника до попадания в него. В последующие годы были разработаны разные способы борьбы с противолокационными ракетами, например, выключение передатчика при обнаружении противоракеты. Но при этом комплекс терял возможность выполнения боевой задачи. Другой способ заключался в применении вынесенных антенн, которые периодически подключаются к передатчику РЛС, отклоняя в свою сторону направление полета ракеты. Аппаратура для реализации этого способа была разработана в КБРП под руководством Кулишова, который был в это время начальником лаборатории. Аппаратура включала 4 вынесенные рупорные антенны с волноводными трактами. Тракты включали в свой состав вращающиеся сочленения, которые позволяли раскладывать их на местности со сложным рельефом. Разработка прошла успешно и завершилась передачей документации на заводы-изготовители.

В начале 1970 годов началось участие КБРП в работах по темам, связанным с СВЧ-энергетикой. В то время было распространено мнение, что передача энергии в СВЧ-диапазоне и воздействие СВЧ-энергии на объекты будут иметь множество военных и гражданских применений. Однако за 40 лет широкое применение получили только СВЧ-печи. КБРП, как всегда, было привлечено к работам в части антенн. Для изучения воздействия мощного СВЧ-излучения на различные объекты на Химкинской территории НИИ радиоприборостроения было решено создать стенд высокого уровня мощности «ТОР-1» на основе многоканального передатчика. Было необходимо разработать антенную решетку для фокусировки СВЧ-энергии в ближней зоне. Работа была поручена отделу Коростышевского, чертежи выпускала бригада Ремизова (конструктор Дереча Ю.Г.). Разработка антенны велась в лаборатории Трофимовой (исполнитель Липкин А.М.), экспериментальные работы на модели успешно провели Воронцов В.Н. и Шелудченко А.Н. Антенная решетка состояла из 192 рупоров по числу каналов передатчика. Раскрывы рупоров располагались по вогнутой сферической поверхности. Размер антенны составлял 4 × 3 м. Для обеспечения электропрочности подводящие волноводные тракты были заполнены сжатым воздухом с избыточным давлением 6 ати. Для герметизации заполненных сжатым воздухом трактов в раскрывах рупоров были установлены специально разработанные кварцевые герметизаторы. Сфокусированное антенной излучение попадало через радиопрозрачное окно в большую вакуумную камеру, в которой и проводились физические эксперименты. Разработка и изготовление антенны были проведены за короткое время на высоком профессиональном уровне.

С 1970 по 1974 год в Николаеве проводились работы по настройке и испытаниям аппаратуры опытного образца ЗГРЛС «Дуга-2». В составе передающей позиции комплекса была отработана и сдана заказчику вспомогательная логопериодическая антенна горизонтальной поляризации, разработанная и изготовленная в КБРП. Работами в Николаеве

по этой антенне руководил Колобов. На приемной позиции был смонтирован комплект антенн «Круг», состоящий из расположенных по кругу несимметричных вибраторов вертикальной поляризации. Антенны были разработаны в НИИ «Радио», сконструированы и изготовлены в КБРП. Настройкой и испытаниями антенн руководил Гришин. Вспомогательные антенны предназначались для калибровки трасс распространения радиоволн.

В процессе выполнения работ по темам «Дуга-1» большое внимание уделялось исследованию особенностей прохождения радиоволн на большие расстояния. Для обеспечения этих исследований в лаборатории Колобова была разработана перевозимая антенна вертикальной поляризации ВО3А(Б). Антенна представляла собой два противофазных логопериодических полотна длиной около 50 метров каждое, расходящихся под углом 30^{o} друг от друга. Полотна в длинноволновой части крепились к вышкам (типа «Унжа») высотой около 34 метра. В коротковолновой части полотна крепились к согласующе-симметрирующему устройству, обеспечивающему согласование входного сопротивления ЛПА 300 ом с 75-омным сопротивлением коаксиального кабеля. Конструкторская документация была выпущена в отделе Глезермана. Изготовление антенн было организовано на Гомельском радиозаводе. Антенны входили в состав имитаторов радиолокационных сигналов баллистических ракет и были установлены на расстоянии 3000 км (район Джезказгана), 6000 км (район Читы) и 7500 км (район бухты Ольга на Дальнем Востоке) от станции. Имитаторы использовались для проверки функционирования приемной позиции опытной ЗГРЛС. В 1974 году одна из антенн группой сотрудников КБРП и ГРЗ во главе с Рувинским была установлена в Арктике на Земле Франца-Иосифа для связи арктической научно-исследовательской обсерватории им. Э.Т. Кренкеля с Москвой. После завершения работ в Николаеве КБРП активно участвовало в проектировании боевой системы ЗГРЛС, состоящей из двух узлов: Западного, в районе городов Чернобыль и Любеч; и Восточного, вблизи Комсомольска-на-Амуре.



↑ Конструкция антенны ВО3А(Б)



Рувинский В.И., Лыков Е.М. и Зибров Е.В. около антенны ВО3А(Б) на Земле Франца-Иосифа, 1974 год →

Возросший объем работ, а также решение Минрадиопрома об использовании единых схем предприятий и наименований подразделений, вынудили Бубнова провести в апреле 1975 года очередную реорганизацию. Сотрудники КБРП были сгруппированы в научно-исследовательские отделения (НИО). 1 апреля 1975 года является днем рождения антенного отделения – НИО-3, в составе которого были объединены как разработчики антенн, так и

радиоинженеры из СМО-3, специализирующиеся на монтажных и испытательных работах на полигонах. Первым начальником НИО стал Белов А.И., его заместителем – Росс И.Н. В отделении было сформировано 7 отделов. Отделы Михайлова Е.Б., Коростышевского Е.Н. и Шапиро Р.В. специализировались в области исследований и разработок антенн, а отделы Климашевского В.А., Штурхацкого В.В. и Лурье Я.Г. занимались полигонными делами. В седьмой отдел (начальник Портной М.Г.) входила конструкторская группа во главе с Жучковым В.Д. и макетная мастерская во главе с Третьяковым А.Н.

Одной из основных работ антенного отделения в это время является настройка и испытания аппаратуры Западного и Восточного узлов ЗГРЛС. Создаваемые станции несколько отличались от опытного образца. В частности, в передающую антенну были включены согласующие устройства (в форме блинов диаметром 4 м), а на позиции были развернуты по кругу 8 логопериодических антенн разработки КБРП вместо одной. В составе приемной позиции, как и ранее, был предусмотрен комплект вибраторных антенн «Круг», для приема радиосигналов со всех направлений. Ответственными представителями КБРП в Чернобыле, Любече и Комсомольске-на-Амуре были Ворошилин В.М., Колобов В.А. и Антипин А.Г.

На севере европейской части СССР в Лодейном Поле в 1974 году была развернута экспериментальная загоризонтная РЛС для проверки прохождения сигнала через полярные области. Головным разработчиком РЛС был НИИДАР (Главный конструктор Сосульников В.П.), КБРП занималось проектированием и монтажом антенн. Каждая станция содержала две ЛПА, расположенные над проволочным экраном. Экран, в среднем, располагался на высоте около двух метров от поверхности грунта; площадь экрана составляла более шести гектаров. Каждая из ЛПА имела по 65 вертикальных трубчатых вибраторов длиной от трёхсот миллиметров до шестнадцати метров. Длина каждой антенны вдоль поверхности земли составляла около 180 метров, масса – около 48 тонн. Антенны располагались под небольшим углом к экрану, так что высота от грунта до верха длинноволнового вибратора составляла более 23 метров. Конструкторская документация антенн выпускалась под руководством Хабарова В.В. Изготовление аппаратуры выполнил Гомельский радиозавод. Монтажом и настройкой антенны руководили, соответственно, Кутепов М.А. и Колмыков А.И., облетные испытания были проведены лабораторией Лурье Я.Г.

Второй крупной работой в это время была станция «Неман», разработанная в НИИРП под руководством Главного конструктора Бурлакова Юрия Григорьевича. Станция создавалась на Сары-Шаганском полигоне. КБРП разрабатывало конструкторскую документацию приемной и передающей антенн, а также участвовало в их монтаже и испытаниях. Ответственным представителем КБРП на станции «Неман» был Жучков. Антенное отделение (отделы Шапиро, Коростышевского и Лурье) выпускало документацию и участвовало в настройке аппаратуры. Со стороны НИИРП работы курировали Киреева К.А. и Россельс Н.А., в будущем сотрудники ОАО «Радиофизика». Радиоинженеры КБРП участвовали в изготовлении, настройке и испытаниях аппаратуры и других РЛС систем ПРО и СПРН, таких как «Дунай-3», «Дарьял», «Дунай-3У», «Дон-2НП».



Коротков В.Д.

Для исследования возможности создания ФАР со сканированием во всей верхней полусфере в отделе Коростышевского были проведены НИР «ОЛА» (Оболочечная линзовая антенна) и НИР «КФАР» (Купольная ФАР). Активное участие в работах принимал Коротков. В рамках этих НИР были разработаны макеты диэлектрической купольной линзовой антенны (Сергеев В.Н.), волноводной купольной линзовой антенны (Гольберг Б.Х.) и волноводных фазосдвигающих элементов (Федоров Г.С.).

В отделе Коростышевского в это время работало много высококвалифицированных специалистов. 8 человек защитили кандидатские диссертации: Корчемкин Ю.Б., Тюков И.П., Бычков Ю.П., Серяков Ю.Н., Сергеев В.Н., Горлов М.Г., Гольберг Б.Х. и Воронцов В.Н.

Сотрудники отдела успешно выполняли задания по ОКР и НИР, выступали с научными докладами на Всесоюзных семинарах и конференциях по антенной технике. За выполненные работы отделу было присвоено звание лучшего отдела Министерства радиотехнической промышленности с вручением Красного Знамени.

С 1970 года, с приходом в КБРП Тюкова, на предприятии начались работы по ферритовым фазовращателям. К этому времени было понятно, что именно фазовращатели являются ключевыми элементами ФАР, определяющими их основные характеристики и стоимость. В 1973 году после успешного окончания аспирантуры МИСиС в КБРП пришел специалист по материалам Бычков Ю.П. Перед ним была поставлена задача организовать на предприятии участок по изготовлению ферритовых элементов. В 1975 году Тюков перешел в теоретический отдел, а к разработкам ферритовых фазовращателей подключился Корчемкин, став при этом начальником сектора. В 1977 году Бубнов поставил перед разработчиками задачу создания фазовращателя сантиметрового диапазона с потерями не более 0,5 дБ для радиоэнергетического комплекса, разрабатываемого в НИИРП. Комплекс радиотехнических и технологических работ, использование оригинальных конструкций волноводных, ферритовых и согласующих элементов, применение специальных ферритовых и диэлектрических материалов, разработанных специалистами ОКТБ ЦНПО «Вымпел» (Белов А.И., Новиков В.С., Гладкова В.И. и др.) привели к созданию волноводных фазовращателей с потерями 0,45 дБ. Эти работы явились хорошим заделом для разработки в следующем десятилетии антенных фазовращателей для ряда РЛС.

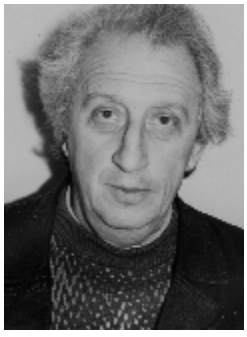
Кроме антенного отделения, в КБРП разработками, связанными с антеннами, занималось отделение Ткачева. Оно специализировалось на создании комплексов для измерений антенных характеристик больших стационарных РЛС, таких как «Дунай-3», «Дарьял», «Дуга», «Неман», «Дон». Во второй половине 1970-х годов были разработаны облетные комплексы «Высота» и «Пилот», а также развит апертурно-зондовый метод измерения параметров антенн в ближней зоне.

В теоретическом отделе были выполнены расчеты влияния подстилающих поверхностей, в частности леса, на характеристики излучения антенн РЛС «Дарьял», «Дуга», а также сформулированы требования к ландшафту перед апертурой антенны. В работах участвовали Ерихов В.Г., Иванишин М.М., Малакшинов Н.П., Тюков И.П.

С 1975 года в КБРП стали проводиться Всесоюзные конференции по теории и технике антенн. В это же время Бубнов в качестве заместителя председателя начал активно работать в Межведомственном координационном совете по антеннам (МКС-7), который определял направления перспективных исследований и разработок, общих для различных отраслей промышленности. В МКС-7 входили видные специалисты по антеннам, председателем МКС-7 был заместитель министра радиопромышленности. Техническую деятельность по обеспечению работы МКС-7 осуществляли заместитель председателя МКС-7 Наследов Н.Д., перешедший в 1980 году из НИИРПа в КБРП, и Вавилова И.В. Организация и проведение таких мероприятий на территории КБРП силами его сотрудников еще больше повышали авторитет предприятия и его руководителя Бубнова.



Наследов Н.Д.



Кинбер Б.Е.

В 1978 году в антенном отделении был сформирован большой отдел, начальником которого стал Колобов, вернувшийся в Москву после завершения ряда исследовательских работ на опытной ЗГРЛС в Николаеве. В отделе были собраны наиболее сильные разработчики антенных систем. Из теоретического отдела была переведена группа выпускников МФТИ во главе с Классеном В.И., который стал начальником сектора. Второй сектор возглавил пришедший в 1976 году из НИИДАРа Шубов А.Г., известный специалист в области

антенной техники, разработчик антенн станций «Дунай-2» и «Дунай-3». Начальником третьего сектора стал доктор технических наук Белоцерковский Б.Е. (разработчик оптических систем), пришедший из военного института. Четвертый и пятый сектора возглавили Владыченский Ю.Г. и Коротков В.Д. В это время в КБРП по совместительству начал работать ученый с мировым именем, специалист по теории дифракции доктор технических наук профессор Борис Евсеевич Кинбер, человек весьма колоритный и неординарный, опубликовавший ряд пионерских работ по асимптотической теории дифракции и теории зеркальных антенн. Кроме участия в разработках, Кинбер читал лекции по теории волновых процессов на базовой кафедре МФТИ. Он оставил глубокий след в истории кафедры, а многие из выпускников осознанно или неосознанно, в большей или меньшей степени переняли элементы его стиля мышления: стремление к предельной четкости формулирования вопросов, неприятие словесной шелухи и наукообразных терминов, простоту и ясность выражения мыслей, въедливость. На семинары с его участием собиралось большое количество слушателей. Он всегда задавал тон дискуссий, был требователен и бескомпромиссен. Когда его упрекали в чрезмерной жесткости оценок, он парировал: «Здесь серьезное научное заведение, а не общество всеобщего восхищения!».

В 1978 году в КБРП была поставлена НИР «Платформа», посвященная изучению возможностей создания больших конструкций в космосе для радиотехнических систем различного назначения. Работа выполнялась в основном в антенном отделе Колобова и конструкторском отделе Глезермана. Были рассмотрены перспективы создания антенн для передачи энергии из космоса на Землю с помощью геостационарной солнечной космической электростанции. Предполагалось, что такая станция преобразует энергию солнечного излучения в СВЧ-энергию, направляемую антенной около 1 км (!) в диаметре, на наземную приемную выпрямительную антенну – ректенну. Рассматривались также варианты других космических энергетических систем и радиолокаторов с большими антеннами.

В секторе Классена были выполнены теоретические и экспериментальные исследования вариантов создания космических гибридных зеркальных антенн с раскладными рефлекторами и полифокальных антенн. Значительную роль в выполнении этой работы сыграли Кинбер и Классен, а также Азюкин А.В., Виленко И.Л., Медухин А.А., Стеблин В.И., Тоболев А.К., Шалякин А.И., Шишлов А.В. За работы по гибридным антеннам Классен, Тоболев и Шишлов были удостоены в 1982 году премии Ленинского комсомола, а в 1986 году Классен защитил докторскую диссертацию по этой тематике.



Лауреаты премии Ленинского комсомола 1982 года после вручения дипломов Сидят: лауреаты премии 3-й Классен В.И., 4-й Шишлов А.В., 5-й Тоболев А.К.; Стоят: 2-й Богомолов А.Ф. (ОКБ МЭИ), 3-й Бубнов Г.Г., 5-й Ткачев Г.М., 6-й Колобов В.А., 7-й Белов А.И., 8-й Жигулин Л.Н., 9-й Попереченко Б.А. (ОКБ МЭИ), 12-й Гусевский В.И. (ОКБ МЭИ), 15-й Гаричев С.Н., 16-я Аксенова Г.Н.

Преобразование КБРП в НИИРФ. Работы по СВЧ-энергетике

В апреле 1980 года в КБРП из НИИРП были переданы работы по СВЧ-энергетике, а также переведен занимающийся этой тематикой коллектив во главе с доктором технических наук Ушаковым Олегом Александровичем. Этим работам в те годы придавалось очень большое значение. Они проводились под жестким контролем Минрадиопрома. В них участвовали многие отраслевые институты и институты Академии наук. Физические исследования выполнялись под научным руководством академика Прохорова А.М. Еще в НИИРП в рамках этих работ в 70-х годах была создана экспериментальная установка ТОР-1 для фокусировки мощного СВЧ-излучения, антенна для которой была разработана в КБРП.

Результаты, полученные на ТОР-1, воодушевили руководство на создание большого экспериментального энергетического комплекса с ФАР километрового (!) размера. И хотя технико-экономическая эффективность комплекса вызывала множество вопросов и нареканий, КБРП как нельзя лучше годилось для создания необходимого комплекта аппаратуры. Бубнов активно содействовал переводу данной тематики в КБРП, поскольку это позволяло существенно повысить статус предприятия. В КБРП Ушаков стал заместителем начальника по научной работе, а Жигулин – начальником отделения, состоящего из перешедших сотрудников. В течение года новое отделение осваивалось на предприятии, вовлекая в деятельность по СВЧ-энергетике все больше сотрудников. 1 августа 1981 году КБРП было преобразовано в отраслевой НИИ радиофизики (НИИРФ), который был определен головным предприятием по СВЧ-энергетике. Структура НИИРФ была изменена применительно к новым задачам. Были созданы крупные научно-исследовательские

отделения: тематическое НИО во главе с Шапошниковым С.С., конструкторское НИО во главе с Теленковым, НИО по разработке радиотракта во главе с Жигулиным и НИО по разработке видеотракта во главе с Ткачевым. Для выполнения работ по старой тематике был сформирован полигонный отдел под руководством Белова. Сотрудники радиотехнического профиля, занимавшиеся в КБРП антенной тематикой, вошли в НИО-3, сформировав два отдела: антенный отдел во главе с Колобовым (он же стал заместителем начальника НИО) и отдел фидерных устройств во главе с Воронцовым В.Н. Кроме этих отделов в были сформированы отдел передатчиков во главе с Кияко В.И. и отдел приемников во главе с Рукуновым В.Н. Заместителем начальника антенного отдела стал Коростышевский.

Теперь немного о себе. Бубнов пригласил меня в КБРП летом 1980 года, когда я, не имея московской прописки, искал место для распределения после окончания аспирантуры. Кроме перспектив в работе, Бубнов обещал через несколько лет дать квартиру, что для моей молодой семьи было чрезвычайно актуально. Мне было предложено заниматься релятивистскими генераторами, о которых я не имел понятия, поэтому над предложением Бубнова думал очень долго. Как оказалось впоследствии, релятивистскими генераторами мне заниматься не пришлось, да и квартиру я получил только через 9 лет, будучи уже начальником отдела. Тем не менее, с 10 ноября 1980 года трудовая часть моей жизни стала протекать в стенах КБРП. Услышав от меня про релятивистские генераторы, заместитель директора по кадрам Шелудченко А.Н. отправил меня в сектор по разработке передающих устройств. Вместе с этим сектором 1 сентября 1981 года я был переведен в антенное НИО.

Как я уже писал, начальником отделения по разработке радиотракта в 1981 году стал Жигулин Лев Николаевич. Жигулин был хорошо образованным и интеллигентным человеком. Проработав значительную часть своей жизни в отделе передатчиков, он, тем не менее, хорошо разбирался во всем многообразии СВЧ-техники. В голове Жигулина умещался огромный объем знаний, почти по любому вопросу он мог быстро сформировать свое мнение. В одиночку Лев Николаевич мог за пару дней написать отчет по НИР или ОКР. По характеру он был добрым и мягким человеком. Вследствие этой мягкости, он не мог отстоять свою точку зрения ни перед подчиненными, ни перед начальством. В результате в отделении отсутствовала внятная техническая политика, производственные вопросы не решались месяцами, а начальникам отделов приходилось действовать на свой страх и риск или выходить непосредственно к Ушакову.



Жигулин Л.Н.

Собственно, новая тематика включала в себя три направления: создание экспериментального комплекса 90М6 с модульной ФАР для излучения управляемых пучков СВЧ-энергии; передача СВЧ-энергии на значительные расстояния с обратным превращением ее в электрическую энергию, радиолокация из космоса в миллиметровом диапазоне волн.

По комплексу в 1982 и 1985 годах были защищены эскизные проекты. Параллельно велась разработка передающего высокоэнергетического модуля в частотном диапазоне 7 ГГц. Антенна модуля должна была излучать 350 кВт в непрерывном режиме, обеспечивая сканирование в секторе углов $100^{o} \times 30^{o}$. Разработка излучающей структуры с секторной диаграммой направленности излучающего элемента была выполнена в секторе Короткова при активном участии Скобелева С.П. Основную часть разработки фазовращателей провели Корчемкин и Бычков, а экспериментальную отработку – Медов В.В. С целью удобства сборки и снижения стоимости антенны фазовращатели и излучатели были объединены в 12-ти канальные блоки с единым корпусом. В каналах блока располагались ферритовые и диэлектрические вкладыши, образующие фазовращатель с дискретом управления $\pi/2$ и волноводные излучатели, согласующие ФАР со свободным пространством. К корпусу крепилась ячейка управления, представляющая собой печатную плату с переключающими диодами. В состав антенной секции входило 16 блоков фазовращателей, в состав модуля комплекса входило 6 антенных секций. Апогеем работ по разработке фазовращателей для

экспериментального энергетического комплекса явилось изготовление партии 12-ти канальных блоков для 50 антенных модулей, содержащих около 10 тысяч фазовращателей.





↑ ***Линейка из 12 ферритовых фазовращателей с ячейкой управления***

← ***Передающая антенная секция ФАР комплекса 90М6 с излучающей структурой для сканирования в ограниченном секторе углов***



Корчемкин Ю.Б.

Бубнов сумел заинтересовать в применении этого фазовращателя в своих разработках главных конструкторов НИИДАРа Сосульникова Владимира Пантелеймоновича и Минина Юрия Николаевича. Большую роль в организации работ по этим темам сыграл сотрудник НИИДАР Лурье Борис Михайлович. В дальнейшем был разработан унифицированный 8-ми канальный блок фазовращателей, конструкция которого обеспечивала его применение как в решетках с плотным расположением элементов для ФАР с широкоугольным сканированием РЛС «Крона-В» (разработчики антенны Рогулев В.А. и Зимин С.С.), так и в решетках с разреженной апертурой, таких как ФАР комплекса 90М6. Конструкция блока фазовращателей была разработана бригадой Щуренкова В.А. К 1986 году была проведена подготовка производства, рассчитанная на выпуск нескольких миллионов фазовращателей в год.

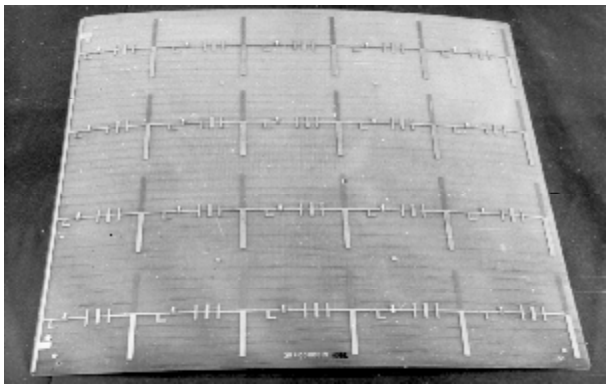
Тематика передачи энергии на большие расстояния посредством СВЧ-излучения, по большому счету, не вышла за рамки отчетов и макетов в силу дороговизны оборудования, отсутствия элементной базы и относительно низкой плотности потока энергии и итоговой эффективности передачи и обратного преобразования. Тем не менее, в антенном отделе в секторе Владыченского (Рувинский В.И., Егоров А.Н., Рябцев В.Е., Локтионов А.Е., Максименко В.В., Колмыков А.И.) были разработаны первые в СССР экспериментальные образцы приемно-выпрямительных антенн (ректенн) на частоте 2,45 ГГц. Специальные мощные арсенидогаллиевые диоды Шоттки для ректенн были разработаны в НИИ «Сапфир» по заданию НИИРФ. Были разработаны и запатентованы несколько новых видов элементов ректенны (петлевой на двух диодах, шунтовой на 4 диодах, и др.), при экспериментальной отработке которых был достигнут КПД преобразования более 85%. Были разработаны новые субмодули ректенны как в печатном исполнении, так и в виде гибких рулонированых структур.



Бычков Ю.П.

На основе передающей зеркальной антенны и небольшого субмодуля ректенны было проведено экспериментальное исследование эффективности пробной линии передачи СВЧ-энергии и обратного

преобразования ее в постоянный ток, с помощью которой в 1982 году зажгли гирлянду новогодней елки.



Макет ректенны

С началом в СССР 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 Харитоном Ю.Б. и рядом других видных специалистов как неэффективные и весьма затратные проекты. Вскоре из-за недостатка финансирования эти работы были прекращены. Однако технические решения и аппаратура ФАР, разработанные по данной тематике, впоследствии были успешно применены в других системах.

Третье направление – радиолокация миллиметрового диапазона волн было наиболее результативным. Кроме многочисленных технических предложений и эскизных проектов космической локационной станции (КЛС) в 1982–1988 годах был разработан и изготовлен образец космического радиометра 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». Тематическое руководство разработкой радиометра осуществлял сектор Ляхова Ю.А., в котором плодотворно работали выпускники базовой кафедры МФТИ Курикша В.А. и Пузанков А.Ф. Радиометр состоял из двухлучевой зеркальной антенны и приемного блока. Антенна радиометра диаметром 0,95 м была разработана под руководством Классена с участием Азюкина и Шалякина. Рассматривались разные варианты построения антенны, в итоге был выбран двухзеркальный вариант возбуждения с выносом одного из запитывающих рупоров из фокуса. Рефлектор был изготовлен из инвара. Среднеквадратичное отклонение поверхности от параболы составило 0,05 мм, что обеспечило высокий коэффициент использования поверхности. Для испытаний антенны на полигоне 2 ЦНИИ МО в Калинине был развернут измерительный комплекс миллиметрового диапазона волн. В создании комплекса и испытаниях антенн принимали участие Медухин А.А., Шишлов А.В., Тоболев А.К., Гусев П.И., Ермолаев С.А., Меркулов Д.В., Кузовкин А.В. Разработали КД конструкторы отдела Глезермана Кабанов В.Е., Козлов Н.И.



Антенна радиометра миллиметрового диапазона волн (55 – 65 ГГц)

Разработка радиометрического приемника проводилась в отделе Рукунова. Разделение частотного диапазона на 100 каналов осуществлялось посредством двухэтапной фильтрации: на несущей частоте на 10 каналов и на промежуточной частоте также на 10 каналов. Разработка фильтров проводилась в отделе Воронцова сотрудниками Трофимовой и Тюковым. Фильтры миллиметрового диапазона выполнялись на волноводе 3,6 × 1,8 мм, а фильтры промежуточной частоты дециметрового диапазона на микрополосковых линиях на поликоровых подложках. КД выпустили конструкторы отдела Михайлова Невокшенов В.И., Туктаров В.А., Рыбаков В.Ф., Цыганков В.Ф. Тепловые и прочностные расчеты выполнили Смолин М.Г. и Амигуд Л.Х., механические испытания провел Лепихов В.Ф.

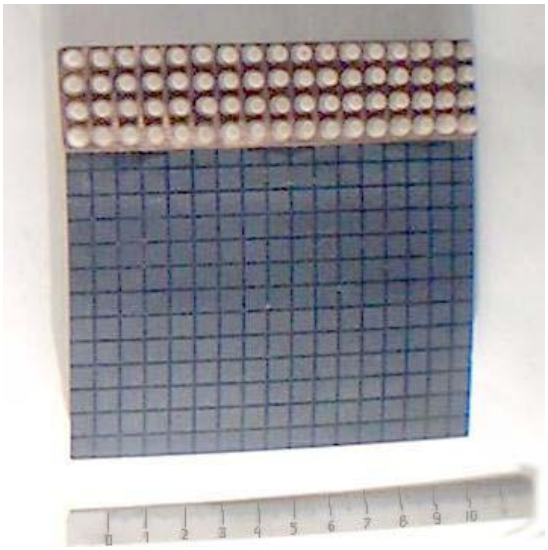


Воронцов В.Н.

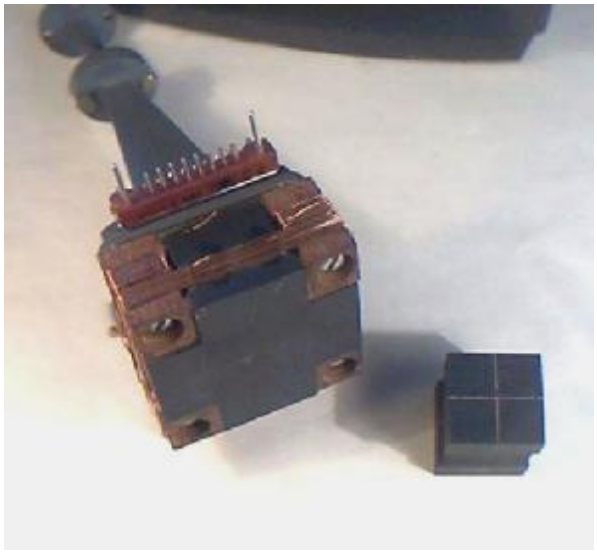


Тюков И.П.

Разработки радиометра подняли на новый уровень производственные возможности НИИ радиофизики. Был организован участок точной механики, внедрены технологические процессы электроэрозии и гальванопластики, приобретен парк измерительных приборов миллиметрового диапазона (ряд приборов был разработан по заданиям НИИРФ). Большие работы были проведены в области исследования разных типов фазовращателей миллиметрового диапазона. Аспирантами Дроновым Н.Н. и Басалаевым А.В. (научный руководитель Корчемкин), совместно с МВТУ им. Баумана и НИИ «Домен» из Ленинграда были произведены разработки ферритовых линз, заменяющих в решетке ФАР группу фазовращателей. Отражательная линза, фотография которой приведена ниже, была разработана в диапазоне частот 35 ГГц, содержала 289 элементов и имела размер 102×102 мм. Проходные ферритовые линзы обеспечивали сектор электронного сканирования ±25º в диапазоне 60 ГГц и сектор ±17º в диапазоне 90 ГГц.



Макет отражательной ферритовой линзы, частично заполненный излучателями



Макет проходной ферритовой линзы

В 1981 году антенный отдел был признан лучшим отделом в отрасли. По этому поводу было произведено фотографирование сотрудников отдела на фоне портрета академика А.А. Расплетина. Поскольку все сотрудники одновременно не поместились в кадр, были сделаны две фотографии, которые мне приятно поместить в настоящей книге.



Сотрудники антенного отдела (первая половина), 1982 год
Сидят: Гусев П.И., Шалякин А.И., Пахряева Т.А., Любушкина Н.М., Гусева М.А., Ратушкина Р.И., Прилепская Л.И., Измайлова М.М., Антошкова И.М., Колмыков А.И.
Стоят: Азюкин А.В., Шишлов А.В., Пирожков Ю.А., Егоров А.Н., Колобов В.А., Рувинский В.И., Тоболев А.К., Шубов А.Г. (начальник сектора), Владыченский Ю.Г, Антипин А.Г.



Сотрудники антенного отдела (вторая половина), 1982 год
Сидят: Кривцов М.Ю., Зарифов В.Р., Ерофеева Е.Г., Буторина Л.С., Сорокина Л.Н., Тер-Абрамян И.М., Комарова Л.Н., Кондратьев Е.В., Федоров Г.С., Дубров Ю.Б.
Стоят: Коротков В.Д., Басалаев А.В., Бычков Ю.П., Медов В.В., Скобелев С.П., Иванишин М.М , Дронов Н.Н., Корчемкин Ю.Б., Годунов А.В.

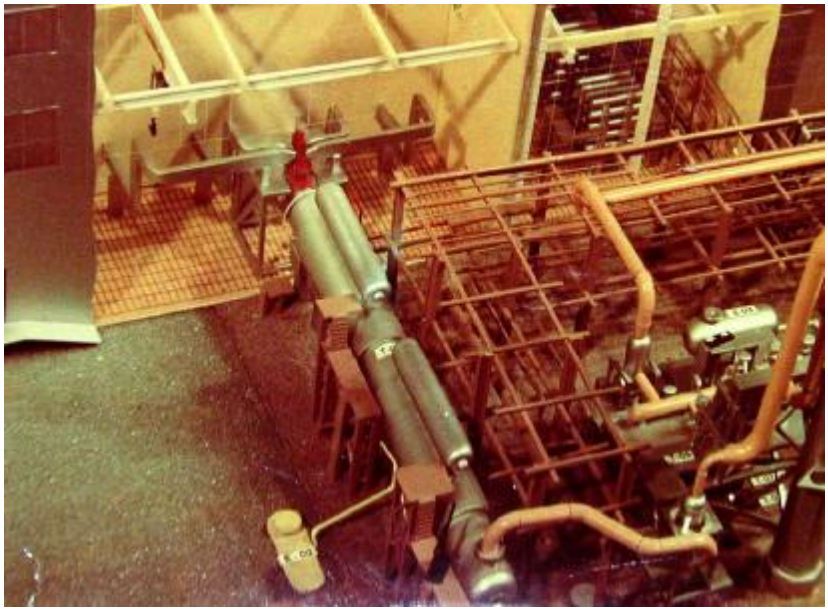
В 1984–1987 годах на предприятии была поставлена НИР по разработке систем автоматического проектирования (САПР) радиотехнических систем и устройств СВЧ. Руководителем работы был назначен Гаричев С.Н. По результатам работы он в 1987 году защитил докторскую диссертацию.

Под руководством Бубнова в отделе метрологии Серяковым Ю.Н., Фурсовым С.А. и Никулиным С.М. был разработан коммутационный метод измерения характеристик ФАР, описанный в 1988 году в книге указанных авторов. Впоследствии этот метод был развит Шитиковым А.М. и нашел применение в большом количестве разработок.



Гольберг Б.Х.

Особняком от работ по основной тематике стояла интересная и своеобразная работа по теме «Газ», выполнявшаяся под руководством заместителя главного инженера Ремизова Б.А. То, что в нашей стране добывается много газа, знают все. То, что в добываемом газе содержится много серы, знают многие. А вот то, что при взаимодействии газа с СВЧ-энергией в специальном плазмотроне может происходить плазменная диссоциация сероводорода с выделением серы в виде жидкой субстанции, известно немногим. Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова (Животов В.К.) разработал плазмотрон для взаимодействия газа и СВЧ - энергии, НИИ «Титан» (Лысов Г.В.) разработал мощный СВЧ - генератор «Хинган», а НИИРФ – систему волноводных трактов сечением 220 × 104 мм, для работы на частоте 915 МГц при уровне мощности 1 МВт в непрерывном режиме. Работы проводились в отделе Воронцова сектором Гольберга. Тракты, кроме регулярных волноводов, включали согласованные нагрузки, двойные тройники, направленные ответвители, уголковые изгибы и герметизаторы. Согласованные нагрузки и направленные ответвители были разработаны в НИИ «Титан» (Тимофеев Б.А.). Все оборудование было поставлено на Оренбургский газоперерабатывающий завод, где был создан опытно-технологический цех по очистке газа. Через несколько лет дополнительно были разработаны и изготовлены фазовращатели высокого уровня мощности тромбонного типа с пневматическими приводами.



Опытно-технологический цех по очистке газа на Оренбургском газоперерабатывающем заводе. На заднем плане виден плазмотрон (красного цвета) с подводящими СВЧ-энергию волноводными трактами

В начале октября 1986 года, после неожиданной смерти Воронцова, я был назначен начальником отдела фидерных устройств. Мое назначение оказалось последним кадровым решением Бубнова.

После Бубнова. Новый этап в миллиметровой радиолокации

29 октября 1986 года умер Бубнов Георгий Григорьевич. Бубнов был крупной и значимой фигурой, поэтому и изменения, произошедшие в НИИРФ после его смерти, также были существенными. По решению руководства Минрадиопрома тематика, связанная с СВЧ-энергетикой, была передана в Московский радиотехнический институт (МРТИ). Туда же перевели коллектив тематиков во главе с Ушаковым. Из НИИРП в НИИРФ был переведен коллектив Толкачева А.А., занимавшийся миллиметровой радиолокацией. Институт был определен головным в министерстве по миллиметровой радиолокации, директором стал Петросов В.В., а Главным конструктором – Толкачев А.А. Перед коллективом НИИРФ была поставлена задача активно включиться в работы, проводимые под руководством нового Главного конструктора.

Толкачев и его коллеги начинали работать над тематикой ПРО под руководством Григория Васильевича Кисунько с 1955 года. Они активно участвовали в работах по созданию и испытаниям системы «А», а затем – экспериментальной стрельбовой РЛС ПРО «Аргунь». С 1982 года коллектив приступил к разработке экспериментальной РЛС миллиметрового диапазона «Руза». Двухдиапазонный комплекс, состоящий из указанных станций, должен был обеспечить обнаружение («Аргунь») и измерение параметров объектов с высокой точностью («Руза»). Кроме того, шло проектирование перспективных радиолокационных станций ПРО на базе ФАР миллиметрового диапазона волн с широкоугольным сканированием.

Применительно к новым задачам была изменена структура НИИРФ. В составе антенного НИО остались только подразделения, связанные с разработкой антенн: антенный отдел, начальником которого был назначен Шишлов, отдел по разработке фазовращателей, начальником которого стал Корчемкин и отдел по разработке фидерных устройств под моим руководством. Начальником отделения вместо ушедшего в МРТИ Жигулина Л.Н. стал Колобов В.А.. Фактически в отделении оформилась смена поколений. Начальниками всех отделов были назначены молодые кандидаты наук, выпускники МФТИ. Вместе с Толкачевым из НИИРП пришла группа известных специалистов в области антенн во главе с . Эпштейном А.Л., руководителем разработки приемной антенны РЛС «Неман». Россельс Н.А., Хмелевский Б.С., Корженков П.Н. и другие пришедшие сотрудники внесли большой вклад в последующие работы ОАО «Радиофизика».



Россельс Н.А.



Эпштейн А.Л.



Корженков П.Н.

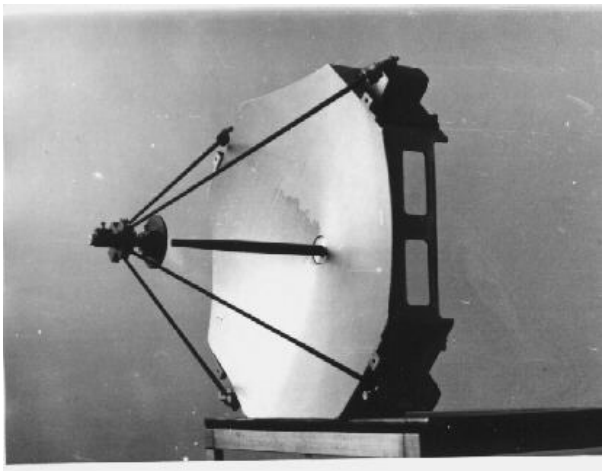


Хмелевский Б.С.

РЛС «Руза» работала в диапазоне 34 ГГц. Входящая в ее состав 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 гироклистронах 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.





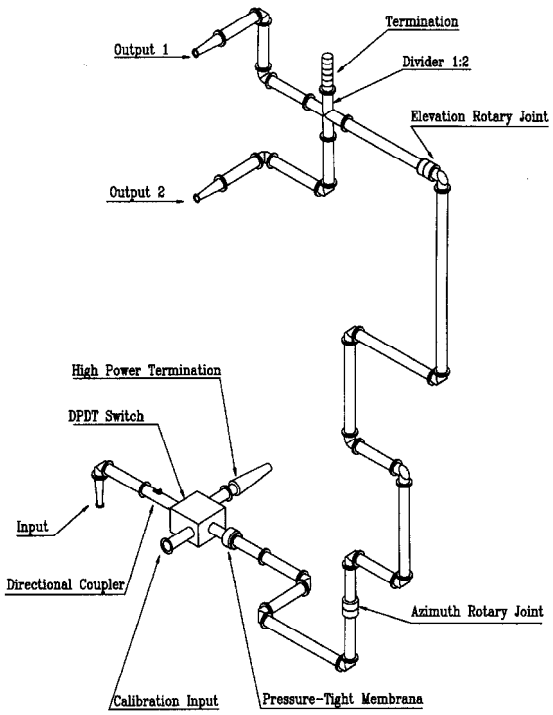
↑ Излучающий элемент РЛС «Руза» (крупногабаритный излучатель)

← РЛС «Руза» (ФАР на фоне радиопрозрачного укрытия)

Когда тематика передавалась в НИИРФ, разработка РЛС «Руза» находилась на стадии изготовления аппаратуры на заводах. Антенна изготавливалась на Гомельском радиозаводе (ГРЗ). Коллектив предприятия активно включился в работу. Ответственным представителем Главного конструктора на ГРЗ был Корженков. Его принципиальность и настойчивость во многом повлияли на качество и сроки изготовления аппаратуры.

Главная проблема в этот период заключалась в том, что разработанные в НИИРП волноводные тракты на круглом волноводе диаметром 40 мм не обеспечивали приемлемого уровня потерь. Толкачев поставил перед коллективом отделения задачу снижения потерь в волноводных трактах, по крайней мере, в 2 раза. Для выполнения этой работы были привлечены все имеющие отношение к сверхразмерным волноводам специалисты СССР. Была изменена концепция построения тракта: весь тракт был выполнен на волноводе диаметром 80 мм. За 2 года в секторе Гольберга были разработаны волноводные уголки и модовые фильтры для волновода диаметром 80 мм. Также была оптимизирована трассировка, что позволило уменьшить число изломов. Несколько позже были разработаны новые волноводные переключатели и делители сигнала 1:2. Внедряя доработки тракта, я провел на Сары-Шаганском полигоне четыре лета. Моим ближайшим и надежным помощником в этих работах был Чередник А.В. В результате потери в тракте были снижены более чем в два раза.

Одновременно Азюкиным А.В., Виленко И.Л., Тоболевым А.К. и Шишловым А.В. были проведены работы по оптимизации формы контррефлектора крупногабаритного излучателя, что привело к увеличению его коэффициента усиления на 0,5 дБ. Проведенные работы позволили значительно увеличить энергетику локатора и тем самым обеспечить большую дальность обнаружения целей.





↑ Волноводные элементы на круглом волноводе РЛС «Руза»

← Трассировка волноводного тракта РЛС «Руза»

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 начались проводки баллистических целей, доработка программно-алгоритмического обеспечения и аппаратуры с целью повышения эффективности РЛС и изучения возможностей локации миллиметрового диапазона. Активное участие в этих работах принимал начальник сектора из антенного отдела Антипин.

Руководителем разработки антенны был начальник отдела НИИРП Василий Андреевич Макота. Успех разработки антенны в большой степени связан с высоким профессионализмом Макоты и его сотрудников: Николаева А.М., Павловой М.П., Тульского В.П. и других. Совместная работа на станции «Руза» сблизила наши коллективы и в производственном и в личном плане, в результате Макота и Николаев в тяжелое для НИИРПа время перешли в ОАО «Радиофизика», где продолжают заниматься любимым делом – разработкой фазированных антенных решеток.

Одновременно с работами по экспериментальной РЛС «Руза» были начаты разработки РЛС («Самара», «Угра») для стрельбовых комплексов с электронным сканированием в широком секторе углов и многоканальными передатчиками на основе ЛБВ и клистронов. Главным конструктором Толкачевым была предложена концепция создания разных РЛС ММДВ из унифицированных приемо-передающих фазируемых антенных модулей (ППФАМ). Унифицированный ППФАМ включал в свой состав антенный модуль с ФАР, приемник, передатчик, аппаратуру управления. В отличие от дециметрового и сантиметрового диапазонов длин волн, в миллиметровом диапазоне, вследствие плотного расположения элементов, нет места между фазовращателями для аппаратуры их управления. Поэтому аппаратура управления может располагаться или на периферии антенного полотна, или сзади его. В первом случае возможно использование проходных решеток, но невозможно плотное расположение антенных модулей рядом друг с другом. Вследствие этого, главным конструктором была принята концепция построения ППФАМ на базе отражательных ФАР с расположением управляющих элементов сзади полотна с излучателями и фазовращателями.



Картина Макоты В.А.
Сары-Шаганский полигон, вид на 38 площадку с берега озера Балхаш. В центре виден жилой городок, справа радиопрозрачные укрытия станций «Аргунь», «Руза» и РЭ-2

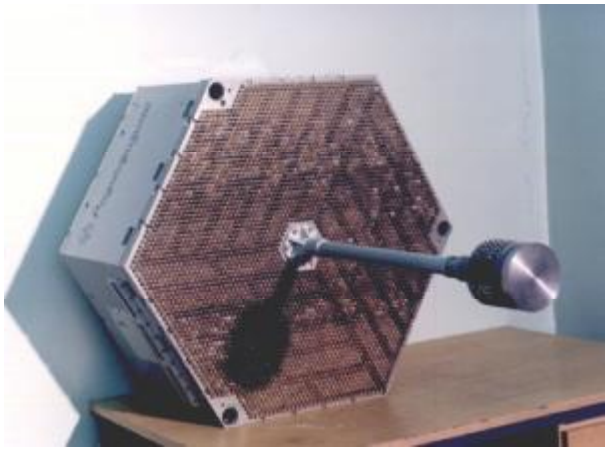
В результате работ, проводимых с 1987 по 1992 год в секторе Шубова, был разработан унифицированный антенный модуль диапазона 34 ГГц, содержащий 3600 фазовращателей. Излучатели в модуле размещались по треугольной сетке с шагом 1,1λ. При активном участии Короткова и Скобелева была разработана излучающая структура с сильно взаимодействующими между собой элементами. Указанное взаимодействие позволило реализовать столообразную диаграмму направленности излучающего элемента, и обеспечить, тем самым высокую эффективность антенны в секторе электронного сканирования в виде конуса с углом при вершине 50º. Конструкторская документация на модуль была разработана Островским А.И., Мовшиным Г.И. и Епифановым М.А.

Ферритовые фазовращатели для модуля разрабатывались в НИИ «Домен», в лаборатории Милевского Н.П. (в будущем директора НИИ «Домен») по теме «День», совместно с отделом Корчемкина. Основной проблемой, с которой столкнулись разработчики отражательного фазовращателя «День» – это неодинаковость (разброс) фазовых характеристик фазовращателей. Разброс фазовых характеристик отражательных фазовращателей, вызванный технологическими разбросами свойств материалов и размеров элементов, оказался существенно больше, чем для проходных устройств. Да и резонансы высших типов волн, которые часто проявляются в ферритовых устройствах, в отражательном фазовращателе приводили к значительным СВЧ-потерям. В секторе Бычкова была организована теоретическая и экспериментальная работа по исследованию характеристик ферритовых фазовращателей с продольным намагничиванием типа «День». Прежде всего, были созданы стенды, обеспечивающие экспериментальный контроль СВЧ-параметров и сигналов управления фазовращателей. Проведены работы по электродинамическому моделированию фазовращателей. В результате ОКР «День» была успешно завершена, но фазовращатели пришлось разбить на литеры, для каждой из которых устанавливалось оптимальное напряжение питания.

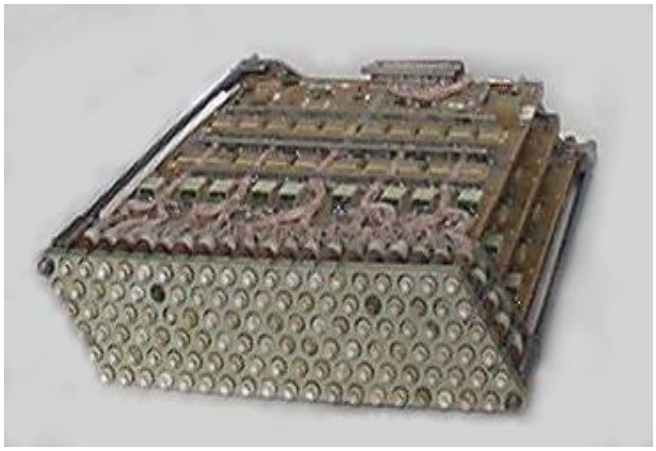
Для разработки подрешеток (фазовращатели с платами управления) был организован специальный сектор, который возглавил успешно защитивший диссертацию Дронов Н.Н. Разработка была выполнена на высоком научно-техническом уровне с использованием передовой для того времени элементной базы. Ведущим инженером разработки подрешеток

являлся Кондратьев Е.В., в отработке электрической схемы активную роль сыграл Демидов А.В., а в создании измерительных стендов – Дубров Ю.Б.

В октябре 1988 году приказом Министра радиопромышленности СССР Шимко В.И. и Министра электронной промышленности СССР Колесникова В.Г. было принято решение об организации серийного производства ферритовых фазовращателей по тематике ЦНПО «Вымпел» на Чистопольском часовом заводе «Восток». При заводе было организовано ЧКТБ «Вектор», руководить которым направили Классена. В перечень первоочередных фазовращателей, производство которых должно начаться в Чистополе, вошли фазовращатели миллиметрового диапазона «День» для РЛС «Самара» и 8-ми канальные блоки фазовращателей сантиметрового диапазона нашей же разработки для РЛС «Познание» (разработчик НИИДАР). Была проделана огромная работа не только по передаче на завод «Восток» документации и оборудования, но и передаче специалистами нашего института, НИИ «Домен» (Милевский Н.П., Сафантьевский А.П.) и ОКТБ (Соколов И.С., Будочев А.Н.) опыта работы, наработок по технологии и конечно многих «ноу-хау», имевшихся в высокотехнологичном, многоэтапном производстве ферритовых фазовращателей. В Чистополе было успешно изготовлено несколько десятков тысяч фазовращателей как миллиметрового, так и сантиметрового диапазонов, на основе которых изготовлены 8-ми канальные блоки, подрешетки и антенные модули. К сожалению после 1992 года работы на заводе «Восток» были прекращены, а оборудование демонтировано.



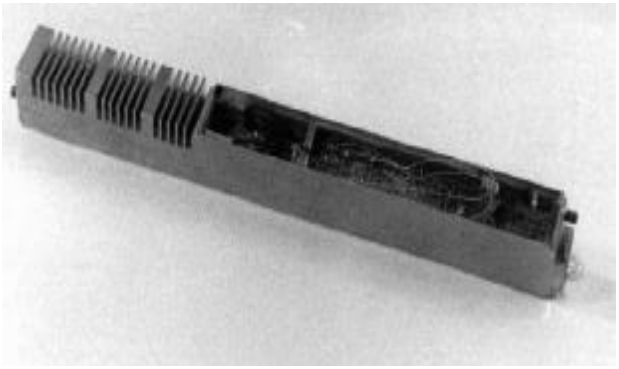
Унифицированный антенный модуль диапазона 34 ГГц, содержащий 3600 фазовращателей



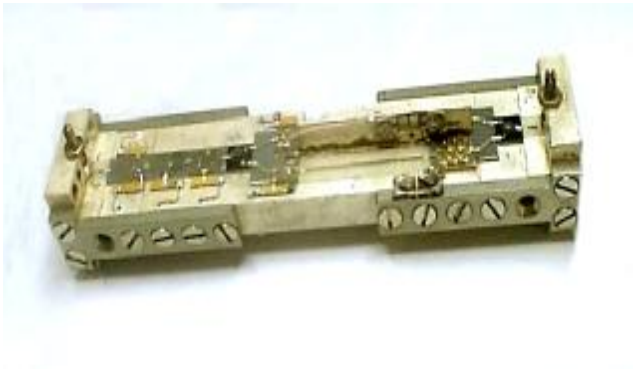
Подрешетка, содержащая фазовращатели и элементы их управления

Унифицированный антенный модуль имел апертуру гексагональной формы с диагональю 60 см, что позволяет собирать из таких модулей антенные полотна любых размеров. Разработка одной из антенн (для РЛС «Самара»), включающей 19 модулей, была к 1992 году завершена (конструкторскую документацию разработали Козлов Н.Н., Кабанов В.Е., Епифанов М.А., Кутепов М.А., Радченко В.П. Коротков А.А. и другие), и полным ходом шло ее изготовление на нескольких заводах Минрадиопрома. Однако в 1992-1993 годах из-за отсутствия финансирования изготовление РЛС было прекращено.

Наряду с разработкой пассивных ФАР в этот период времени были разработаны технические предложения по применению в некоторых системах активных ФАР сантиметрового диапазона волн. Эти работы шли параллельно с аналогичными работами в США и Японии, которые к 1996 году вызвали бум разработок устройств с АФАР. НИИРФ с участием кооперации предприятий Минэлектронпрома провел разработку макетов модулей АФАР диапазонов 4 ГГц и 15 ГГц.

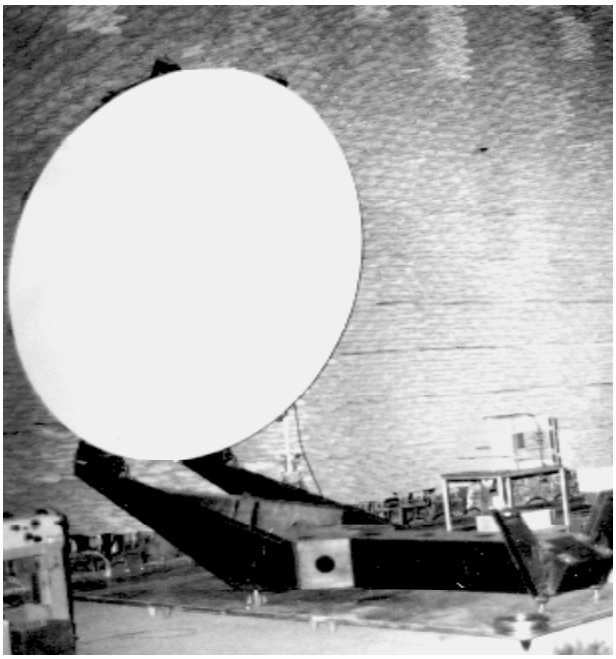


Приемо-передающий модуль АФАР диапазона 4 ГГц. Выходная мощность 5 Вт (кремниевый усилитель), шумовая температура 300 К



Приемо-передающий модуль АФАР диапазона 15 ГГц. Разработан КБ завода «Эра» совместно с НИИРФ. Выходная мощность 0,5 Вт, шумовая температура менее 1000 К

В конце 1980-х годов НИИРФ снова был вовлечен в работы по космической тематике. Для сверхбольшого спутника «Экспресс-КА» по заданию НПО «Энергия» в НИИРФ была разработана многолучевая антенна диаметром 3 м диапазона 11/14 ГГц. Антенна была неразборной, складывающейся на этапе вывода. Размер антенны, даже по нынешним временам, является очень большим для антенн такого класса. Разработкой антенны руководили Шишлов и Тоболев, ведущим конструктором антенны был Пяйт Ю.Л. Антенна содержала углепластиковый рефлектор, несущую конструкцию и матрицу рупорных облучателей (19 шт.). Углепластиковые составные части были изготовлены в СКТБ «Луч» из Сызрани, являвшемся в то время филиалом НИИРФ. Во время этой работы в НИИРФ были освоены методы проектирования многолучевых антенн и антенн с контурным лучом, разработано соответствующее программное обеспечение. В 1992 году финансирование программы было прекращено, но накопленный в этой области научно-технический задел позволил ОАО «Радиофизика» в дальнейшем участвовать в различных космических проектах.



Углепластиковая многолучевая антенна диапазона 11/14 ГГц диаметром 3 м

Начиная с 1988 года, в НИИРФ были начаты работы по конверсии имеющегося научно-технического задела, полученного в разработках оборонного назначения, применительно к народно-хозяйственным задачам. Работы велись по нескольким направлениям. Наибольшие успехи были достигнуты в разработке устройств спутникового телевидения и связи. В последующие годы это направление было значительно развито и наряду с радиолокацией стало базовым для выживания и дальнейшего развития предприятия. Другим направлением конверсии было создание устройств СВЧ-нагрева для размораживания мяса, пастеризации напитков, сушки фарфора и древесины. Были изготовлены макеты устройств. Установку для промышленного размораживания мяса гордо назвали «Нирфотроном». Однако в 1990-е годы выяснилось, что установки промышленного СВЧ-

нагрева в силу дороговизны и сложности обслуживания не выдерживают конкуренции с традиционными установками теплового нагрева.



Совещание по космической тематике в НИИРФ.
Сидят за столом лицом к нам: Власов В.Н. (главный конструктор направления НИИТП), Черток Б.Е. (член-корреспондент АН СССР, заместитель генерального конструктора НПО «Энергия»), двое представителей аэрокосмической промышленности США, Ремизов Б.А. (главный инженер НИИРФ). Сидит напротив: Левитан Б.А. (заместитель главного конструктора НИИРФ). На заднем плане: Колобов В.А. и Иванов С.В. (начальники подразделений НИИРФ)

В период с 1987 по 1991 год антенное отделение под руководством Колобова достигло своего расцвета. Численность отделения превысила 110 человек, в числе которых были один доктор наук (Кинбер) и 24 кандидата наук. В отделении проводились серьезные разработки с изготовлением образцов антенной техники и научно-исследовательские работы, направленные на создание заделов для будущих разработок. Колобов всячески поощрял инициативные работы в секторах, давая возможность сотрудникам, в том числе молодым специалистам, проявить свои способности и стать настоящими инженерами-разработчиками.



Сотрудники антенного отделения Третьяков Л.В., Спиридонов В.А., Денисенко В.В., Гольберг Б.Х. с противогазами на учениях ГО, 1987 год

В условиях постсоветской России

В 1991–1992 годах ситуация в стране кардинально изменилась. Изменилась и сама страна. В это время предприятия оборонного комплекса перестали финансироваться в достаточной степени и потеряли привлекательность. Появились кооперативы, другие «ниши» нарождающегося капитализма, куда, в надежде на лучшее будущее, активно устремились студенты и выпускники вузов, сотрудники предприятий. В этот период уволились многие сотрудники института, и его численность сократилась с двух до одной тысячи человек. Фактически прекратились работы по государственным заказам. Закрылись объекты НИИРФ на Сары-Шаганском полигоне.

Главной задачей руководства института, да и руководителей подразделений, становится поиск заказов. По каждому запросу, попадающему на предприятие, пишутся предложения, хотя редкие из них доходят до реального финансирования. Предприятие начинает участвовать в выставках, рекламируя свои возможности. В стране в этот период начинается распространение новых систем связи, и предприятие активно внедряется в этот новый для себя рынок. Резко активизируется сотрудничество с зарубежными компаниями. В России этого времени оказывается много высококлассных специалистов, готовых выполнять сложные работы за небольшую, по западным меркам, стоимость. Для нас же даже небольшой поток финансирования из-за рубежа позволял сохранять сотрудников, развивать новые технологии, приобретать современное оборудование.

В 1993 году институт был акционирован и преобразован в Открытое Акционерное Общество «Радиофизика». Следует отдать должное директору предприятия Петросову, который в трудные годы вел взвешенную политику и делал все возможное для поддержания жизнеспособности коллектива. Значительна роль и его заместителя Левитана, сумевшего мобилизовать коллектив ОАО «Радиофизика» на выполнение проектов, ориентированных на новых заказчиков, что позволило стабилизировать финансовое состояние предприятия. Чтобы сохранить коллектив, руководство предприятия приняло решение образовать в каждом подразделении малые дочерние предприятия, которые позволили бы сотрудникам самостоятельно находить и выполнять работы по своему профилю. Это дало возможность людям выживать в трудные годы и помогло сохранить ценных специалистов.

1 июня 1992 года я был назначен начальником антенного отделения. Колобов стал моим заместителем. На меня сразу обрушился воз трудноразрешимых проблем: заказов мало, зарплаты низкие, сотрудники увольняются, административные рычаги не действуют.

Главной задачей стало найти применение высокому потенциалу сотрудников подразделения. Как и в других подразделениях в 1992 году в антенном отделении было организовано малое предприятие ЗАО «Апекс». Первым генеральным директором ЗАО «Апекс» стал Штофич С.В. В 1993 году его сменил Рувинский В.И. Активная деятельность в 1990-е годы начальника антенного отдела Шишлова и генерального директора ЗАО «Апекс» Рувинского в значительной степени обеспечили возможность сохранения коллектива отделения. Когда я стал начальником отделения, в нем было 110 сотрудников. В 1995 году на работу выходили только 45 человек. Но уже к 2000 году большинство ведущих разработчиков вернулись в коллектив, и его численность достигла 65 человек. Считаю своим долгом поблагодарить всех сотрудников отделения, которые верили, что нам найдется место в новой России, и дружным коллективом прошли через это тяжелое время.



Шишлов А.В.



Рувинский В.И.

Остановимся на наиболее заметных событиях и разработках, выполненных в 1990-е годы в антенном отделении.

Системы спутникового телевидения и связи. Спутниковое телевидение в начале 90-х годов было одним из немногих направлений, где инженеры могли что-то заработать. Предприятия радиотехнического профиля устанавливали на крышах платежеспособных учреждений достаточно большие антенны, делали разводки сигналов и подключали телевизоры. В обиход вошли слова «конвертор» и «тюнер». В этой деятельности активно участвовали сотрудники ОАО «Радиофизика», в том числе сотрудники антенного отделения. В то время в России можно было принимать сигналы со спутников, вещавших на Европу, и захватывавших Россию краями лучей. Из-за малой плотности потока мощности требовались большие дорогие антенны. Это ограничивало распространение спутникового телевидения, почти исключая из него индивидуальных абонентов.

В начале 90-х годов по заданию НИИ «Радио» сотрудниками отделения была проведена работа по анализу возможных вариантов построения приемной абонентской аппаратуры для реализации на территории России спутникового телевидения со специального спутника, обеспечивающего высокий уровень плотности потока мощности (в дальнейшем этот проект получил название «НТВ+»). В процессе этой работы была разработана наиболее оптимальная конструкция приемной спутниковой антенны Ku диапазона, опытный образец которой был представлен заказчику. Были также проанализированы параметры выпускавшихся в то время за рубежом электронных блоков для приемной спутниковой аппаратуры и выработаны соответствующие предложения по их использованию. С этой разработанной нами антенны в России начался массовый выпуск небольших дешевых антенн спутникового телевидения, которые сейчас в большом количестве «украшают»

многоквартирные дома и дачные поселки. Руководили этой разработкой Рувинский и Тоболев. Впоследствии ЗАО «Апекс» разработал антенну диапазона 4 ГГц для приема сигналов со спутников «Ямал» в телевизионной сети «Газпрома».



Тоболев А.К.

Другим направлением развития телевидения в это время было создание локальных сетей телевизионного вещания. Базовая станция должна была формировать пакет программ за счет приема центрального телевидения, спутникового телевидения, программ местных телестудий и транслировать его в пределах района. В ОАО «Радиофизика» была разработана аппаратура под названием «Рассвет», которая включала в себя приемную логопериодическую антенну, зеркальную спутниковую антенну для приема ТВ сигналов с зарубежных ИСЗ, передающую антенну метрового диапазона, усилительную канальную аппаратуру. Устанавливая антенные устройства на крышах имеющихся административных зданий и домов культуры, можно было добиться зоны уверенного приема с радиусом до 5 км. Была организована бригада, которая занималась монтажом оборудования на территории России и Украины. Самое активное участие в этих работах принимали Рувинский В.И., Кусов Г.А., Асаинов О.С., Разуваев С.С., Слюсарь Б.И. Позднее Колобовым были разработаны передающие всенаправленные антенны дециметрового диапазона длин волн. Эти антенны были установлены в передающих центрах в 17 городах России.

Новое в 90-х годах для ОАО «Радиофизика» направление радиосвязи развивалось по пути создания станций спутниковой и радиорелейной связи, разработки и внедрения сетей фиксированной связи. Были созданы наземные станции спутниковой связи «Мост-УС» и «Мост-АС», работающие в диапазонах частот 4/6 ГГц и 11/14 ГГц. Первые станции были установлены в системах связи РЖД и «Газпрома». На крыше здания центрального офиса «Газпрома» в Москве до сих пор используются 4 антенны диаметром 5 м, изготовленные в ОАО «Радиофизика» в начале 90-х годов и прошедшие модернизацию в 1998 году.

Для станций спутниковой связи были разработаны антенны с размерами зеркал от 0,6 м до 7 м. В отделении были созданы облучающие устройства для различных антенн диапазонов частот 4/6 ГГц и 11/14 ГГц. Начались разработки облучателей для антенн с поляризационным уплотнением. В производстве ОАО «Радиофизика» под руководством Стрелкова В.В. был развернут участок по изготовлению зеркальных антенн диаметром до 7 м. Разработка антенн проводилась в секторе Тоболева. Разработкой программ и проведением расчетов занимались Виленко И.Л. и Реутов А.С. Разработки преобразователей поляризации, поляризационных разделителей и фильтров проводились в секторах Гольберга Б.Х. и Казаряна А.Э. В 1996 году предприятие приступило к созданию сети авиационной фиксированной спутниковой связи для организации воздушного движения на территории Российской Федерации.



Станция спутниковой связи с антенной диаметром 7 м на выставке «Связь-99»



Стапель для сборки антенн диаметром до 7 м в опытном производстве ОАО «Радиофизика»

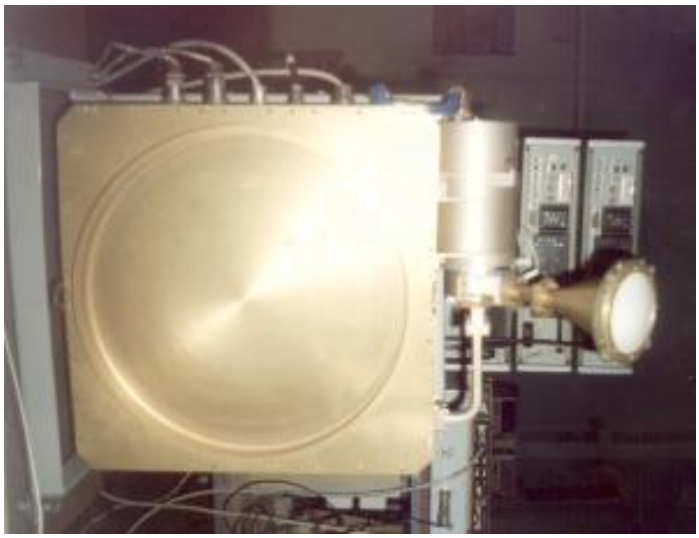
Аппаратура стартовых комплексов на космодромах Байконур и Плесецк. В 1994 году в ОАО «Радиофизика» по заказу ГКНПЦ им. М.В. Хруничева были начаты работы по созданию аппаратуры ретрансляторов для стартовых комплексов космодромов. В это время Центром им. Хруничева была развернута программа запусков космических аппаратов систем связи, созданных в других странах. В соответствии с международными правилами необходимо было проверить работоспособность запускаемого аппарата непосредственно перед пуском, когда он находится под обтекателем ракеты-носителя на стартовой позиции. Причем передача команд на спутник и съем телеметрической информации с него могут осуществляться только по эфиру через радиопрозрачное окно в обтекателе ракеты. Ретранслятор должен обеспечивать связь между спутником и центром управления как в рабочем положении фермы обслуживания ракеты «Протон», так и при «откинутой» во время старта ферме.

Аппаратура первого ретрансляционного комплекса диапазона 11/14 ГГц была создана, установлена и испытана на полигоне Байконур в 1995 году. Вскоре она уже была успешно использована 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.



← Аппаратура стартовых комплексов используется при запуске спутников связи

Передающий модуль, установленный на разгонном блоке ↓

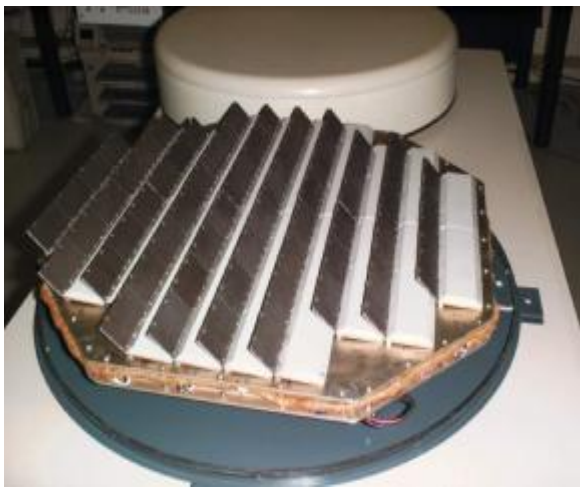


Руководителем разработок по этой программе являлся и является до настоящего времени Курикша В.А. В создании комплексов активно участвовали сотрудники антенного НИО Россельс Н.А., Казарян А.Э и другие. Конструкторскую документацию разрабатывали Слюсарь Б.И., Михайлов Г.П., Дереча Ю.Г., Щербов В.А. Волноводные элементы изготавливались на Рыбинском заводе приборостроения (РЗП). Сопровождение изготовления и проверки элементов выполняла группа сотрудников РЗП во главе с Царевым А.А.

Для передачи телеметрической информации с борта в центр управления во время запуска и выведения на орбиту спутников ОАО «Радиофизика был разработан передающий модуль для разгонного блока «Бриз». Работу выполнили под руководством Курикши В.А. разработчики Пузанков А.Ф., Любавин В.Г., Очков Д.С. ,Формальнов И.С., Молчанов Е.С., Силаев Е.Н., Сударенко А.А., Мороз В.Б., Тоболев А.К., Медухин А.А., Россельс Н.А., конструкторы Михайлов Г.П., Дереча Ю.Г., Рыбаков В.Ф. Слюсарь Б.И. при участии Расторгуева В.П.

Мобильная станция приема спутникового телевидения. Для антенного отделения в 1990-е годы чрезвычайно важными были работы, проводимые по контрактам с Институтом электроники и связи (ETRI) из Республики Корея. Контракты с ETRI заключались каждый год, начиная с 1994 года. Бессменным руководителем всех работ был и остается до настоящего времени Шишлов. Все работы носили характер совместных разработок. Каждая сторона выполняла ту часть работы, которую умела делать лучше. Такой подход обеспечивал высокий научный уровень разработок и, почти всегда, положительный результат. Первая крупная совместная работа началась в 1996 году. Она заключалась в разработке терминала мобильной станции для приема телевидения с первого корейского геостационарного спутника ретранслятора «KoreaSat». Это спутник с мощным ретранслятором и высоконаправленным лучом, позволяющий принимать телевизионные сигналы в пределах Корейского полуострова на мобильные терминалы с антеннами размером менее полуметра. Основным элементом терминала является антенна на основе активной ФАР, установленной на вращающейся платформе. Эта ФАР обеспечивает электрическое сканирование луча по углу места в пределах 30–60º, а платформа –

азимутальное сканирование за счет механического поворота. Таким образом, антенна, имея низкий профиль, сканирует в пределах биконического телесного угла и принимает телевизионный сигнал со спутника при манёврах транспортного средства, в том числе при его наклонах до 15º. Система имеет также второй луч для автосопровождения спутника. В конце 1997 года аппаратура терминала была изготовлена и собрана. Испытания терминала были успешно проведены в г. Тэджоне специалистами ETRI и группой сотрудников ОАО «Радиофизика».





Терминал для приема спутникового телевидения на транспортных средствах со спутника "KoreaSat" и его создатели (2-й Шишлов А.В., 7-й Шитиков А.М., 9-й Молчанов Е.Г., 10-й Ярмола В.Н.)

В работе принимали участие сотрудники ОАО «Радиофизика» из разных отделений: Россельс Н.А., Шубов А.Г., Шитиков А.М., Тоболев А.К., Медухин А.А., Сусеров Ю.А., Теленков Е.А., Очков Д.С., Формальнов И.С., Молчанов Е.Г., Яковлева С.Ю., Ярмола В.Н., Пузанков В.Ф., Казимиров В.К., Филиппов Н.Д., сотрудники МНТЦ «РЭИС» Егоров Е.Н., Кашаев Н.К. В нескольких южнокорейских компаниях, опыт разработки данной конструкции был взят за основу, и модификации этого терминала были освоены в серийном производстве. Теперь, спустя более чем десять лет, приезжая в Корею, мы видим такие терминалы на большинстве междугородных автобусов и поездов, смотрим телевизор в поездках.

Разработка была выполнена в самое трудное для коллектива ОАО «Радиофизика» время. Комплексный характер разработки позволил восстановить связи между подразделениями. Полученные значительные средства способствовали сохранению коллективов разработчиков и даже продвижению вперед в области освоения новых технологий.

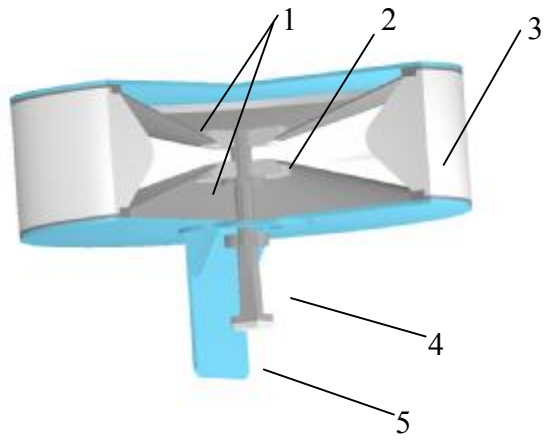
Антенны для систем LMDS. В 1995 году ОАО «Радиофизика» посетил президент американской компании «Dorado» Гарри Рутштейн. Его заинтересовали возможности предприятия быстро разрабатывать и изготавливать антенны. В это время в США и некоторых других странах началось создание опытных районов с беспроводными высокоскоростными системами распределения информации (LMDS – Local Multipoint Distribution Service). Системы работают в миллиметровом диапазоне волн, обеспечивая потребителей различными интерактивными информационными услугами, включая многоканальное диалоговое телевидение, телефон, интернет, видеотелеконференции, передачу данных. Использование ММДВ позволяет реализовать недоступные ранее скорости передачи данных до 1.5 Гбайт/с к потребителю и до 200 Мбайт/с от потребителя. Для опытных районов были необходимы антенны, которые в то время нигде в мире не

производились. По контрактам с компанией «Dorado» были разработаны антенны для базовых станций диапазонов частот 25, 27 и 38 ГГц с всенаправленной и секторной по азимуту диаграммами направленности и абонентские антенны с разным коэффициентом усиления.

Наибольшей популярностью пользовались биконические антенны. Они характеризуются всенаправленной по азимуту и направленной по углу места диаграммой направленности. Были разработаны несколько модификаций антенн для вертикальной и горизонтальной поляризаций. Эти модификации отличаются частотным диапазоном, шириной луча в угломестной плоскости и, соответственно, коэффициентом усиления. Антенны для разных поляризаций построены по одинаковым схемам и отличаются устройствами возбуждения. В антеннах с вертикальной поляризацией используется коаксиально-волноводный возбудитель волны TM_{00} в радиальной линии, а в антеннах с горизонтальной поляризацией – волноводно-щелевой возбудитель волны TE_{11} с вращающейся структурой поля. Биконический рупор выполнен в виде двух соосных алюминиевых конусов. Размер апертуры биконического рупора определяет ширину луча в угломестной плоскости. В раскрыве рупора установлена линза из пенополистирола. Основной вклад в создание биконических антенн внесли Колобов В.А., Полухин Г.А., Корчемкин Ю.Б. и Гольберг Б.Х. Сборкой, настройкой и испытаниями антенн занимался Майоров А.В.



Биконическая антенна ВСА02 для вертикальной поляризации сигнала



Конструкция биконической антенны: 1 – биконический рупор, 2 – возбудитель, 3 – линза, 4 – волновод, 5 – кронштейн

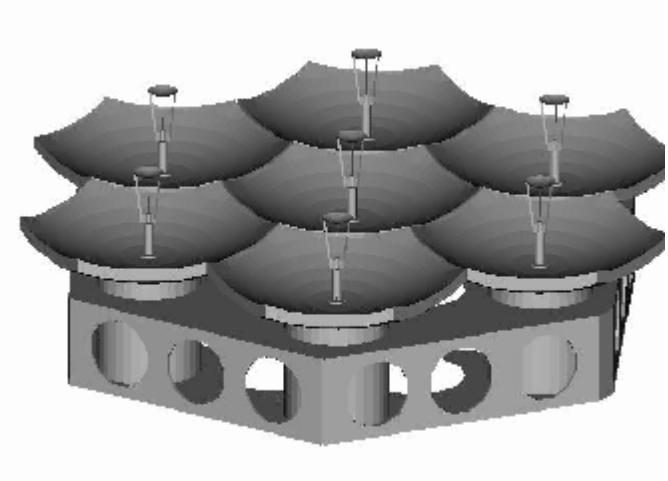
Для абонентских терминалов в секторе Тоболева были разработаны зеркальная офсетная антенна диаметром 40 см, ряд рупорно-линзовых антенн. Всего за период с 1995 по 1999 годы в США различным компаниям были поставлены около 150 антенн. Антенны были использованы в опытных сетях LMDS, в том числе, в Нью-Йорке, в Каракасе (Венесуэла), в Канаде. В 1999 году встал вопрос развертывания серийного производства антенн для LMDS, что требовало первоначальных инвестиций в производство. Американские партнеры вкладывать деньги в российское производство не хотели, а ОАО «Радиофизика» собственных средств в достаточном объеме не имело. По мере организации серийного выпуска антенн для LMDS на Западе спрос на наши антенны падал, и в 2000 году мы фактически прекратили их производство. Последние 8 антенн были изготовлены для опытного района в России, однако технологии LMDS в то время на нашем рынке не прижились.

Проекты локаторов с ФАР. В 1980 годы ОАО «Радиофизика» достигла значительных успехов в проектировании локаторов с ФАР. В 1990-е годы часть работ была рассекречена, а

достигнутые результаты опубликованы. Публикации вызвали интерес на Западе, и ОАО «Радиофизика» было привлечено к нескольким проектам.

В 1994 году по предложению известного специалиста в области антенн Ларса Джосефсонна шведская фирма «Ericsson Microwave Systems AB» попросила выполнить контрактную работу по разработке фазовращателя сантиметрового диапазона на двойном гранатовом тороиде. Используя опыт разработки фазовращателей с одним тороидом и ферритовые материалы, разработанные в НИИ «Домен» коллективом под руководством Мацкевича С.Л., наши специалисты (Корчемкин, Бычков и Майоров) в сжатые сроки, впервые в России, провели комплекс теоретических и экспериментальных работ по разработке требуемого фазовращателя. Эта работа явилась первым зарубежным контрактом, выполненным в ОАО «Радиофизика».

Освоение ближнего космоса к этому времени привело к его замусориванию до такой степени, что стала реальной угроза повреждения космических аппаратов из-за столкновения с отработавшими свой срок аппаратами или их обломками (первое крупное столкновение российского и американского космических аппаратов произошло в 2009 году). Для решения проблемы космического мусора были организованы международные программы. В ОАО «Радиофизика» этой работой руководил Толкачев. Одной из возможностей контроля космического пространства является его радиолокация в миллиметровом диапазоне длин волн. ОАО «Радиофизика», опираясь на имеющийся опыт создания РЛС «Руза», предложило концепцию создания радиолокаторов наземного и космического базирования с активными ФАР. Антенны этих локаторов состоят из крупногабаритных излучателей на основе двухзеркальных антенн и приемо-передающих модулей. Концептуальные проекты антенн были подготовлены мною и Шишловым. Расчеты характеристик антенн провели Тоболев и Виленко. Проработку конструкции локаторов выполнили Хабаров и Шевченко. Вопрос создания радиолокационных средств контроля космического пространства актуален до сих пор, но не реализуется из-за высокой стоимости. Отсутствие эффективных мер защиты от столкновений с частицами мусора является одной из причин, ограничивающих высоту полета обитаемых орбитальных станций.



Антенна космического радиолокатора для обнаружения и каталогизации космических осколков размером менее 1 см (концептуальный проект). Диапазон частот 95 ГГц, размер антенны ~2 м

Второй разрабатываемый в это время проект был связан с созданием аэродромного локатора с ФАР для замены существующих в аэропортах локаторов с зеркальными антеннами. Причем предполагалось, что разрабатываемый локатор сможет выполнять функции одновременно обзорного и метеорологического локаторов. Головным разработчиком концепции был Исследовательский институт технического университета штата Джорджия (GTRI). Финансирование программы осуществлялось Федеральной

Авиационной Администрацией (FAA) правительства США. ОАО «Радиофизика» было привлечено в части разработки антенны с ФАР, которая для обеспечения обзора верхней полусферы располагалась на азимутальном поворотном устройстве. Главной задачей была минимизация стоимости антенны при условии выполнения заданных технических параметров. Проблема решалась выбором максимально возможного шага расположения элементов и синтезом диаграммы направленности элемента решетки столообразной формы. Наиболее активное участие в разработке концептуального проекта принимали Шубов и Скобелев.



Шубов А.Г.



Скобелев С.П.

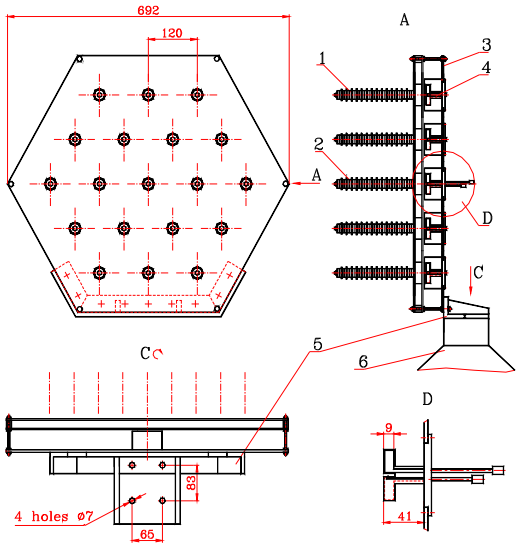
В мае 1997 года мы с Толкачевым А.А. были приглашены в США для представления концептуального проекта в FAA. Предварительно мы приехали в Атланту для обсуждения проекта с представителями GTRI. Затем мы переехали в Вашингтон, где в FAA были сделаны доклады по сути концептуального проекта, а также проведена презентация ОАО «Радиофизика». Наши выступления вызвали большой интерес. На докладах присутствовали представители ведущих американских компаний в области радиолокации «Rayteon», «Nortrop Grumman», «Boeing», NRL. На презентации мы познакомились, в том числе, с автором известного справочника по радиолокации Сколником М.



В университете штата Джорджия (Атланта, США, май 1997 года)
Митчелл М., Толкачев А.А., Корри Л., Денисенко В.В.

По результатам представления концептуального проекта в FAA было принято решение о переходе к этапу макетирования. В 1997 и 1998 годах мы провели макетирование *pin*-диодного фазовращателя в ОАО «Светлана» (Санкт-Петербург) и фрагмента излучающей структуры на основе ребристо-стержневых излучателей. В 1998 году финансирование программы в США закончилось. Ввиду того, что локатор с ФАР даже в минимальной комплектации оказался значительно дороже выпускаемого компанией «Rayteon» локатора с

зеркальной антенной, решения о продолжении работ не последовало. Для нашего коллектива участие в этом проекте позволило продвинуться в области технологий создания ФАР с ограниченным сектором сканирования, которые были применены в последующих разработках.

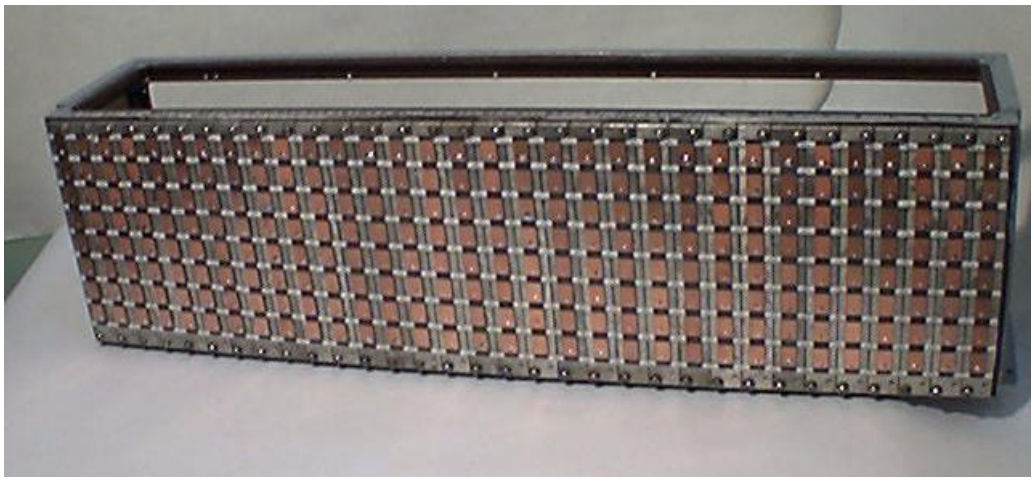


Конструкция фрагмента излучающей структуры аэродромного локатора



Казарян А.Э. занимается сборкой фрагмента излучающей структуры

В 1999 году началась разработка антенны с ФАР для мобильного радиолокатора диапазона частот 10 ГГц. Работы выполнялись по договору с Корейским институтом наукоемких технологий (KIST). Антенна представляла собой пассивную ФАР с *pin*-диодными фазовращателями и печатными излучателями. Элементы решетки сгруппированы в 32 столбца по 6 штук в каждом (всего 192 элемента). Четырехразрядные фазовращатели выполнены по гибридной технологии и объединены в модули по 6 штук. Работа завершилась в 2000 году. Это была первая полноценная разработка радиолокационной ФАР после 1990 года.



Антенна для мобильного радиолокатора X-диапазона

Работа выполнялась под руководством Шишлова, в ней участвовали Шубов А.Г., Ганин С.А., Шитиков А.М., Россельс Н.А., Казарян А.Э., Казимиров В.К., Филиппов Н.Д.,

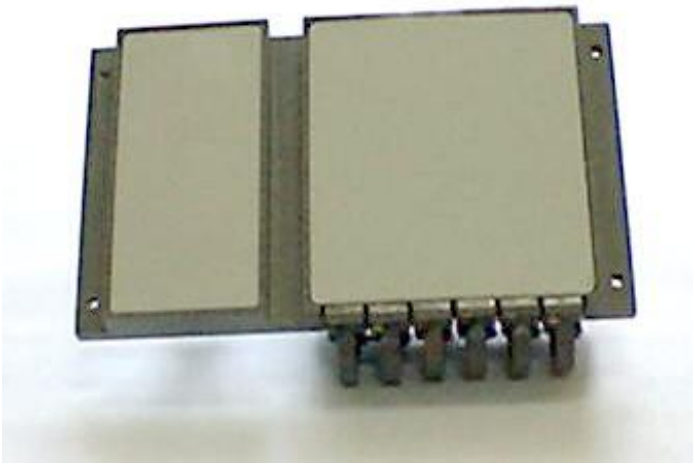
Тоболев А.К., Корчемкин Ю.Б., Дыбцын Г.В., Янукьян З.А., Смирнов В.В., Эзрохи Л.М., Слюсарь Б.И., а также коллектив МНТК «РЭИС» под руководством Егорова Е.Н.



Основные разработчики антенны для мобильного радиолокатора X-диапазона
Сидят: Россельс Н.А., Шубов А.Г., Yeon Deog Koo, (KIST, Project Manager), Шишлов А.В.
Стоят: Казарян А.Э., Денисенко В.В., Рувинский В.И., Ганин С.А., Тоболев А.К.,
Jeon Phill Kim (LG), Jong Min Lee (KIST)

Антенна автомобильного локатора диапазона 76 ГГц. В 1997 году к нам обратился сотрудник представительства корейской компании LG Колобаев В.В. с предложением разработать антенну для автомобильного локатора диапазона 76 ГГц. Задача представлялась почти невыполнимой, в указанном частотном диапазоне в ОАО «Радиофизика» работ не проводилось никогда, а работы в близком диапазоне 55-65 ГГц завершились в 1988 году. Однако уверенность в высокой квалификации сотрудников и желание освоить новые области разработки побудили нас с Шишловым согласиться выполнить данную разработку. Кроме сотрудников антенного отделения в работе участвовали представители Зеленоградской научной школы во главе с доктором технических наук профессором Евгением Николаевичем Егоровым.

Корейской стороной были заданы очень высокие требования на эффективность антенны. Это привело к использованию в антенне большого количества волноводных элементов. С другой стороны, антенна должна была иметь плоскую конструкцию, приспособленную для установки на автомобиле, что обусловило применение печатных излучателей. Антенна имела раздельные приемную и передающую апертуры. На передачу формировался широкий луч, покрывавший три полосы движения автотранспорта, на прием три узких луча для одной полосы движения каждый. Излучатели с микрополосковыми линиями распределения сигнала были сгруппированы в подрешетки. В качестве материала подложки использовался RT Duroid. Разработчиком печатных плат подрешеток был Кашаев В.К. (бывший сотрудник НПО «Элас» из Конаково). Приемная апертура была сформирована из 6 узких подрешеток, а приемная – из одной широкой. Взаимодействие линий разводки и печатных излучателей долгое время приводило к нарушению синфазности запитки, что разваливало диаграмму направленности. Медухиным был спроектирован и изготовлен сканер ближнего поля, позволивший отработать схему возбуждения. Узлы возбуждения подрешеток и все волноводные элементы были разработаны и изготовлены Казаряном.



Антенна для автомобильного радиолокатора диапазона 76 ГГц, слева – передающая апертура, справа – приемная апертура

Для формирования трех лучей на прием Шубов разработал волноводную линзу, имеющую 6 входов по числу подрешеток и 3 выхода по числу лучей. Макетирование линзы в сантиметровом диапазоне, а также настройку всей антенны выполнил Майоров. Значительную проблему представляло проведение измерений из-за отсутствия необходимого парка измерительных приборов. Однако Сусерову Ю.А. и Майорову А.В. удалось практически невозможное: они буквально «оживили» старые макетные образцы приборов, полученные в начале 1980-х годов из ВНИИРИП, и создали требуемые испытательные стенды.



Казарян А.Э.



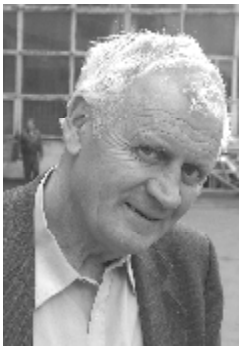
Майоров А.В.

Проведенная разработка показала высокую квалификацию сотрудников антенного отделения. Впервые в России была разработана печатная антенна столь высокочастотного диапазона. Коэффициент использования поверхности (-6 дБ на прием, -5 дБ на передачу) был очень высоким для данного класса антенн и заметно превышал КИП известных аналогов. Недостатком антенны была сложная волноводная конструкция. Компании LG не удалось разработать технологию серийного изготовления антенны, обеспечивающую приемлемую стоимость. Выпускаемые в настоящее время антенны автомобильных радаров имеют значительно меньший КИП при простой и дешевой конструкции.

В 1992 году в антенное НИО из отдела метрологии был переведен сектор Козлова Ю.И. и переданы безэховые камеры. С этого времени в отделении проводится постоянная работа по ремонту и оборудованию камер, а также по созданию в них автоматизированных измерительных стендов. В 1995 году в отделение были переведены Селиванов Н.Л. и Юраков Г.И. – оставшиеся сотрудники отдела по разработке следящих приводов и манипуляторов. Они сразу же были подключены к работам по созданию поворотных устройств для измерительных стендов и аппаратуры их управления. В НИО на их основе был организован отдел управления антеннами, в



Селиванов Н.Л.



Смирнов В.В.

который начался набор сотрудников. Основными работами отдела являются разработки систем наведения антенн спутниковой связи и систем терморегулирования антенн с ФАР. В 1998 году в ОАО «Радиофизика» после 3-х лет работы в «Газпроме» возвратился Смирнов В.В. Он стал начальником впервые образованного в составе антенного отделения конструкторского отдела.

XXI век, надежды и достижения

После 2000 года началось оживление экономики страны, в оборонной промышленности стало больше денег, что незамедлительно сказалось на пакете заказов ОАО «Радиофизика». Основные работы, в которых антенное отделение участвовало в последнее десятилетие, описаны ниже.

ФАР для РЛС миллиметрового диапазона волн. В 2000 году на предприятии было начато проектирование новой РЛС миллиметрового диапазона МРФ1 для перспективного комплекса ПВО малой дальности «Панцирь-С1». Работы выполнялись по заказу КБ Приборостроения из Тулы. Руководителем ОКР стал Генеральный конструктор ОАО «Радиофизика» Толкачев. Руководителем разработки антенны назначили меня, как начальника отделения. Параллельно разрабатывались две РЛС: экспериментальная РЛС МРФ1 с сектором сканирования ±25º на основе имеющегося задела от станции «Самара», боевая РЛС МРФ2 с сектором сканирования ±45º.

Для РЛС МРФ1 были использованы сохранившиеся от станции «Самара» отражательные фазовращатели «День» и платы управления фазовращателями. Количество фазовращателей в ФАР составляло 3600. Возбуждение ФАР было организовано по двухзеркальной схеме моноимпульсным облучателем. Систему управления лучом разработала группа специалистов ГУП «Спурт» (Зеленоград) во главе со Стахом Г.Д. Радиопрозрачное укрытие было изготовлено в СКТБ «Луч» в Сызрани. Вся остальная аппаратура, а также методики и стенды для испытаний разрабатывались нашим коллективом. Тематическая часть работы была сосредоточена в секторе Макоты, только что пришедшего вместе с Николаевым в ОАО «Радиофизика» из НИИРП. Николаев занимался сопровождением производства и организацией испытаний. Большой вклад в успешное выполнение этой работы внес Шитиков, защитивший незадолго до этого кандидатскую диссертацию. Он разработал программы управления антенной и методики фазирования антенны по эфиру (конкретная реализация метода переключений). Большой объем работы пришелся на отдел Корчемкина. Сотрудники этого отдела занимались проверкой фазовращателей, настройкой плат их управления, отработкой системы управления ФАР в целом. Основным исполнителем работы был Дубров. Моноимпульсный облучатель был разработан Тоболевым, Корчемкиным и Майоровым. Аппаратуру терморегулирования ФАР разработали Селиванов и Юраков.



Макота В.А.



Николаев А.М.



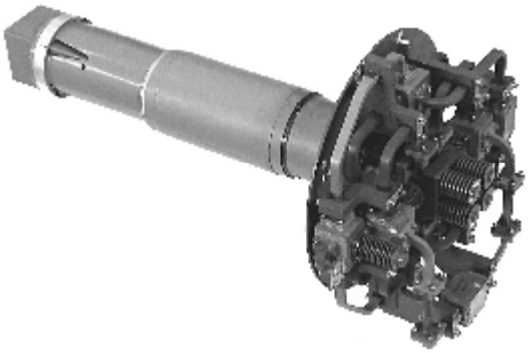
Шитиков А. М.

РЛС МРФ1 с самого начала не удовлетворяла всем требованиям заказчика, в первую очередь по величине сектора электронного сканирования антенны. Ее создание было обусловлено необходимостью продемонстрировать в короткие сроки иностранному заказчику работающую РЛС, что было возможным вследствие имевшегося задела. Вторым

крупным недостатком антенны была неоптимальная схема возбуждения. Интерференция первичного поля моноимпульсного облучателя и поля ФАР приводила к искажениям диаграммы направленности. Четырехрупорный моноимпульсный облучатель не обеспечивал высокий КИП и максимально возможную крутизну пеленгационной характеристики.



Экспериментальная РЛС МРФ1 на носителе



Четырехрупорный моноимпульсный облучатель антенны РЛС МРФ1

В РЛС МРФ2 все указанные недостатки должны были быть исправлены. Для станции в лаборатории НИИ «Домен», возглавляемой Федоровым В.В. (в настоящее время зам. генерального директора ОАО «Феррит-Домен»), был разработан новый отражательный фазовращатель «День-М», обеспечивающий расположение в решетке с шагом 0,7λ и конструктивную установку на печатную плату. Столь плотное расположение фазовращателей (с излучателями) обеспечивало в свою очередь сектор электронного сканирования ±45º. Апертура была увеличена до 80 см, при этом количество элементов в ФАР достигло 15000. ОАО «Феррит-Домен» приступил к серийному выпуску фазовращателей. Корчемкиным совместно со специалистами тематического отделения была разработана подрешетка, содержащая 64 фазовращателя, установленных в два ряда на печатную плату с управляющими элементами. ФАР возбуждалась по однозеркальной схеме. Казаряном была разработана уникальная конструкция двенадцатирупорного моноимпульсного облучателя, в которой рупоры и первый каскад тройников выполнены в виде моноблока. Расчет рупоров выполнил Макота.



Подрешетка для РЛС МРФ2, включающая фазовращатели и плату управления



Двенадцатирупорный моноимпульсный облучатель антенны РЛС МРФ2

К сожалению работы по РЛС МРФ2 были остановлены, и выполненные прекрасные разработки не нашли своего применения в полном объеме. В настоящее время преимущества

миллиметрового диапазона волн осознаны многими заказчиками, поэтому на предприятии продолжается разработки различных РЛС в этом диапазоне.



Дубров Ю.Б. за измерительным стендом

Активные ФАР для мобильных станций спутниковой связи. Первое десятилетие XXI века в области связи ознаменовалось активным развитием мобильных абонентских терминалов для передачи больших объемов информации. В предыдущее десятилетие была развита всемирная система фиксированной связи. Одновременно развивалась персональная низкоскоростная сотовая связь с использованием всенаправленных антенн. Мобильные высокоскоростные терминалы предусматривают возможность наведения на источник информации (базовую станцию, спутниковый ретранслятор), поэтому значительно сложнее станций фиксированной связи. Развитие технологий привело к снижению стоимости компонентов, это, в свою очередь сделало мобильную высокоскоростную связь потенциально доступной для большого числа пользователей и привело к буму разработок в этой области.

Антенное отделение ОАО «Радиофизика» не могло остаться в стороне от участия в этом процессе. Наведение абонентской антенны возможно двумя путями: механическим поворотом апертуры или электронным сканированием (либо их комбинацией). Оба эти направления активно развивались в отделении. В части электронного сканирования еще в СССР в НПО «Элас» под руководством Гуськова Г.Я. и Егорова Е.Н. были разработаны активные ФАР для установки на самолетах, поездах и автомобилях. Это, безусловно, были дорогие уникальные системы ограниченного использования. В начале 2000-х годов возникла потребность развития этих систем с учетом современных требований к информационным сигналам на современной элементной базе. К этому времени НПО «Элас» перестало существовать, но часть разработчиков антенн объединилась вокруг Егорова в МНТЦ «РЭИС». Сотрудничество ОАО Радиофизика» и МНТЦ «РЭИС» позволило соединить высокую квалификацию и большие возможности первого коллектива с практическим опытом и знаниями второго коллектива, что предопределило успешную разработку ряда АФАР диапазона 1,5/1,6 ГГц.



Егоров Е.Н.

Для связных АФАР характерен ряд отличных от радиолокационных антенн требований. Во-первых, это очень большой сектор сканирования до 60-75º от нормали. Во-вторых, это работа на прием и передачу на разных частотах. В-третьих, это работа в

непрерывном режиме с обеспечением большой развязки между передающей и приемной антеннами. Первым делом был разработан излучающий элемент решетки, обеспечивающий требуемый сектор электронного сканирования. За основу был взят вибратор с наклонными плечами диапазона 900 МГц, разработанный в НПО «Элас» для станции «Сургут». В секторе Ганина С.А. была произведена разработка подобного вибратора диапазона 1,5/1,6 ГГц, который был использован затем в ряде антенн. Приемные и передающие усилительные модули были разработаны в «МНТЦ РЭИС» (Яковлев С.Т., Грушко О.А., Бакрунов О.А. и другие). Аппаратура управления АФАР была разработана Псурцевым В.П. и Шаровым А.И. под руководством Топчиева С.А. Блок преобразователей частоты и усилителей промежуточной частоты был разработан в отделении Очкова Д.С., источники питания в отделении Доминюка Я.В., а аппаратура терморегулирования в отделе Селиванова Н.Л.



Шишлов А.В. (в центре) с сотрудниками НПО «Кросна» Логиновым А.П. и Кулеминым Г.А. обсуждают конструкцию АФАР диапазона 1,5/1,6 ГГц

Общее руководство работами осуществляли мы с Шишловым. Разработкой антенн занимались Россельс и Николаев. Программы управления АФАР были разработаны Шитиковым. Тепловые расчеты и расчеты прочности выполнила Янукьян З.А. Конструкторскую документацию собственно антенн в основном выпустил конструкторский отдел антенного отделения (Смирнов В.В., Теленков Е.А., Эзрохи Л.М., Богапова О.Р., Буланцева Е.А.). Рамы для АФАР сконструировал Мовшин Г.И. Конструкторская документация блочной аппаратуры и электромонтажа выпускалась в отделе Гращенкова В.И. (Куликова С.В., Михейкина И.В.). Изготовление модулей АФАР и излучателей выполнил завод «Компонент», работами на котором руководил первый заместитель генерального директора Угадчиков А.Л. Остальная аппаратура была изготовлена в ОАО «Радиофизика» под руководством главного инженера Поплавского И.В. и заместителя начальника цеха Баранова О.Н.



Приемная АФАР диапазона 1,5/1,6 ГГц с радиопрозрачным укрытием и без него

Разработанная аппаратура была использована в нескольких антенных системах, в том числе для правительственной связи. В настоящее время в ОАО «Радиофизика» продолжаются разработки АФАР близкого частотного диапазона для других применений.

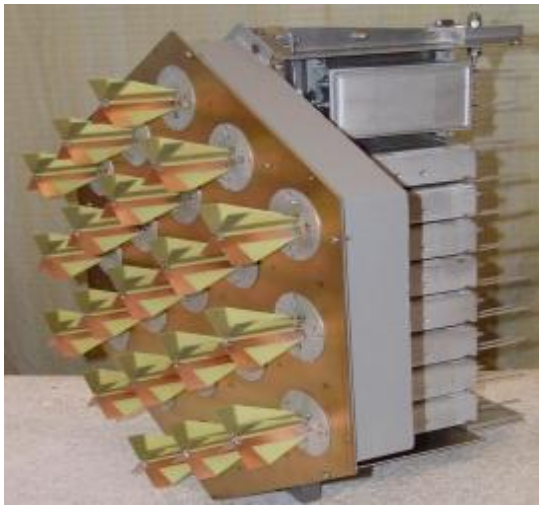


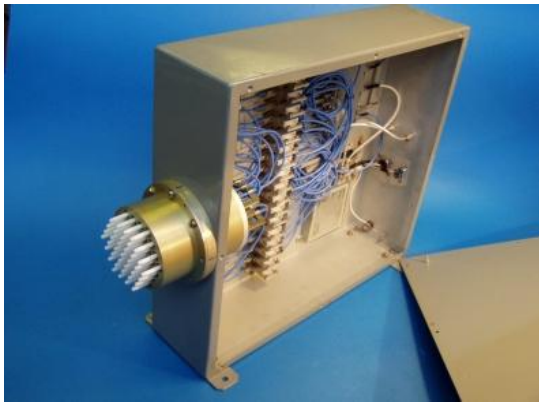
Самолет президента России. Под радиопрозрачным укрытием на фюзеляже расположены, в числе прочих, антенны, разработанные ОАО «Радиофизика» (место установки антенн на фотографии отмечено стрелкой)

Активные ФАР с цифровым диаграммоформированием. В Республике Корея в течение ряда лет разрабатывается проект создания стратосферной системы связи, основным элементом которой являются около 20 дирижаблей, неподвижно висящих относительно Земли на высоте около 22 км, с установленными на них ретрансляторами. С такой высоты ретранслятор дирижабля может эффективно обслуживать территорию диаметром около 100 км. Ввиду близости ретранслятора к пользователям, энергетическая эффективность системы по сравнению со спутниковой очевидна. Пропускная способность системы существенно увеличивается при разбиении зоны обслуживания на ячейки, которые обслуживаются независимыми лучами антенны. Таким образом, многолучевая антенна ретранслятора становится значимым элементом системы. Для увеличения количества пользователей и улучшения качества связи целесообразно применить многолучевую

антенную решетку, в которой сигналы оцифровываются непосредственно в ее каналах, а суммирование осуществляется многоканальным процессором – цифровым диаграммоформирователем. Благодаря возможности использования гибких алгоритмов в такой антенне, которые и определяют повышение эффективности системы, ее иногда называют интеллектуальной антенной (smart antenna). В последнее время такие антенны находят применение как в системах связи, так и в радиолокации.

В период с 2002 по 2004 год наше предприятие совместно с группой инженеров из ETRI разработало 19-элементную 7-лучевую «smart» антенну для экспериментальной линии цифровой связи диапазона 2 ГГц. Успешные проверки экспериментальной системы были проведены в Республике Корея в январе 2005 года. Конечно же, мы испытали приятные ощущения, работая с антенной решеткой, в которой интерферируют не электромагнитные волны (как в традиционных аналоговых системах), а цифровые 12-разрядные сигналы. Прецизионность и гибкость управления характеристиками такой системы действительно открывают новый этап в технике антенн, связи и локации. На втором этапе работы была разработана аналогичная антенна диапазона 30 ГГц. Полученный опыт стал хорошей основой для разработки цифровых АФАР других систем радиолокации и связи.





Smart Antennas – антенные решетки с цифровым диаграммоформированием диапазонов 2 ГГц и 30 ГГц

Работой руководил Шишлов. В разработке участвовали многие сотрудники отделения, наибольший вклад в работу внесли Шитиков, Шубов, Ганин и Скобелев. Модули аппаратуры радиотракта и цифрового диаграммоформирования были разработаны МНТЦ «РЭИС». Преобразователи частоты с диапазона 30 ГГц были разработаны и изготовлены в ФГУП «Пульсар».

Зеркальные антенны для мобильных терминалов спутниковой связи. В 2004 году по договору с Южнокорейским институтом электроники и связи (ETRI) была разработана антенна для мобильной станции спутниковой связи на транспортных средствах (SaMobiSat). Станция работает в трёх диапазонах частот: 12 ГГц – прием спутникового телевидения, 20/30 ГГц – связь, в том числе доступ в интернет. По условиям размещения на носителе антенна должна быть «низкопрофильной», то есть иметь минимальную высоту – не более 40 см. Требуемой (достаточно высокой) направленности антенны удается добиться лишь за счет увеличения горизонтального размера апертуры. Нами была предложена двухзеркальная антенна с вытянутым главным зеркалом и практически круглым вспомогательным зеркалом, которое эффективно возбуждается трехдиапазонным облучателем. Для обеспечения высоких значений коэффициента усиления зеркала имеют поверхности, профилированные с помощью оптимизационных численных процедур. Антенна формирует также моноимпульсную диаграмму в диапазоне 12 ГГц для автосопровождения спутника при угловых эволюциях транспортного средства.



Низкопрофильная двухзеркальная следящая антенна для трехдиапазонной мобильной станции спутниковой связи

Разработка антенны проведена под руководством Шишлова с участием Шубова, Виленко, Ганина, Казаряна, Тоболева, Янукьян. Аппаратура станции была разработана в ETRI (С.Ю. Еом, С.И. Джон, С.Х. Сон, Ю.Б. Джунг). Там же был изготовлен опытный образец станции. Натурные испытания станции на автобусе и корабле были успешно проведены в 2005 году в Республике Корея.



Испытания мобильной станции спутниковой связи SaMobiSat на корабле

В 2007 году ГУП «Элсов» предложил нам разработать зеркальную антенну диапазона 11/14 ГГц для обеспечения связи через геостационарный спутник самолета дальнего радиолокационного обнаружения (ДРЛО). Наши предложения по созданию низкопрофильной офсетной антенны, аналогичной антенне SaMobiSat, не были приняты из-за того, что она не помещалась под уже разработанным радиопрозрачным укрытием. Поэтому было принято решение об использовании осесимметричной зеркальной антенны, с возбуждением по однозеркальной схеме. Такое решение обеспечивало одновременно низкий уровень кроссполяризации и приемлемый уровень боковых лепестков. Антенна разрабатывалась в секторе Тоболева. Расчеты диаграммы направленности были выполнены Виленко и, независимо от нее, Корчемкиным. Гольбергом и студентом МАИ Тузбековым А.Р. для запитки антенны был разработан малогабаритный облучатель, состоящий из рупора

и поляризационного разделителя. Впервые при столь малых габаритах облучателя удалось обеспечить уровень кроссполяризации ниже -30 дБ. Документацию на антенну разработали Яшкова А.В. и Черкасова Т.В.. В 2008-2009 годах было изготовлено 6 антенн. Сборкой антенн занимались Базелюк А.М. и Первов А.Н.. Испытания антенн проводили Сусеров Ю.А. и Медухин А.А.



Бортовая антенна спутниковой связи диапазона 11/14 ГГц



Самолет ДРЛО с установленной антенной спутниковой связи (под радиопрозрачным укрытием над кабиной, на фотографии отмечена стрелкой)

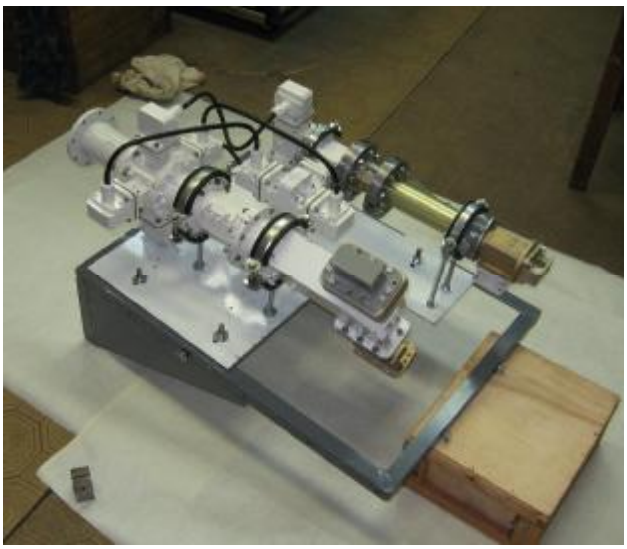
Сложные облучающие системы для антенн спутниковой связи. Главным параметром любой системы связи является ее пропускная способность. Поэтому и развитие спутниковой связи непрерывно идет по пути увеличения пропускной способности. Применительно к антеннам это выражается в ужесточении требований к следующим параметрам: ширине рабочей полосы частот и уровню кроссполяризации. Ширина рабочей полосы частот увеличивается как за счет использования более широкополосных элементов, так и за счет сочетания в одной антенне разных частотных диапазонов. Низкий уровень кроссполяризации предоставляет возможность использования ортогональных поляризаций, то есть фактически увеличивает полосу вдвое.

Требуемые антенные параметры обеспечиваются облучающими системами, при этом собственно конструкции антенн спутниковой связи могут оставаться простыми. Зачастую модернизация антенн 10-15-летнего возраста сводится к замене облучающей системы. Поэтому разработка сложных облучающих систем вылилась в самостоятельное научно-техническое направление. Вновь разрабатываемые антенны естественно сразу комплектуются облучателями с высокими параметрами (две мобильные антенны со сложными облучателями описаны выше).

Из большого многообразия разработанных облучающих систем отметим две системы для антенн с поляризационным уплотнением (вторая система обеспечивает независимую настройку линий связи на прием и передачу до уровня кроссполяризации -35 дБ) и две двухдиапазонные системы. Фотографии этих облучающих систем приведены ниже. Все эти облучающие системы разработаны Корчемкиным, Казаряном и Майоровым. От известных аналогов они отличаются гарантированно высокими параметрами во всей заданной полосе частот. В 2008 году облучатели с настройкой линии связи по поляризации были использованы для модернизации четырех антенн сети ОАО «Газпром» в Нижнем Уренгое, Сургуте и Ямбурге.



Широкополосный облучатель приемо-передающей антенны с уровнем кроссполяризационной развязки более 30 дБ для диапазона 4/6 ГГц.



Широкополосный поляризационный блок облучателя приемо-передающей антенны диапазона 4/6 ГГц с подстройкой кроссполяризационной развязки.



Облучатель для антенны на два диапазона: 4/11 ГГц

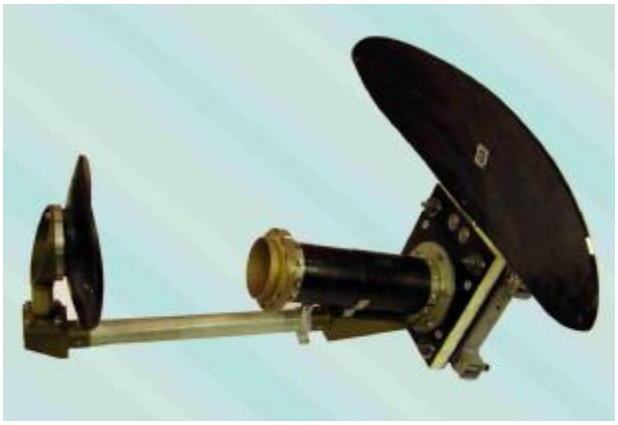


Облучатель для антенны на два диапазона: 11/20 ГГц

Несколько оригинальных облучающих систем для диапазонов частот 1-4 ГГц разработал Колобов. Его разработки всегда отличаются «рациональным изяществом», то есть требуемые параметры обеспечиваются правильным набором простых и надежных элементов.

Антенны космического использования. Первое десятилетие нового века сопровождалось на предприятии очередным всплеском работ в части антенн космических применений. С одной стороны ОАО «Радиофизика» искало новые заказы, с другой стороны предприятия космической промышленности искали квалифицированных разработчиков антенн, сохранившихся после периода разрухи 1990-х годов. В этот период мы столкнулись с острой конкуренцией со стороны западных компаний. Вследствие ориентации Роскосмоса на приобретение западного оборудования, большинство спутников в этот период укомплектовывалось импортными антеннами (эта практика сохранилась до настоящего времени). Тем не менее, нам удалось наладить деловое сотрудничество с ГКНПЦ им.М.В. Хруничева и ОАО «ИСС им. академика М.Ф. Решетнева» и принять участие в нескольких космических проектах в части разработки зеркальных антенн. При работе в этих

проектах нами использовались имеющийся задел в области создания многолучевых антенн, умение синтезировать поверхность антенны под заданные характеристики и опыт создания облучателей с высокими параметрами. Была налажена действенная кооперация с заводом «Пластик» (в который влилось СКТБ «Луч») в Сызрани в части изготовления углепластиковых конструкций, в том числе рефлекторов. На предприятии были внедрены космические стандарты, отработан порядок создания бортовой аппаратуры.



Макет космической антенны с контурным лучом



Космическая антенна диаметром 0,5 м

В связи с комплексным характером работ по космической тематике в них участвовали представители разных подразделений. Отмечу большой вклад в работы Шишлова, Тоболева, Виленко, Казаряна, Макоты, Черкасовой и Сусерова. Конструкции разрабатывались в отделе Пяйта.

Кроме разработок антенн на предприятии были организованы испытания спутников «КазСат-1» и «Экспресс-МД1» на электромагнитную совместимость. Испытания проходили в большой безэховой камере. От ОАО «Радиофизика» работами руководили Поплавский, Шабанов и Козлов.





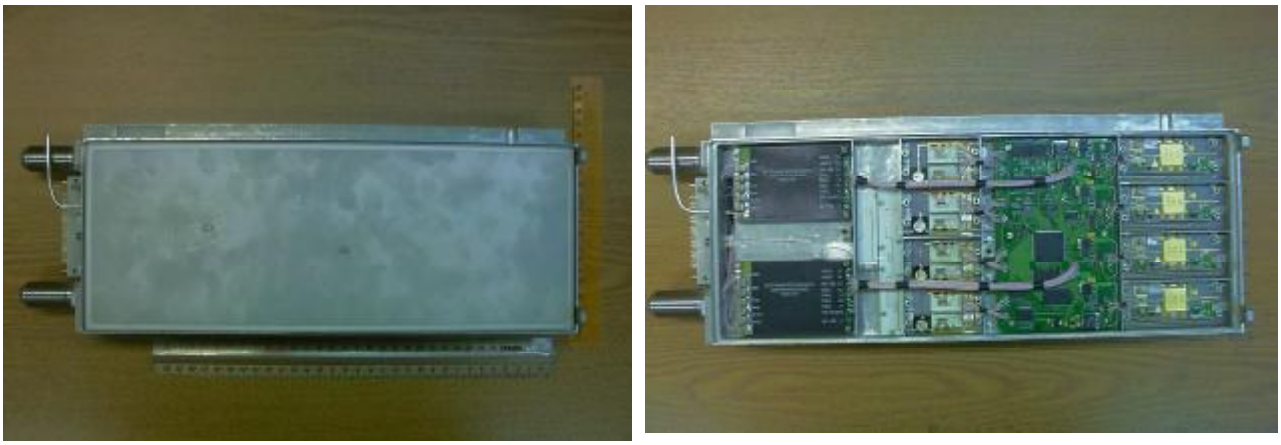
Испытания спутника «КазСат-1» в безэховой камере ОАО Радиофизика», сверху – вид спутника сзади

Активные ФАР для перспективных РЛС. В 1990-е годы в США началась активная разработка системы нестратегической ПРО THAAD. Система строилась на основе твердотельной активной ФАР диапазона ~10 ГГц, содержащей 25344 элемента. Об этих работах было доложено на конференции по фазированным решеткам 1996 года. Кроме того, на основе АФАР проводилась разработка РЛС истребителя 5-го поколения. Создание АФАР, как составляющей системы вооружений, требует организации крупносерийного

производства электронных модулей, что делает это направление очень привлекательным для военно-промышленного комплекса. Поэтому, несмотря на высокую стоимость, объем разработок АФАР в США и Западной Европе стал быстро расти. В России, вследствие недостатка средств и отсутствия доступной элементной базы, конкретных разработок практически не велось, но шло осмысливание места АФАР в системах вооружения следующего поколения. В начале 2000-х годов для концентрации усилий и организации должного финансирования создается Совет главных конструкторов по АФАР, в работе которого от ОАО «Радиофизика» участвовали Толкачев и Денисенко. В эти годы на нашем предприятии уже проводились разработки активных связных АФАР, что создавало хороший задел для участия в разработках РЛС с АФАР. Советом главных конструкторов были составлены программы развития АФАР в России с участием нашего предприятия, которые, однако, не были реализованы по причине очередной реорганизации органов власти.

В этот период в России было осознано место активных ФАР в перспективных системах вооружения, и главными конструкторами стали закладываться технические решения, предполагающие их использование. Вслед за этим началось финансирование конкретных разработок. Наше предприятие оказалось в числе наиболее активных разработчиков АФАР перспективных РЛС. Исследовательские работы развернулись широким фронтом в диапазоне частот от 1 ГГц до 35 ГГц. В научно-техническом плане разработки АФАР включают два направления: разработка модулей АФАР, включающих канальную аппаратуру, и разработка схемных решений АФАР, обеспечивающих реализацию их потенциальных преимуществ.

Модули АФАР составляют основную часть стоимости АФАР, ввиду их большого количества они должны быть тщательно отработаны. Разработки модулей, как и в случае связных АФАР, проводятся в содружестве с МНТЦ «РЭИС». Модули включают в свой состав твердотельные усилители, фазовращатели, аппаратуру их питания и управления, излучатели. Большую проблему представляет выбор элементной базы. Разработки отечественной полупроводниковой элементной базы сильно отстают от зарубежной (как в части СВЧ, так и в части управления). Поэтому до настоящего времени все разработанные модули выполнены с использованием импортной элементной базы. За последние 8 лет произошел переход от гибридных усилителей и фазовращателей к монолитным, что позволило уменьшить габариты модулей и снизить их стоимость. Излучатели для модулей разрабатываются в секторе Ганина С.А. с участием Скобелева С.П. и Щербенкова В.Я.. В зависимости от сектора сканирования разработаны разные типы излучателей: вибраторы с прямыми и наклонными плечами, печатные планарные (patch) излучатели, ребристо-стержневые излучатели для АФАР с ограниченным сектором сканирования. В настоящее время в ОАО «Радиофизика» создается производственная база для мелкосерийного изготовления модулей АФАР.



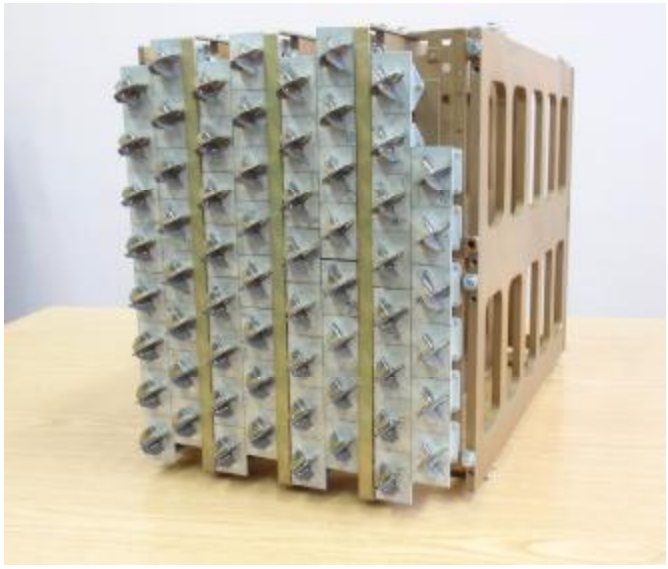
Макет 8-канального модуля АФАР С-диапазона



Ганин С.А.

Разработка схемотехнических решений АФАР выполняется в секторе Шитикова. Большой вклад в решение принципиальных вопросов построения АФАР внесли Шишлов и Макота. Шитиковым разработаны алгоритмы и программы калибровки АФАР по эфиру. В настоящее время проводится разработка алгоритмов цифрового диаграммообразования для антенн с АФАР. Большое внимание вопросам разработки АФАР уделяет Топчиев, главный конструктор ряда РЛС, разрабатываемых в ОАО «Радиофизика».

Отмечу также, что в это десятилетие произошло качественное улучшение испытательной базы подразделения. В построенных еще в советское время безэховых камерах были созданы современные автоматизированные измерительные комплексы. Имеется современное измерительное оборудование, поворотные устройства, вспомогательные и эталонные антенны, стендовые контроллеры. В настоящее время испытательный комплекс ОАО «Радиофизика» является одним из лучших в России в части измерения характеристик антенн. Большой вклад в его развитие внесли Сусеров, Медухин, Тоболев, Шабанов, Козлов, Селиванов, Юраков, Жучков.



Фрагмент АФАР С-диапазона, содержащий 62 элемента

Заключение

Несмотря на то, что глава о разработках антенн получилась достаточно длинной, в ней конечно не упомянуты все сотрудники, работавшие или работающие в антенном отделении. В каждом научном коллективе кроме ведущих специалистов-разработчиков есть обыкновенные инженеры, настройщики, рабочие и сотрудники других специальностей. Они не делают научных открытий или изобретений, но своим ежедневным трудом способствуют развитию техники и, вообще, создают благоприятный фон, на котором только и возможны движения вперед.

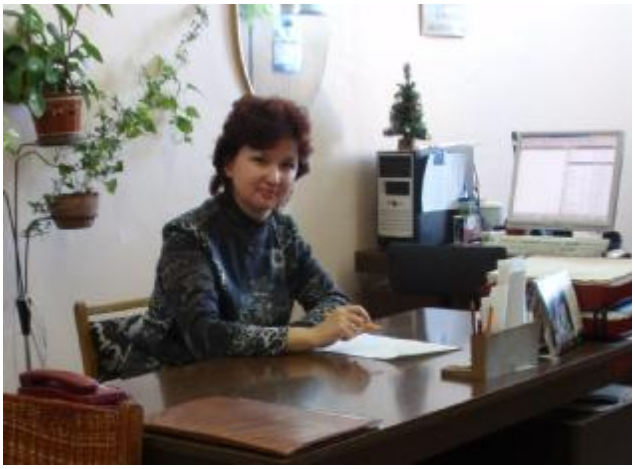
Например, Колобова В.В. (Гусева). Она в настоящее время единственный сотрудник отделения, который начал свою трудовую деятельность в СКБ-38 на заводе им.М.В. Хруничева. То есть юбилей ОАО «Радиофизика» автоматически является юбилеем работы на предприятии Колобовой В.В. Бомштейн Ю.А., в настоящее время не занимаясь разработками, нашел свое место в отделении в области компьютерных программ. Он лучше других умеет разбираться в компьютерных «глюках» и восстанавливать компьютеры в состояние пригодное к работе. Семенов В.А. и Кречетов В.Ю. занимаются в основном настройкой фидерных устройств, но «делают это красиво», как умеет мало кто на предприятии. А еще у нас в отделении есть настоящий поэт – Мордасов А.В. Под псевдонимом Александр Ветров, он опубликовал несколько сборников замечательных стихов. Не могу удержаться, хочется привести здесь одно из его стихотворений.

Только августа лишь середина,
Но в душе я уже изумлен.
Рдеет медью листочек рябины,
Вторит ей золотистый клен.

Это осени первой ростки
Среди буйства веселого зелени.
О, Природа, вот эти листки
Для души лишь, совсем не ко времени.

Вечно быть молодым и мечтать.
О, пора плодоносно-прекрасная.
Не хочу никогда умирать.
И душа моя – юная, страстная.

Особая роль в отделении принадлежит секретарю Трушковой Л.А.. Лариса умеет и успевает делать множество самых разнообразных работ. Когда она есть – незаметно, но когда ее нет, механизм работы отделения перестает нормально функционировать.



Трушкова Л.А.



Денисенко В.В.
Рядом с ним: Тер-Абрамян и Майоров

Ниже приведены фотографии сотрудников отделения. Так же как в 1982 году антенный отдел, так и в 2010 году антенное отделение в один кадр не помещается, и это не может не радовать.



Сотрудники НИО-3 (антенный отдел), январь 2010 года
Сидят: Медухин А.А., Николаев А.М., Колобов В.А (заместитель начальника отделения), Шишлов А.В. (начальник отдела), Виленко И.Л., Шафранская В.В.
Стоят: Ганин С.А., Скобелев С.П., Макота В.А., Шестопалова Е.Д., Бомштейн Ю.А., Прилепская Л.И., Щербенков В.А., Сусеров Ю.А., Россельс Н.А., Тоболев А.К., Никитина Л.Е., Шитиков А.М., Жучков В.Д., Козлов Ю.И., Елизаров С.В., Заруцкий С.Б., Ловков Д.В., Аршон Б.И., Павлова Н.А., Гайдар А.И., Янукьян З.А., Косматов А.В., Черкасова Т.В., Дурандин С.П.



Сотрудники НИО-3 (отделы: фидерных устройств, конструкторский, управления антеннами), январь 2010 года
Сидят: Тер-Абрамян И.М., Комарова Л.Н., Корчемкин Ю.Б. (начальник отдела), Денисенко В.В. (начальник отделения), Смирнов В.В. (начальник отдела), Селиванов Н.Л. (начальник отдела), Гаврилова Т.С.
Стоят: Казарян А.Э., Мордасов А.В., Слюсарь Б.И., Земенков О.М., Майоров А.В., Колодников В.И., Доброгаев А.М., Юраков Г.И., Родин С.А., Алейников В.Г., Кречетов В.Ю., Семенов В.А., Дубовик И.Н., Первов А.Н., Качала А.А., Пименов Ю.П., Яшкова А.В., Нартов С.А., Жучков С.В., Эзрохи Л.М., Васильченко В.В., Полещук С.Е., Трушкова Л.А., Табунов А.Ю., Баканов А.Т.

Второе десятилетие XXI века НИО-3 встречает на подъеме. За 35 лет существования отделения сделано очень много интересного, но, конечно, далеко не все желания и задумки получили путевку в жизнь. Сотрудники трех поколений работают вместе, образуя одновременно опытный и устремленный в будущее коллектив. Сейчас в отделении работают 90 человек. В их числе 13 кандидатов наук, 1 аспирант, 16 студентов. Я верю в будущее нашего коллектива и надеюсь, что второе пятидесятилетие для ОАО «Радиофизика» будет еще более успешным, чем первое.

В заключение я хочу поблагодарить Шишлова, Колобова, Коростышевского, Корчемкина и Рувинского, предоставивших мне свои воспоминания, которые были выборочно включены в текст главы. Я также благодарен многочисленным сотрудникам КБРП, НИИРФ и ОАО «Радиофизика», рассказавшим мне о тех или иных эпизодах из жизни предприятия.

6. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Развитие технологии настройки измерения характеристик антенных устройств, особенно сложных антенн, больших фазированных антенных решеток, других многоэлементных антенн всегда занимало и продолжает занимать важное место в деятельности предприятия. В этих работах сложился большой творческий коллектив. В результате его работ был создан комплекс безэховых камер, включая, по-видимому, крупнейшую в Европе большую безэховую камеру (БЭК). Камеры были оборудованы современной аппаратурой и установками, позволяющими измерять характеристики антенн разных диапазонов и разными методами: в дальней, промежуточной и ближней зонах. Были внедрены программы измерения характеристик антенн и их элементов методом переключения, разработанного трудами сотрудников предприятия.

Большое внимание было уделено настройке больших стационарных антенн и измерению их характеристик различными автоматизированными методами, в том числе облетными в условиях полигонов. Многие участники этих работ стали, в дальнейшем, руководителями и ведущими сотрудниками подразделений предприятия.

6.1. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТОК АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ (АФУ)

Шабанов Р.И., Васильев Ю.П., Аршон Б.И.

Прежде всего, мне хотелось бы вместо предисловия познакомить читателя с понятием «метрологическое обеспечение» и дать краткую историческую справку.

Очень важно по заданным тактико-техническим требованиям разработать, сконструировать и изготовить антенно-фидерные устройства (АФУ) радиолокационной станции (РЛС), но не менее важно экспериментально подтвердить соответствие АФУ этим требованиям и при этом обеспечить единство и достоверность измерений характеристик на всех этапах создания. Комплекс работ, связанных с последним обстоятельством, является метрологическим обеспечением разработки АФУ РЛС.

Становление и развитие метрологического обеспечения АФУ непосредственно связано с работами предприятия в различные периоды времени, а именно с участием его в настройке, измерении радиотехнических параметров, проверке по техническим условиям (ТУ) АФУ высокопотенциальных РЛС непрерывного и импульсного излучения метрового, дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов систем. Коллектив предприятия непосредственно принимал участие в решении задач метрологического обеспечения при изготовлении АФУ РЛС на Горьковском, Казанском, Гомельском, Сызраньском, Днепропетровском и Чистопольском заводах, на полигоне Сары-Шаган при настройке и измерении параметров АФУ РЛС «Дунай-ЗУП», «Днепр-П», «Неман-П», «Руза» и РЛС «Дон-2НП» и на радиолокационных узлах: Мурманск, Рига, Гульшад, Севастополь и Мукачево (РЛС «Днестр-М», «Днепр»), Печора, Мингечаур (РЛС «Дарьял»), Мурманск (РЛС «Даугава»), Чернобыль и Комсомольск-на-Амуре (3ГРЛС «Дуга»), Николаев (3ГРЛС «Дуга-2»); Иркутск (РЛС «Днестр-М»), Зеленчук (РЛС «Крона»), Кубинка (РЛС «Дунай-3»), Чехов («РЛС «Дунай-3У») и Софрино (РЛС «Дон-2Н») и при измерении радиотехнических параметров АФУ экспериментальных комплексов наземного и космического базирования.



Лурье Я.Г.

Зарождение метрологического обеспечения разработки, изготовления и испытаний на заводах-изготовителях и объектах монтажа АФУ крупногабаритных стационарных РЛС следует отнести ко времени образования на базе СКБ-38 Конструкторского бюро радиотехнических приборов КБРП им. академика А.А. Расплетина. К этому времени в КБРП сформировался специализированный отдел Белова А.И. (1968 – 1970 гг.) и лаборатория летных испытаний Лурье Я.Г., обеспечивающие разработку облетных измерительных стендов, разработку измерительных лабораторных и заводских стендов, проведение испытаний составных частей АФУ в заводских условиях и проведение испытаний АФУ на объектах монтажа. В 1971 году отдел, занимающийся разработкой измерительных стендов, возглавил Ткачев Г.М.

К 1974 году с вхождением КБРП в Центральное научно-производственное объединение ЦНПО «Вымпел» Минрадиопрома метрологическое обеспечение вновь создаваемых в Объединении крупногабаритных стационарных фазированных антенных решеток многофункциональных радиолокационных станций значительно расширяется. КБРП начинает выполнять функции и роль головного предприятия в Объединении в части антенных измерений.

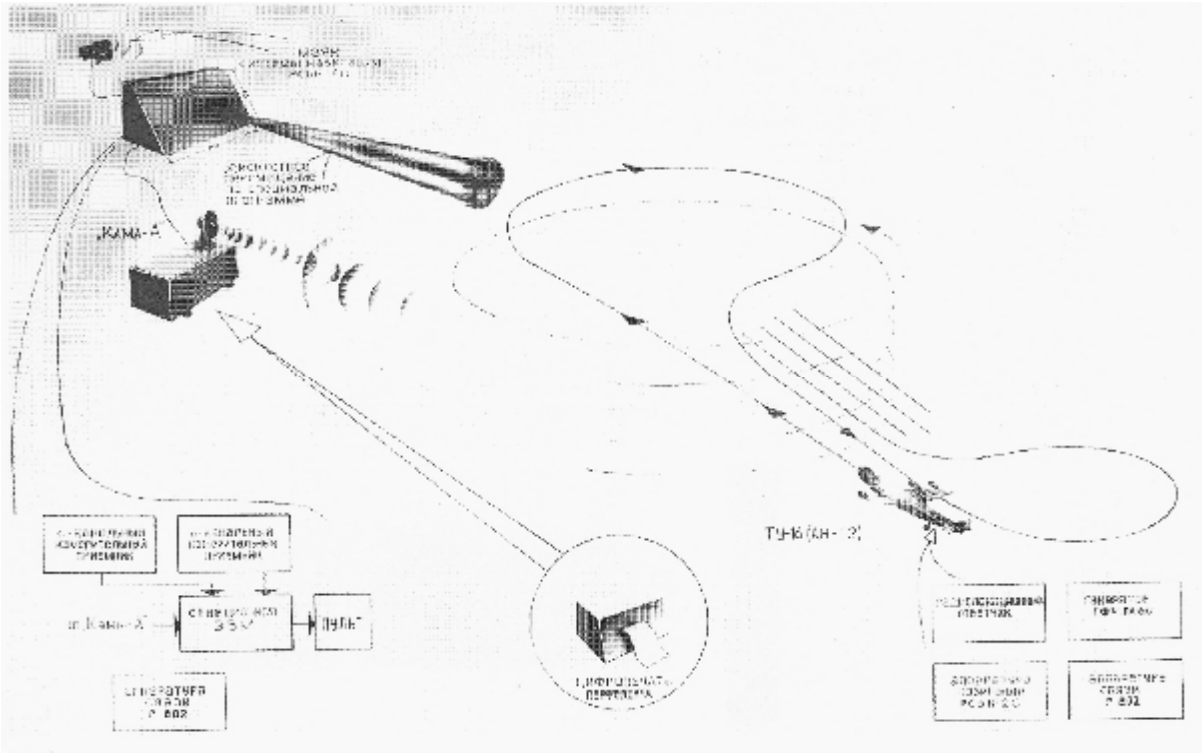


Схема облета РЛС «Дунай -3У» измерительным комплексом

При решении задач метрологического обеспечения крупногабаритных стационарных фазированных антенных решеток в КБРП предусматривались следующие направления работ:

– создание облетных и радиометрических измерительных комплексов для измерений на объектах монтажа характеристик и параметров АФУ в дальней зоне;

– разработка методов и средств настройки и измерения характеристик АФУ амплитудно-фазовыми методами по полю в раскрыве, как отдельных антенных секций и модулей в лабораторных и заводских условиях, так и АФУ в целом на объекте монтажа станций;

– организация, обеспечение и проведение испытаний АФУ на объектах монтажа станций.



Михалин Н.А.

Для решения этих задач в 1975 году на базе отдела Ткачева Г.М. создается специализированное измерительное научно-исследовательское отделение. Кроме того, для комплексного решения вопросов метрологического обеспечения в 1978 году на базе лаборатории Шабанова Р.И. из отделения Ткачева Г.М. и центральной лаборатории измерительной техники Михалина Н.А. создается отдел метрологии и метрологическая служба предприятия, возглавляемые Главным метрологом предприятия Шабановым Р.И. На эту службу возлагаются задачи по метрологическому обеспечению тематики ЦНПО «Вымпел».

В 1985 году НИИРФ начинает заниматься тематикой радиолокационных комплексов миллиметрового диапазона.

Рассказывает главный метролог НИИРФ Шабанов Р.И.:

«Впервые мне представился случай познакомиться с Бубновым Г.Г., Ворошилиным В.М. и Беловым А.И. в 1963 году на территории завода им. М.В. Хруничева в СКБ-38. Тогда серийное изготовление АФУ подвижного ракетно-стрельбового комплекса «Нева» было передано на Тушинский машиностроительный завод (ТМЗ), и мне было поручено принять от СКБ-38 измерительные стенды, и обеспечить проверку серийных антенных блоков АФУ комплекса. Встреча с этими энергичными, целеустремленными и преданными делу людьми произвела на меня, тогда молодого специалиста, неизгладимое впечатление, которое в дальнейшем в значительной степени определило мою судьбу инженера и навсегда связало с КБРП. По прошествии многих лет, работая и общаясь с Бубновым, я понял, что это был незаурядный ученый, выдающийся конструктор, талантливый организатор и замечательный человек. В моей работе он всегда был примером.



Ворошилин В.М.

К тому времени КБРП наряду с работами по РЛС ракетно-стрельбовых комплексов «Нева», «Ангара», «Волхов» ведет работы по измерению радиотехнических параметров крупногабаритных стационарных АФУ РЛС «Дунай» и «Днестр» разработки НИИ дальней радиосвязи (НИИДАР) и Радиотехнического института (РТИ). Подразделения отдела Белова А.И.:

– лаборатория Залесова В.Ф. проводит работы по созданию облетных измерительных стендов для измерения диаграмм направленной АФУ РЛС «Дунай» и «Днестр»;

– моя лаборатория совместно с другими подразделениями предприятия ведет разработку измерительных стендов и обеспечивает измерение амплитудно-фазочастотных характеристик волноводно-щелевых линеек АФУ РЛС «Дунай-ЗУП» в заводских условиях Казанского авиационного завода и антенных полотен на объекте монтажа станции.



Ткачев Г.М.

Бубнов прекрасно понимал, что решать поставленные перед КБРП задачи можно только путем создания автоматизированных облетных и наземных измерительных средств для испытаний АФУ на объектах монтажа, а также автоматизированных измерительных средств для испытаний составных частей АФУ секций и модулей на заводах-изготовителях. Поэтому в 1970 году он переводит Ткачева Г.М. из РТИ в КБРП и вскоре, в 1971 году, организует комплексный отдел во главе с ним, на который возлагаются широкие задачи решения вопросов метрологического обеспечения АФУ на заводах-изготовителях и объектах монтажа станций. Начальник отдела Ткачев Г.М., продолжая начатые в отделе Белова А.И. работы по разработке и использованию полуавтоматизированных облетных стендов метрового и дециметрового диапазонов,

создаваемых коллективом ведущих специалистов: Залесовым В.Ф., Савкиным С.М., Одиссоновым Ю.В., Россиным А.М., Коршуновым В.В., ведет также работы по разработке радиоастрономических и амплитудно-фазовых методов измерений. Для сосредоточения сил по разработке облетных измерительных комплексов Бубнов организует передачу разрабатываемых облетных измерительных комплексов по теме «Пилот» из НИИ радиоприборов (НИИРП) в КБРП. Для проведения этих работ в отделе Ткачева создается специальный сектор Аршона Б.И., который завершает разработку комплексов: «Пилот-1» для измерения диаграмм направленности, коэффициента усиления приемных линзовых антенн РЛС «Неман-П» и «Пилот-2» для измерения энергетического потенциала излучения передающей ФАР РЛС «Неман-П». Заложенные при разработке облетных комплексов «Пилот» принципы и схемные решения, сложившаяся кооперация и предыдущий опыт разработки полуавтоматизированных облетных стендов позволили на последующих этапах создать в рамках ОКР «Высота» (Главный конструктор Бубнов) облетные автоматизированные измерительные комплексы метрового, дециметрового и сантиметрового диапазонов. Посредством созданных облетных стендов и измерительных комплексов были измерены и проверены на объекте монтажа АФУ РЛС «Дунай», «Днестр-М», «Неман», «Дуга», «Даугава», «Дарьял», «Дон-2НП», «Дон-2Н».

Рассказывает Аршон Б.И.:

«В 1966 году мне предложили заняться разработкой облетного измерительного комплекса для полигонной РЛС «Неман-П». Сразу было установлено, что надо мерить коэффициент усиления приемной антенны и пространственные диаграммы направленности, а также энергетический потенциал передающей антенны. В это время я работал в Яузском радиотехническом институте (ныне ВНИИРТ) в лаборатории антенных измерений и дальше полигона в Мытищах не выезжал. Представления об облетном методе у меня не было, о том, что в КБРП облетные комплексы уже существуют, мне поначалу не сказали. Об отсутствии аналогов в иностранных журналах меня предупредили. Прождав некоторое время, я понял, что руководящих указаний не будет. Оставалось приступить к самостоятельному поиску возможных решений.

Вначале я пошел по бредовому пути: узнав, что в НИИ приборостроения создан графопостроитель пространственных диаграмм, я вообразил, что эти приборы можно применить и вокруг них «нарастить» все остальное. После ознакомления с данными построителя пришлось признать, что ИК «Пилот» надо создавать заново. Сроки еще не поджимали.

Постепенно, в ходе обсуждений со специалистами разных фирм, в том числе в КБРП, с Ткачевым Г.М., а также с главными разработчиками приемного и передающего комплексов РЛС Эпштейном А.Л. и Сивцовым В.А., начала складываться конфигурация и функциональная схема комплекса, и был составлен и подписан проект технического задания. Надо сказать, что за это время «команду» Бурлакова (в том числе меня) дважды переводили: в 1968 году – в НИИДАР, а затем в 1970 году – в НИИРП.

Нежелание разработчиков РЛС взять на себя головную роль в разработке измерительного комплекса было понятным, и КБРП с его опытом разработок в области антенных измерений, вероятно, могло бы принять эту роль на себя при подключении разработчиков измерительных приемников. Но в Министерстве решили иначе. Приказом Министра головным разработчиком ИК «Пилот» был определен Горьковский НИПИ и главным конструктором разработки был назначен начальник отдела Дружиловский Ю.В. В ГНИПИ был послан проект задания, который вернулся с протоколом разногласий чуть ли не по каждому пункту. Для согласования задания я был командирован в Горький. По правде говоря, я упрашивал Эпштейна, который был в это время моим непосредственным начальником, ехать в Горький вдвоем, но он отказался.

Позже, когда работа близилась к завершению, Дружиловский рассказал мне, что приказ Министра вызвал в ГНИПИ некоторое замешательство. Он сказал, что ГНИПИ могло

отбиться от этой работы, ссылаясь на полное отсутствие опыта создания сложных наземно-бортовых измерительных комплексов. Но, внимательно рассмотрев задание, они поняли, что общее построение функциональной схемы в нем уже просматривается. То есть в задании содержались элементы аванпроекта, и терять время на поиск решения по конфигурации комплекса не придется.

В результате восьмидневного напряженного (без выходных) обсуждения проекта задания с несколькими ведущими разработчиками ГНИПИ были согласованы все точностные нормы, а затем, в результате переговоров представителей ГНИПИ в Москве с руководителями разработки РЛС, и пункты, касающиеся разделения ответственности. Заместителем главного конструктора разработки ИК «Пилот» я был назначен по предложению горьковчан.

Причины того, что головным предприятием был назначен ГНИПИ, я анализировать не берусь. Возможно, одной из причин было неприятие этой работы одним из ведущих разработчиков полуавтоматизированных ИК. Начальник отдела КБРП Залесов В.Ф. не только громко заявлял о нереальности реализации требований, зафиксированных в техзадании «Пилот-1,2». Он вручил мне чистый блокнот, на обложке которого написал: «Обязательство Залесова В.Ф.» и далее буквально: «Я, Залесов В.Ф., в том случае, если «Пилот» будет сделан и пущен в эксплуатацию в том неурезанном до уровня ИК[1] виде, как это сейчас замышляется, обязуюсь съесть свою шляпу». Далее шли подпись и дата. Вскоре Залесов из КБРП уволился.

Темпы работ по разработке ИК «Пилот» резко ускорились после того, как по приказу Генерального директора ЦНПО «Вымпел» руководство проводимыми в ЦНПО работами по теме «Пилот» и координация работ по теме в целом были возложены на КБРП. В 1974 году здесь был создан и укомплектован тематический сектор по этой работе, в связи с чем я был переведен в КБРП. Благодаря усилиям коллектива сектора был успешно и в срок выполнен немалый объем работ. При этом особенно значительный вклад, как на предприятии, так и на полигоне, внес ведущий инженер Тагунов В.К. Существенный вклад внесли Мариан Л.И., Веневцев М.К., Белов С.Д., Горюшкин Ю.А., Цыбряев В.И., Стрелков Б.Н. Самое активное участие в полигонных работах принял начальник лаборатории Лурье Я.Г. Работы велись под общим руководством Ткачева.

Руководство КБРП и, прежде всего сам Бубнов, организовало эффективную кооперацию. При этом некоторые соисполнители были определены заново, в частности разработчиком аппаратуры определения координат стало ОКБ МЭИ, вместо ленинградского ВНИИ электромашиностроения, с которым я вел многократно и не очень результативно переговоры. Особо надо отметить НПО «Взлет», которое не только выполняло тяжелые для летчиков полеты с жесткими требованиями по выдерживанию высоты (по сигналам от ИК «Пилот-1»), но и разработало компоновку бортовых устройств, а также предложило и реализовало разумное решение проблемы защиты экипажа от недопустимого уровня плотности потока мощности при облете передающей ФАР: в одном из двух вертолетов МИ-8Т иллюминаторы были заэкранированы без потери видимости.

В числе основных разработчиков составных частей ИК «Пилот»: Львовский Научно-исследовательский радиотехнический институт, разработавший командно-телеметрический комплекс, а также выделившийся впоследствии в отдельное предприятие Мытищинский филиал ГНИПИ, разработавший согласующие устройства между ЭВМ и устройствами измерительного комплекса. Проектная документация была разработана в ЦПИ-20.

Вклад КБРП в создании ИК «Пилот-1,2» не ограничивался тематическим руководством и координацией. Многие устройства были разработаны и сконструированы в КБРП, смонтированы и испытаны на объекте. Ответственный представитель КБРП на полигоне

Примечание редактора.

[1] По пожеланию ГНИПИ "Пилот" был назван не измерительным комплексом, а измерительной системой (ИС), так что под ИК подразумевались исключительно реализованные в КБРП полуавтоматизированные ИК.

Жучков В.Д. руководил транспортировкой, сборкой и развертыванием в степи в нескольких километрах от РЛС юстировочной мачты с уголковым отражателем. Мачта, после геодезической привязки, использовалась для предполетной юстировки аппаратуры точного определения координат (АТОК-П). Разработку и испытания волноводного тракта опорного канала выполнили Корчемкин Ю.Б. и Федоров Г.С. Разработку антенн опорного канала выполнил Сдержко В.Я. Разработка пульта управления была выполнена под руководством Горского А.И. Разработка бортовой антенны также была выполнена здесь. Возникающие организационные вопросы быстро решались Малышевым Ю.Е., который сменил Жучкова В.Д. в должности ответственного представителя КБРП на полигоне.

Ход работ по вводу в строй приемного комплекса РЛС потребовал использования ИК «Пилот» уже в 1976 году, причем в нештатном составе, так как АТОК-П, разработчиком которой было определено ОКБ МЭИ, и программное обеспечение, разрабатываемое ГНИПИ, еще не были готовы. Выходом из положения стало приобретение фазовой дальномерной системы РДС-2 (радиодальномер самолетный). Ведущая бортовая станция была размещена на вертолете, а три ведомых наземных станции – в степи в нескольких километрах от РЛС. Координаты борта определялись методом линейной засечки по трем измеренным дальностям и преобразовывались в азимут и угол места борта относительно приемной антенны РЛС. Разумеется, точность по углу места была невелика, но на этапе ввода в строй приемного комплекса РЛС это было допустимо. Привязка наземных отсчетов амплитуды сигнала к бортовым отсчетам дальностей, преобразование их в азимут и угол места выполнялись на электронном вычислителе «Электроника». На эту срочную работу Бубновым были направлены два молодых аспиранта – Очков Д.С. и Азюкин А.В. Очков вспоминает случай, когда форма измеренной ДН оказалась очень далекой от ожидаемой, и тогда Лурье сразу заявил, что такой ДН не может быть. Оказалось, что геодезисты неправильно определили координаты антенны одной из наземных станций.

В здании РЛС «Неман-П» для аппаратуры «Пилот» было выделено большое помещение, большую часть площади которого занимала ЭВМ «Минск-32» с дополнительным комплектом внешних устройств. Антенны командно-телеметрического комплекса и антенна связи с экипажем вертолета располагались на крыше. Приспособление популярной в то время ЭВМ к несвойственной ей задаче работы в реальном времени явилось заслугой разработчиков из ГНИПИ. В задании на «Пилот» вопрос выбора компьютера не был проработан, я долго не понимал, что найти разработчика специального компьютера под задачи ИК «Пилот» нереально, а имевшиеся в каталогах управляющие компьютеры явно не дотягивали по своим характеристикам до требований.

Решение, найденное горьковчанами, состояло в следующем. Во-первых, все связи с ЭВМ осуществлялись через буферные блоки – согласующие устройства (их было 9, все разные). Они обеспечивали преобразование входной информации к виду, пригодному для ввода в ЭВМ, а выходной информации к виду, пригодному для ввода в соответствующее внешнее устройство. Во-вторых, в реальном времени отсчеты амплитуд во всех четырех приемных каналах не обрабатывались: пока вертолет пересекал рабочий сектор РЛС, первичные результаты измерений записывались на магнитные барабаны. Затем вертолет разворачивался со снижением, чтобы пересечь сектор в обратном направлении по следующей траектории, и в это время информация с барабанов сбрасывалась на магнитные ленты. В реальном времени обрабатывались только коды угловых координат – определялось отклонение вертолета от заданных прямолинейных траекторий, чтобы выдавать по командной радиолинии на пульт пилота команды «выше/ниже грубо», «выше/ниже точно». Окончательная обработка и вывод на графопостроитель пространственных диаграмм направленности производились после окончания полета и занимали несколько часов.

С военными организациями задание не согласовывалось, однако офицеры войсковой части, командующей полигоном, сопровождали работы по ИК и согласовывали протоколы испытаний. К этой работе они относились с интересом, так как принципы и схемы ИК были разнообразнее, чем в аналогичном объеме аппаратуры РЛС, в котором, естественно, было

много однородных элементов. Однако нестандартное, отличное от аппаратуры РЛС внешнее оформление аппаратуры ИК раздражало командира объекта, который, видимо, отождествлял порядок с единообразием.

Было несколько случаев, когда назначенные облеты приходилось задерживать или даже отменять из-за неполадок в аппаратуре, чаще всего в АТОК-П. Однако в этот раз с самого начала никак не устанавливалась радиосвязь с экипажем вертолета, который должен был сообщить о готовности к вылету с аэродрома. Прежде чем мы смогли понять, в чем дело, в помещение вошел незнакомый нам человек с вопросом: «Это не ваша аппаратура стоит на лестничной клетке под самой крышей? – Да, наша. – Так бегите скорей вниз: ее два солдата несут на свалку».

Мы бросились бегом вниз. К счастью, стойка, где размещались непосредственно под антеннами, установленными на крыше, передатчик командной радиолинии, приемник телеметрической радиолинии и заодно кабели связного приемопередатчика, была довольно тяжелой, и несшие ее солдаты остановились на переднем дворе объекта передохнуть. На наш возмущенный возглас – что вы делаете?! – они резонно ответили, что выполняют указание командира части. Мы доложили о случившемся дежурному офицеру и отправились домой.

Слух об этом происшествии быстро распространился, и участники ежеутренней планерки, на которой обсуждаются результаты вчерашних работ, ожидали некоего спектакля. В отсутствии Главного конструктора РЛС Бурлакова планерку вел его представитель. Он начал с констатации срыва облета и попросил представителя ИК «Пилот» доложить причину. Я кратко изложил происшедшее, не забыв упомянуть о перекусанных кабелях, торчавших из злосчастной стойки.

Полковник – командир объекта после долгого молчания сказал: «От вас к этой стойке давно никто не подходит. На ней уже слой пыли образовался». Я немедленно ответил: «Стойка на дистанционном управлении, поэтому к ней никто не подходит».

После этого снова наступило долгое молчание. Видно было, как многие участники совещания опускают головы, стараясь не расхохотаться. Наконец представитель Бурлакова сказал: «Есть предложение установить стойку на место и восстановить распайку кабелей. Нет возражений?» Естественно, возражений не было. Кстати, этот случай не имел бы место при более совершенной схеме сигнализации о работе ИК на пульте управления – если бы на нем индицировалось срабатывание реле включения питания в отдаленной стойке.

Несмотря на отдельные сбои, ИК был состыкован, прошел приемные испытания и приступил к облетам в ходе приемо-сдаточных испытаний РЛС. Весь объем испытаний был закончен в 1979 году.

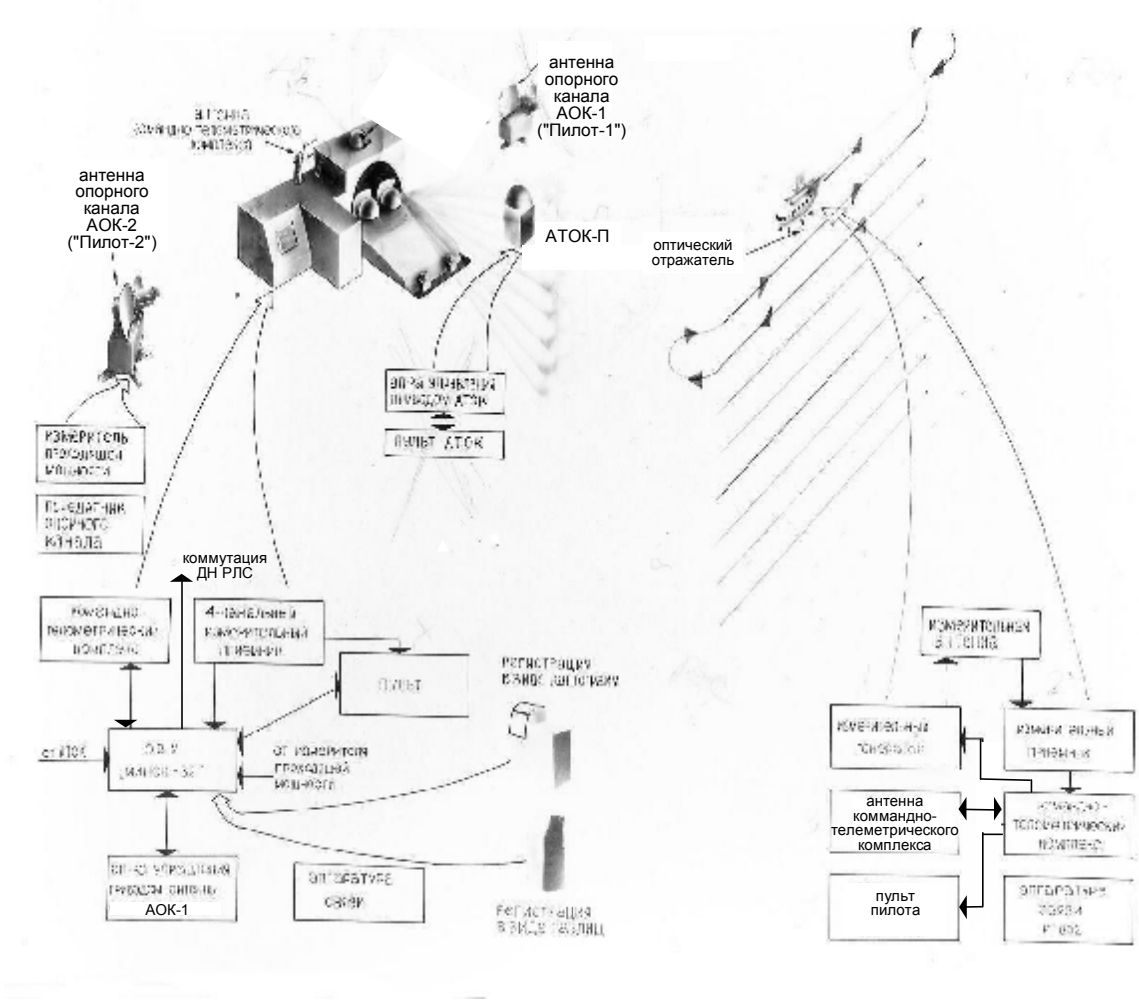


Схема облета РЛС «Неман-П» ИК «Пилот»

Сводка наиболее важных характеристик ИК:

«ПИЛОТ-1» – аппаратура измерения характеристик приемного антенного комплекса. Одновременное, в ходе полета, измерение главных лепестков 32-х ДН, образующих 8 четверок, в динамическом диапазоне 0…−40 дБ, со среднеквадратичным отклонением (СКО) не более 0,7 дБ до −25 дБ и СКО не более 1,5 дБ в диапазоне −25 дБ…−40 дБ. СКО измерения угловых координат не более 1'. Расчет по результатам облетов 6-ти коэффициентов, характеризующих отклонение от номинала коэффициента усиления антенны, координат максимума и формы главного лепестка всех ДН комплекса. Измерения могли производиться на любой из 5-ти фиксированных частот, лежащих в пределах спектра зондирующего сигнала РЛС, на горизонтальной или на вертикальной поляризации.

«ПИЛОТ-2» – аппаратура измерения характеристик передающего комплекса. Измерение энергетического потенциала в ходе отслеживания вертолета главным лучом зондирующего сигнала РЛС в пределах 0…−60 дБ с СКО не более 2 дБ на любой из 3-х фиксированных частот, лежащих в пределах спектра зондирующего сигнала РЛС на поляризации зондирующего сигнала. Измерение среднего уровня боковых лепестков в ходе сканирования луча по равновероятному закону с исключением зоны главного луча зондирующего сигнала.

Способ измерения антенных устройств, реализованный в ИК «Пилот-1, «Пилот-2», защищен авторским свидетельством. В числе авторов сотрудники ГНИПИ, НИИРП, КБРП и НПО «Взлет». Авторами от КБРП являются Аршон Б.И., Ткачев Г.М., а также Гордон М.Б. и Савельев П.А. Хочется упомянуть также сотрудника ГНИПИ Малинина А.А., автора защищенного авторским свидетельством оригинального устройства измерения отношения

сигнала в любом из 4-х рабочих каналов к сигналу в опорном канале измерительного приемника, обеспечившего высокую точность измерения амплитуд в ИК «Пилот-1».

Интересно, что когда работы по созданию ИК Пилот» уже заканчивались, в американском журнале «Microwave Journal» за январь 1979 года появилась статья «Полигонные измерения с использованием вертолета в качестве источника сигнала в которой был описан комплекс облетных измерений приемных антенн, по построению близкий к «Пилот-1», в частности, использующий опорную следящую антенну с известным КУ и оптическое устройство для измерения угловых координат вертолета. Данные о точностных характеристиках приведены не были.

ИК «Пилот» повезло больше, чем некоторым другим облетным комплексам, РЛС «Неман-П» не подверглась ни демонтажу, ни растаскиванию и функционирует до сих пор. Из публикации в газете «Коммерсантъ» от 24 апреля 2006 года:

«22 апреля вечером РВСН осуществили пуск ракеты с полигона Капустин Яр в район испытательного полигона ПРО Сары-Шаган. Россия продолжила начавшиеся в 2005 году испытания нового боевого блока и платформы разведения, на которой может устанавливаться до 6-ти ядерных боеголовок. Ракетчики смогли произвести оценку работоспособности нового боевого блока и его эффективности при преодолении ПРО, благо, что возможности расположенной на полигоне Сары-Шаган РЛС «Неман» позволяют провести детальное изучение работы средств преодоления ПРО, размещенных на ракете».

Рассказывает главный метролог ОАО «Радиофизика» Васильев Ю.П.:

«Созданная Георгием Григорьевичем лаборатория летных испытаний, возглавляемая Лурье Я.Г., хорошим организатором, исключительным человеком, уже в 1965 году проводит первые испытания одного из антенных устройств РЛС «Днестр» на полигоне Сары-Шаган. Затем в 1966 году в лаборатории были образованы две группы, возглавляемые руководителями летных испытаний Мариан Л.И. и мной. Несколько позже была образована третья группа под руководством Эльяшева Ф.Г. Эта группа проводила измерения диаграмм направленности и поляризационных характеристик РЛС «Дунай-3М» и «Дунай-ЗУ».

В течение 4-х лет моя группа проводила летные испытания АФУ РЛС «Днестр-М» на радиолокационном узле РО-1 в Мурманске и радиолокационном узле ОС-2 в Гульшаде. В процессе испытаний измеряли на прием характеристики АФУ в угломестной плоскости. Источник сигнала находился на борту вертолета МИ-4. Координаты вертолета фиксировались с помощью теодолитной станции.

Проведение летных испытаний было непростой задачей, так как требовало, кроме хорошего знания аппаратуры измеряемого АФУ, большой организаторской работы: надо было обеспечить четкое выполнение команд руководителя испытаний большим коллективом, обслуживающим аппаратуру измеряемого АФУ, теодолитную станцию и бортовой генератор. Одновременно руководитель испытаний должен был корректировать по радиосвязи траекторию полета вертолета. Кроме летных испытаний, мы проводили юстировку АФУ по внеземным источникам, то есть измерение. Расчеты траектории источников, измерения и обработка результатов проводились под руководством Шагоцкой Л.М.

После напряженной работы возвращались из командировки уставшие, но довольные, с утвержденными техническими протоколами и финансовыми актами (работали по договорам). На предприятии, как правило, нас ожидали благодарности и денежные вознаграждения, которые выплачивались тогда за успешное проведение летных испытаний. На объектах большую помощь нам оказывали ответственные представители предприятия Ворошилин В.М. и Салахетдинов С.С. Надо сказать, что нашу работу хорошо знал и ценил Георгий Григорьевич, к «облетчикам» у него было особенно теплое отношение. Это проявлялось и в дальнейшем при работе на других объектах.

Второй этап моей деятельности на предприятии связан с разработкой облетных измерительных комплексов, их испытаниями и сдачей Заказчику на объектах, а затем

проведением с их помощью летных испытаний приемных и передающих АФУ 3ГРЛС «Дуга» на радиолокационном узле Николаева и на радиолокационных узлах Чернобыля, Любеча и Комсомольска-на-Амуре.

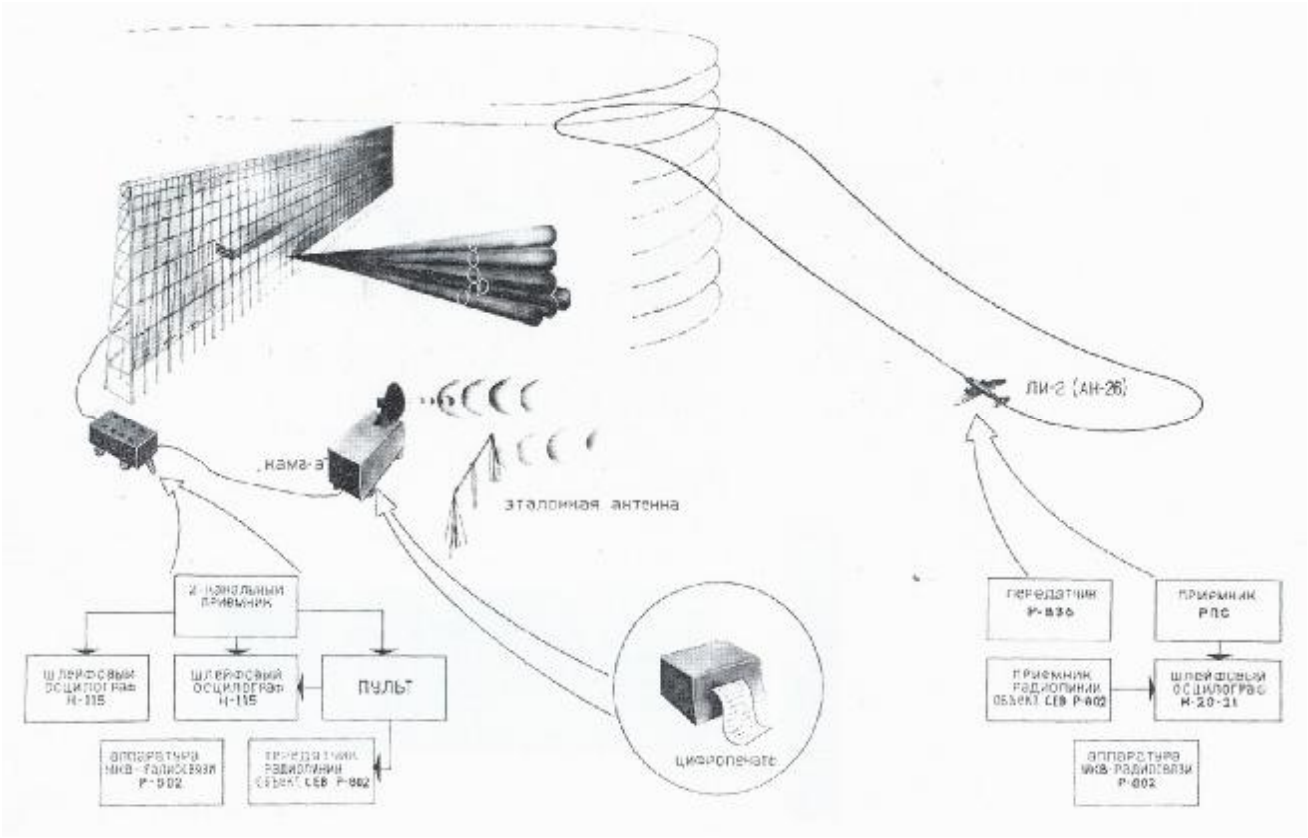


Схема облета 3Г РЛС «Дуга» измерительным комплексом

В предисловии к журналу «Антенны», выпуск № 1, 2005 г., вышедшем к 70-летию Бубнова, член-корреспондент РАН Бахрах Л.Д. отмечал, что «Г.Г. Бубнов прекрасно понимал, что разработка антенн – это лишь половина дела, а не менее сложная задача заключается в измерении их характеристик, разработке методов и измерительной аппаратуры».

В начале 70-х годов меня назначают ведущим разработчиком облетного стенда для измерения антенных характеристик приемных и передающих АФУ РЛС «Дуга», которая была образцом Главного конструктора, и поэтому на ней проводились исследовательские работы. Из-за сжатых сроков разработки мы вначале создали макет облетного измерительного стенда, наземная приемная аппаратура которого размещалась в аппаратном прицепе. Это давало возможность легко перебазировать наземную часть стенда с приемной на передающую позицию, находящиеся друг от друга на расстоянии 60-80 км. Бортовой передатчик и бортовая приемная аппаратура размещались на самолете ЛИ-2, который базировался на аэродроме города Николаева.

Вспоминаются два случая, происшедшие в этот период на приемной позиции объекта. Не секрет, что на объектах монтажа станций стимулирующим фактором в работе был спирт. Нам надо было в короткие сроки провести подготовительные работы, в частности проложить и разделать сотни метров высокочастотных и силовых кабелей к аппаратному прицепу «по месту», без проектной документации. Как-то Георгий Григорьевич меня спрашивает: «Юра, какие трудности? Чем помочь?». Я подумал и ответил: «Да вот думаю, как быть? Бригадир монтажников хочет сначала получить от меня n-литров спирта, положить его в сейф и только после этого начать прокладку и разделку кабелей. Работать обещает круглосуточно». На это Георгий Григорьевич отвечает: «Ну, не знаю, не знаю. Решай сам». Решил, рискнул. Работа была сделана. Большую помощь в подготовительных работах при развертывании наземной

части стенда нам оказывал ответственный представитель предприятия на объекте Ворошилин В.М. Благодаря его исключительной энергии, сообразительности и некоторого авантюризма, весь объем подготовительных работ к испытаниям был завершен досрочно.

Другой случай произошел на этом же объекте. Макет стенда был состыкован, настроен и сдан Заказчику. Приемное устройство тоже было хорошо настроено, и мы проводили измерение диаграммы направленности в азимутальной плоскости. Координаты самолета измерялись РЛС «Кама-А». Дело было летом, голубое небо, самолет было видно даже визуально. Четко выполнялись команды руководителя испытаний по громкоговорящей связи и радиосвязи. Аппаратура стенда и станции работали как часовой механизм. Вдруг к нашему прицепу подходит Госкомиссия во главе с председателем в чине генерала и Главным конструктором станции. Георгий Григорьевич поднимается к нам в прицеп и Лида Охоткина, работавшая на регистрирующей аппаратуре, показывает ему только что измеренную диаграмму направленности с четким основным лепестком и симметричными первым и вторым боковыми лепестками с глубокими нулями. Георгий Григорьевич довольный показывает полученную в реальном времени диаграмму направленности комиссии. Главный конструктор говорит Георгию Григорьевичу: «Твои ребята, наверное, срисовали эту диаграмму направленности из книги Айзенберга Г.З. по антеннам». Члены комиссии смеются, оживленно обсуждая параметры полученной диаграммы направленности. Пока идет обсуждение, самолет совершает второй заход, и с регистрирующего устройства передают комиссии второе измерение этой же диаграммы направленности. Обе картинки совершенно одинаковы. Георгий Григорьевич вновь поднимается к нам в прицеп, всех сердечно благодарит за работу и буквально расцеловывает в обе щеки стройную блондинку с длинными волосами – Лиду Охоткину. Когда члены комиссии уходят, ребята шутят: «Лида! Теперь вообще не умывайся!» Через день комиссией был подписан акт о вводе в эксплуатацию приемного АФУ.

В дальнейшем с помощью облетного измерительного стенда был проведен большой объем измерений характеристик основных и вспомогательных антенных устройств 3ГРЛС «Дуга-2». Обработка результатов измерений в основном производилась вручную, работали практически без выходных. В этот период отличились как сотрудники группы измерений: Иванов В.В., Овечкин В.С., Охоткина Л.А., Грющук В.Ф., Янин В.Н., Еремин В.В., так и сотрудники группы обработки: Шагоцкая Л.М., Смирнова Н.П., Серякова Л.П., Копылов В.И., Волкова Г.А., Еремина А.И., Грющук Г.В., Морковина И.И. и др. Все АФУ 3ГРЛС «Дуга-2»были успешно проверены по ТУ.

В последующем, на объекте 3ГРЛС «Дуга» г.Любеча и г.Чернобыля антенные характеристики мы измеряли уже более совершенным образцом измерительного облетного комплекса метрового диапазона, разработанным коллективом сотрудников во главе с начальником отдела Залесовым В.Ф.



Савельев П.А.

Комплекс работал в полуавтоматизированном режиме. Наземная часть аппаратуры была модернизирована, но также как в неавтоматизированном облетном стенде была размещена в перебазируемом аппаратном прицепе. Бортовая часть изменилась незначительно и также размещалась на борту самолета ЛИ-2. Трудности здесь заключались в еще большем, чем на объекте 3ГРЛС г.Николаева, удалении друг от друга приемных и передающих устройств. Поэтому для мобильной связи впервые был использован вертолет МИ-4. Объем измерений также был большой, но обработка материалов испытаний уже производилась с помощью ЭВМ «Наири-К», что значительно экономило время. Все устройства объекта 3ГРЛС «Дуга» также были успешно и в срок проверены.

Георгий Григорьевич продолжал уделять большое внимание разработке более совершенных облетных измерительных комплексов, предназначенных для проведения измерений характеристик крупногабаритных антенных устройств, работающих в различных частотных диапазонах. Уже в середине 70-х годов Георгий Григорьевич ставит большую ОКР «Высота» по созданию автоматизированных облетных комплексов, работающих в сантиметровом, дециметровом и метровом диапазонах. Для осуществления этой цели он организует кооперацию ведущих в стране НИИ по разработке измерительной аппаратуры. КБРП стало ведущим разработчиком ОКР, для чего в КБ создается специализированное измерительное научно-исследовательское отделение, возглавляемое Ткачевым Г.М. и зам. главного конструктора по теме «Высота» энергичным специалистом Гордоном М.Б. Для ведения разработки комплексов в научно-исследовательском отделении был создан отдел под руководством Кузина А.М. Ведущим разработчиком комплекса дециметрового диапазона по теме «Высота-1» назначают Эдельмана В., затем Филипчева Б.П. Ведущим разработчиком комплекса метрового диапазона по теме «Высота-2» назначают меня, а ведущим разработчиком комплекса сантиметрового диапазона по теме «Высота-3» – Савельева П.А. Для разработки информационно-вычислительных средств комплексов в научно-исследовательском отделении был образован отраслевой отдел под руководством Кочергина В.А., а для разработки пультов управления, согласующих устройств и пр. создается отдел под руководством Молоканова Н.П. Бортовые и эталонные антенны поручено было разрабатывать отделу под руководством Васильева В.Н. Приемо-передающую аппаратуру для всех комплексов разрабатывал Горьковский научно-исследовательский приборный институт (ГНИПИ), командно-телеметрический комплекс – Львовский научно-исследовательский радиотехнический институт (ЛНИРТИ), летающие лаборатории на самолете АН-26 – НПО «Взлет». Разработку командно-телеметрического комплекса от КБРП вел Корнилов Н.В., а летающих лабораторий – Питкевич В.Ф. Для точного измерения координат самолета в комплексе сантиметрового диапазона ОКБ МЭИ разрабатывало аппаратуру точного определения координат.

Облетный измерительный комплекс метрового диапазона, в который раз, пришлось создавать в очень короткие сроки. Уже в начале августа 1978 года на предприятие пришла Правительственная телеграмма с указанием срочно перебазировать комплекс метрового диапазона на объект Комсомольска-на-Амуре.

Вся наземная аппаратура комплекса метрового диапазона, кроме автоматизированных средств вычислительной техники М-6000 и ЭВМ «Наири-К», была размещена в аппаратных прицепах и могла быть перебазирована с приемной позиции на передающую без демонтажа. Это было существенное преимущество, так как эти позиции были разделены рекой Амур и удалены друг от друга на расстояние более 100 км. Дополнительные трудности вызывало то обстоятельство, что аэродром базирования самолета и место проживания экипажа было удалено от обоих объектов тоже на расстояние около 100 км. Поэтому для мобильной связи, перевозки материалов испытаний, аппаратуры был арендован вертолет МИ-4. Из-за необходимости срочно начать испытания на приемной позиции самолет АН-26 был перебазирован на аэродром Комсомольска-на-Амуре с ненастроенной аппаратурой. Стыковку, настройку и проверку функционирования аппаратуры пришлось проводить на борту самолета в суровых климатических условиях зимой при температуре -40° ÷ -45° и сильном ветре. В дальнейшем облетный измерительный комплекс пришлось использовать для проверки качества фазировки АФУ. Дорого, но зато эффективно.

На приемной позиции облетный комплекс метрового диапазона был сдан Заказчику при работе в полуавтоматизированном режиме с обработкой результатов на ЭВМ «Наири-К». В этом режиме с конца 1978 года по конец 1979 года были проверены устройства приемной и передающей позиции РЛС «Дуга». Правительственное задание было выполнено.

При проведении этих испытаний в суровых условиях Дальнего Востока работы выполнили сотрудники сектора: Овечкин В.С., Коршунов В.В., Шагоцкая Л.М., Охоткина

Л.А., а также работающие на бортовой аппаратуре Грющук В.Ф. и Янин В.Н. Большую помощь в материально-техническом обеспечении испытаний оказали ответственные представители предприятия на объекте Антипин А.Г. и Питкевич В.Ф. Отправляя на объект Антипина А.Г., на его вопрос: «А как быть с диссертацией?», Георгий Григорьевич ответил: «Вот там и сделаешь». Толя диссертацию защитил, но уже на предприятии. На этом моя работа в качестве руководителя летных испытаний и ведущего разработчика двух измерительных облетных комплексов была завершена.

В связи с переходом предприятия на тематику комплексов наземного и космического базирования меня назначают начальником сектора в отдел Страхова А.В. и поручают разработку метрологического обеспечения этих комплексов. Позднее меня в той же должности и с тем же профилем работ переводят в научно-исследовательский отдел метрологии. После ухода Шабанова Р.И. с предприятия и расформирования научно-исследовательского отдела метрологии меня назначают Главным метрологом предприятия и начальником вновь созданного отдела метрологии и стандартизации в составе двух секторов (Филипчев Б.П. и Бирюков Ю.Г.). С 1993 года отдел метрологии выполняет работы не только по решению вопросов метрологического обеспечения тем предприятия, но и решает вопросы стандартизации на предприятии и осуществляет нормоконтроль конструкторской документации (Барьзева С.С., Журавлев А.П.), а также обеспечивает внедрение на предприятии новой нормативно-технической документации, выпускаемой в Российской Федерации (Бирюков Ю.Г., Федосова В.П.). В этом направлении отдел в ОАО «Радиофизика» продолжает функционировать по настоящее время.

Продолжает Шабанов Р.И.:

«В ходе выполнения этих работ разработаны программы и методики метрологической аттестации облетных измерительных комплексов. В тесном сотрудничестве с Всесоюзным НИИ радиотехнических измерений (ВНИИРИ) Госстандарта СССР созданы эталонные меры диаграмм направленности и коэффициента усиления и проведена аттестация облетных измерительных комплексов дециметрового и сантиметрового диапазонов на полигоне ВНИИРИ под Ереваном и в поселке Аштарак.

При измерении характеристик фазированных антенных решеток МРЛС «Дон-2НП» на полигоне Сары-Шаган произошел курьезный случай: пропал сигнал с зеркальной антенны опорного канала, солнечные лучи сфокусировались в рупорном облучателе и расплавили защитную полистироловую заглушку рупорного облучателя и полистироловые шайбы коаксиально-волноводного перехода. Пришлось в срочном порядке по эскизам изготовить в мастерских объекта расплавленные детали из фторопласта, зеркало покрыть токопроводящей краской, не отражающей солнечные лучи, и самолетом отправить антенну опорного канала во ВНИИРИ на повторную аттестацию. Эту работу блестяще организовали и выполнили ответственный представитель на объекте Ворошилин В.М. и разработчик измерительного комплекса Савельев П.А.

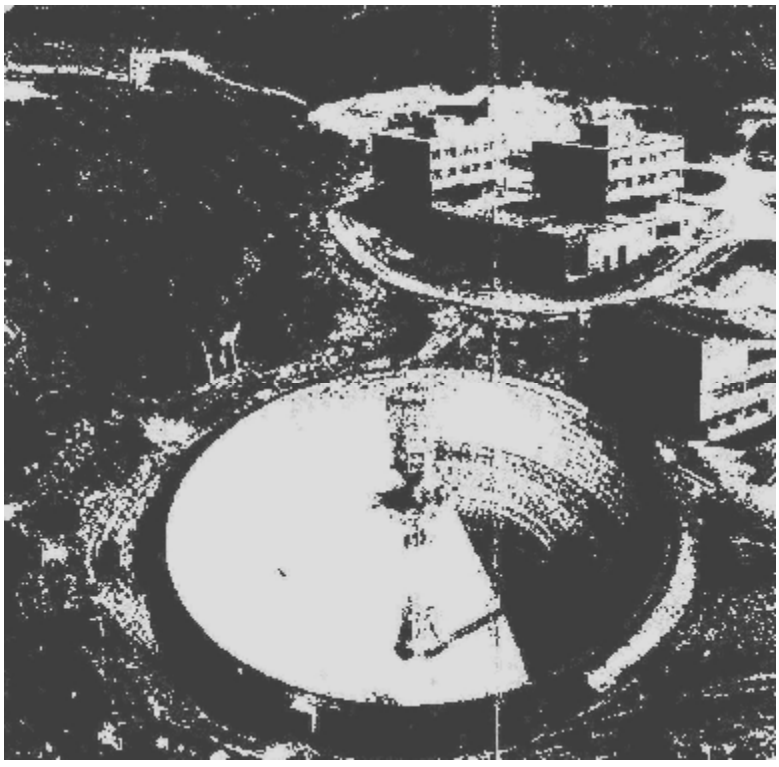


Страхов А.Ф.

Большую работу по систематизации материалов в части автоматизации антенных измерений провел начальник отдела измерительного научно-исследовательского отделения Страхов А.Ф., результаты которой изложены в его книге «Автоматизированные антенные измерения», М., «Радио и связь», 1985 г. В обеспечении государственной системы единства антенных измерений по полю в дальней зоне ВНИИРИ разработал серию государственных стандартов. Методы, способы и устройства, полученные при создании и аттестации облетных измерительных комплексов, а также испытаний с их помощью АФУ РЛС, защищены авторскими свидетельствами, авторами которых являются: Савельев П.А., Кузин А.М., Коробков А.В., Никифорова Е.С, Брейдо В.А., Шабанов Р.И.

Наряду с созданием облетных стендов и измерительных комплексов в моем секторе велись работы по созданию измерительных амплитудно-фазовых заводских и объектовых стендов. Была разработана, сконструирована и изготовлена подвижная измерительная система для перемещения измерительного зонда в раскрыве приемного антенного полотна, а также создана система контроля амплитудно-фазочастотных характеристик линеек передающего антенного полотна РЛС «Дунай-ЗУП».

В то время при фазировке линеек антенного полотна в качестве фазометра обычно использовали измерительные линии, поэтому процесс измерения и обработки результатов измерений был очень трудоемким. Необходим был специальный автоматизированный быстродействующий фазометр дециметрового диапазона волн, которых в то время в стране не было. Тогда Бубнов после очередной антенной конференции в г. Ереване познакомил меня с начальником Армянского отдела радиофизических измерений (АОРИ) АН Армянской ССР Геруни П.М. и поручил сформулировать технические требования к фазометру, а после возвращения в Москву направить в АОРИ техническое задание и договор на его разработку. По техническому заданию в АОРИ была проведена НИР и создан макетный образец фазометра дециметрового диапазона. Завязавшееся в 1968 году сотрудничество КБРП с АОРИ плодотворно продолжилось вплоть до 1989 года, и это было не случайно. Руководители Бубнов и Геруни были удивительно похожи, и в работе всегда поддерживали друг друга. Георгий Григорьевич постоянно оказывал Парис Мисаковичу неоценимую консультационную и технико-экономическую помощь при создании под Ереваном в окрестностях Оргофа первого в мире радиотелескопа со сферическим зеркалом диаметром 50 м.



Армения, поселок Оргоф. Первый в мире радиооптический телескоп, ∅ 50м, 1978 г.

Это были руководители энтузиасты-созидатели. Они за весьма короткий срок смогли пройти длинный путь от небольших коллективов СКБ-38 (Бубнов Г.Г.) и АОРИ (Геруни П.М.) до институтов НИИРФ и ВНИИРИ. При этом они создали и воспитали не только грамотные и трудолюбивые коллективы сотрудников, но и построили здания, экспериментальные базы предприятий и создали школы специалистов в области антенных

измерений. Такими успехами может похвастаться далеко не каждый руководитель и коллектив. Мне, по крайней мере, известно только два таких руководителя и коллектива.

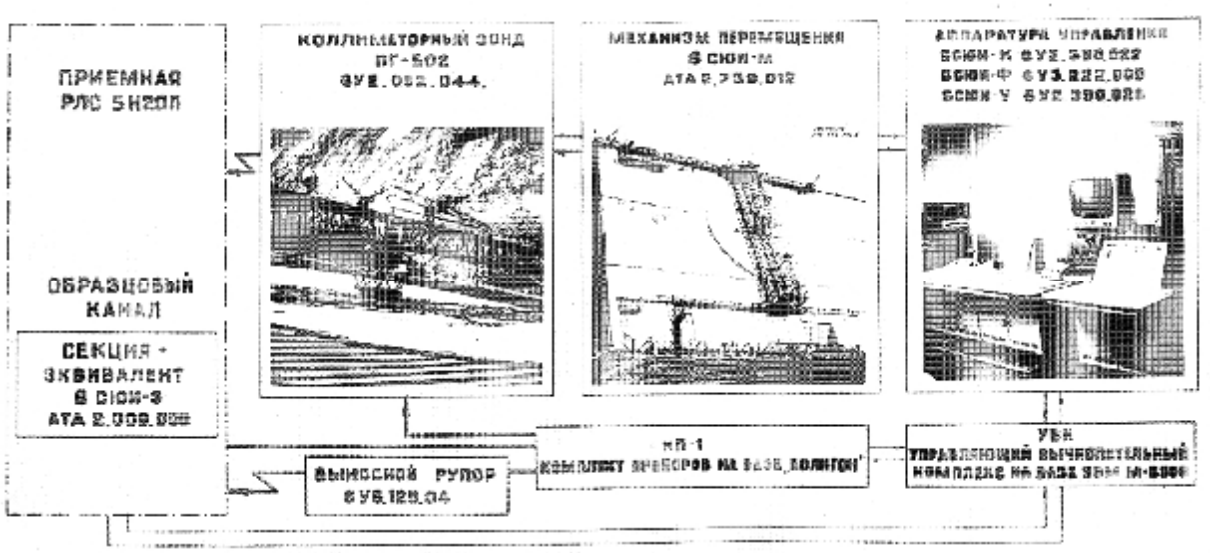


Обсуждение после антенной конференции в г.Ереване
(Геруни П.М., Бубнов Г.Г., Коростышевская А.З.)

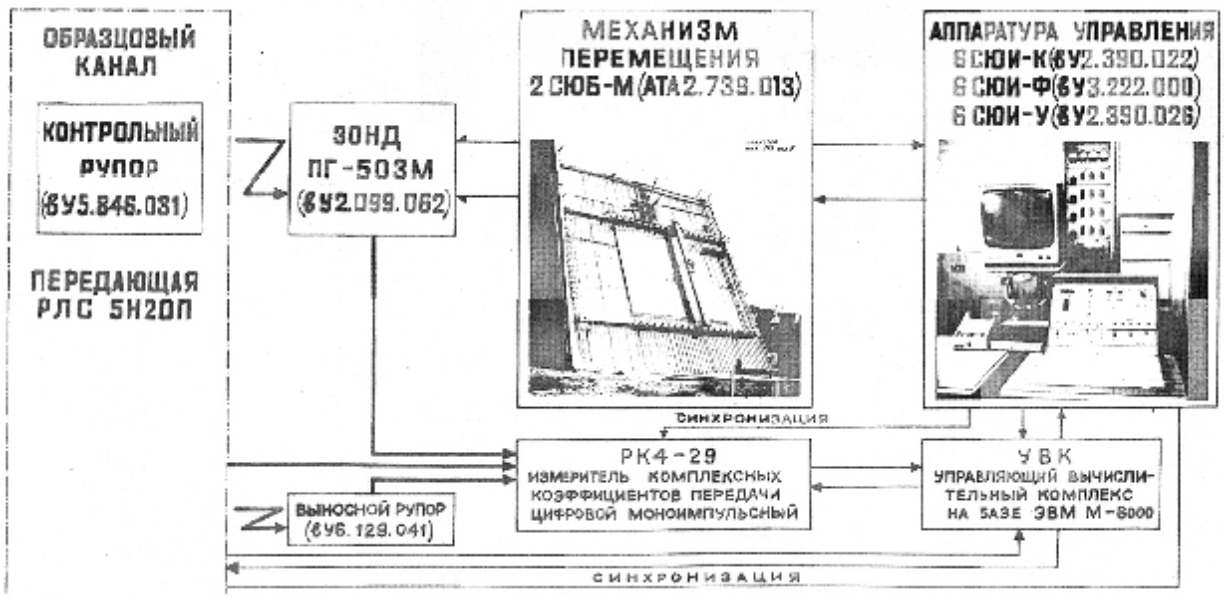
В 1972 году начальник отдела Ткачев Г.М., заручившись поддержкой Бубнова, ставит НИР «АО-3» и «Методика-1» (руководитель темы – Ткачев, заместитель – Шабанов). В этих НИРах были рассмотрены вопросы использования амплитудно-фазовых методов и построение апертурно-зондовых систем и установок для измерения параметров крупногабаритных фазированных антенных решеток и их составных частей (секций и модулей) по полю в раскрыве на заводах-изготовителях и объектах монтажа станций. Разработанные принципы и схемные решения реализованы мной, Левиным В.А. и Горским А.И. при создании устройства для измерения поля в раскрыве передающей фазированной антенной решетки РЛС «Неман-П». Для перемещения измерительного зонда в раскрыве передающей фазированной антенной решетки в конструкторском отделе Резакова И.В. впервые в отечественной практике было сконструировано диэлектрическое радиопрозрачное подвижно-измерительное устройство.

В 1974 году на основе этих НИР по инициативе Бубнова Г.Г., поддержанной РТИ АН СССР в кооперации с Горьковским научно-исследовательским приборным институтом (ГНИПИ) и Краснодарским конструкторским бюро радиоаппаратуры (ККБРА) ставится комплексная ОКР «Фундамент» (главный конструктор Бубнов, заместитель Шабанов), включающая в себя ОКР «Полигон» и «Рапсодия». Результатом этих работ было: во-первых, создание агрегатируемого комплекта приборов широкого применения для комплексного решения проблемы антенных измерений в стране методами в раскрыве, в ближней зоне, на поворотном устройстве и по внеземным источникам шумового радиоизмерения; во-вторых, создание метрологического обеспечения крупногабаритных стационарных фазированных антенных решеток и их составных частей (антенных модулей), включающего в себя: разработку объектовых систем и заводских стендов для измерения параметров создаваемых фазированных антенных решеток; отработку методик измерения их параметров в заводских условиях и на объектах монтажа; создание образцовых средств и методик их применения при аттестации измерительных систем и установок. В рамках ОКР «Фундамент» и «Методика-1» с применением опытных образцов приборов «Полигон» и «Рапсодия» были созданы и метрологически аттестованы объектовые автоматизированные системы для измерения АФР

поля в раскрывах передающей и приемной фазированной антенной решетки МРЛС «Дон-2НП» на полигоне Сары-Шаган и МРЛС «Дон-2Н» в Софрино.

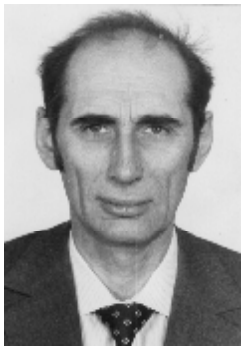


Система для измерения поля в раскрыве приемной ФАР МРЛС «ДОН-2НП»



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

При измерении поля в раскрыве приемной фазированной антенной решетки МРЛС «Дон-2НП» и «Дон-2Н» был предложен метод измерения комплексных пространственных коэффициентов передачи фазированной антенной решетки путем перемещения в ее раскрыве коллиматорного зонда и определения полных диаграмм направленности приемной фазированной антенной решетки. Диаграммы направленности отдельных антенных модулей измерялись на Гомельском радиозаводе в цеховых условиях при проверке антенных модулей. Это позволило значительно повысить производительность объектовых измерительных систем и сократить время испытаний приемных фазированных решеток на полигоне Сары-Шаган и радиолокационном узле в Софрино. В этом заслуга Гольберга И.Е., Коробкова А.В. и моя.



Гольберг И.Е.



Коробков А.В.



Козлов Ю.И.

К 1975 году реализовалась цель Бубнова Г.Г. – создать для изготовления, настройки и испытаний составных частей АФУ специализированное предприятие. По инициативе Бубнова Г.Г. для изготовления АФУ РЛС в г.Гомеле был создан Гомельский радиозавод и при заводе образовано конструкторское бюро, которое обеспечивало не только сопровождение производства АФУ, но и разработку заводских измерительных стендов для испытаний антенных модулей. Для выполнения этих работ в Гомельском КБ были созданы две лаборатории Ушакова О.А. и Петросяна Ф.Н. С Петросяном мне пришлось познакомиться еще в 1969 году в Ереване во ВНИИРИ, когда он был заместителем директора Геруни. Я хорошо знал его как грамотного, самостоятельного и целеустремленного специалиста, поэтому с лабораторией Петросяна и моей лабораторией сразу установились тесные творческие взаимоотношения по созданию заводских измерительных стендов для испытаний и проверки антенных модулей. Это деловое и творческое сотрудничество, а также объединение наших знаний, позволило в сжатые сроки, создать высокопроизводительные автоматизированные с использованием ЭВМ заводские стенды для настройки и проверки диаграмм направленности антенных модулей приемных и передающих фазированных антенных решеток МРЛС «Дон-2НП» и «Дон-2Н». Кроме того, при моем непосредственном участии, Базелевской М.К. и Левина В.А. на базе приборов «Полигон» была разработана система для измерений амплитудно-фазовым методом и методом по внеземным источникам диаграмм направленности фазированной антенной решетки РЛС «Крона».

Метрологическая служба института состояла из 4-х секторов, на которые были возложены конкретные задачи: метрологическое обеспечение работ предприятия по темам (Васильев Ю.П.); разработка методов и средств измерения АФУ в лабораторных и цеховых условиях (Серяков Ю.Н.); создание и совершенствование экспериментальной базы института (Козлов Ю.И.); поверка и ремонт радиоизмерительных приборов (Михалин Н.А.).

В секторе Васильева метрологическое обеспечение работ предприятия проводилось по следующим направлениям: проведение метрологической экспертизы конструкторской документации, а также технологической документации опытного производства; разработка руководящих указаний по конструированию, эскизное и техническое проектирование АФУ РЛС, разработка новых радиоизмерительных приборов, необходимых для испытаний АФУ; проведение специальных измерений и метрологической аттестации нестандартизованных измерительных средств и автоматизированных измерительных комплексов, систем и установок. В процессе выполнения этих работ были разработаны руководящие указания по конструированию и по многим темам предприятия (Васильев Ю.П., Филипчев Б.П., Елецких Л.И. и др.). Результаты опыта решения вопросов метрологического обеспечения АФУ внедрены на предприятии в виде методических указаний и стандартов предприятия. Ведущие специалисты подразделения: Васильев Ю.П., Филипчев Б.П., Серяков Ю.Н., Шабанов Р.И. и др. в интересах института участвовали в разработке программ метрологического обеспечения подотрасли и Московского региона; в корректировке перечней применяемых средств измерений; в Государственных комиссиях по приемке эталонов, образцовых мер и новых радиоизмерительных приборов; в обсуждении и рассмотрении Государственных стандартов в области метрологического обеспечения.

Помимо создания облетных и наземных измерительных комплексов для измерения АФУ на объектах монтажа и заводах-изготовителях Бубнов не меньшее внимание уделял разработке новых радиоизмерительных приборов общего применения. Были проведены НИР по исследованию методов и разработки метрологического обеспечения измерений параметров фазированных антенных решеток в миллиметровом диапазоне, разработаны программы по метрологическому обеспечению измерений в миллиметровом диапазоне, составлены тематические карточки на разработку новых радиоизмерительных приборов и в головном институте приборостроительной отрасли ГНИПИ. По разработанным и защищенным тематическим карточкам Бубнов добивается финансирования НИОКР по созданию новых радиоизмерительных приборов в миллиметровом диапазоне. По договорам с Вильнюсским научно-исследовательским институтом радиоизмерительных приборов были проведены НИРы и ОКРы по разработке радиоизмерительных приборов миллиметрового диапазона общего применения и созданию комплекта радиоизмерительных приборов в диапазоне частот (37,5÷118) ГГц: измерителей КСВн и ослабления, калиброванных СВЧ-генераторов, комплекта образцовых измерительных программируемых аттенюаторов и установки для поверки аттенюаторов, цифровых измерителей частоты, анализаторов спектра с переносчиком частоты и ваттметров малого уровня мощности. В Мытищинском научно-исследовательском институте радиоизмерительных приборов (МНИИРИП) были разработаны и изготовлены образцы ваттметров поглощающей и проходящей средней мощности в прямоугольном и круглом волноводе, а также проведены во Всесоюзном научно-исследовательском институте физикотехнических радиоизмерений (ВНИИФТРИ) НИРы с изготовлением макетных образцов приборов для измерения модового состава волн в круглом волноводе. При выполнении этих работ сотрудниками подразделения Серяковым Ю.Н., Шабановым Р.И., Никулиным С.М., Рожковым В.Н. и Фурсовым С.А. предложен новый способ определения амплитуд типов волн в многомодовом волноводе. Опытные образцы этих приборов использованы по темам при испытании СВЧ-устройств миллиметрового диапазона на предприятии и Чистопольском часовом заводе. В Краснодарском конструкторском бюро радиоаппаратуры для работ по фазированию трактов фазированной антенной решетки РЛС «Неман-П» в импульсном режиме были разработаны и изготовлены опытные образцы импульсного СВЧ-фазометра сантиметрового диапазона, а также цифровой измеритель амплитудно-фазочастотных характеристик импульсных СВЧ-устройств для фазирования передающей фазированной антенной решетки МРЛС «Дон-2НП» и «Дон-2Н». В дальнейшем большинство разработанных радиоизмерительных приборов общего применения были освоены заводами-изготовителями и стали выпускаться в стране серийно. А первые опытные образцы приборов, полученные нашим предприятием по договорам, до сих пор используются при разработке СВЧ-устройств.



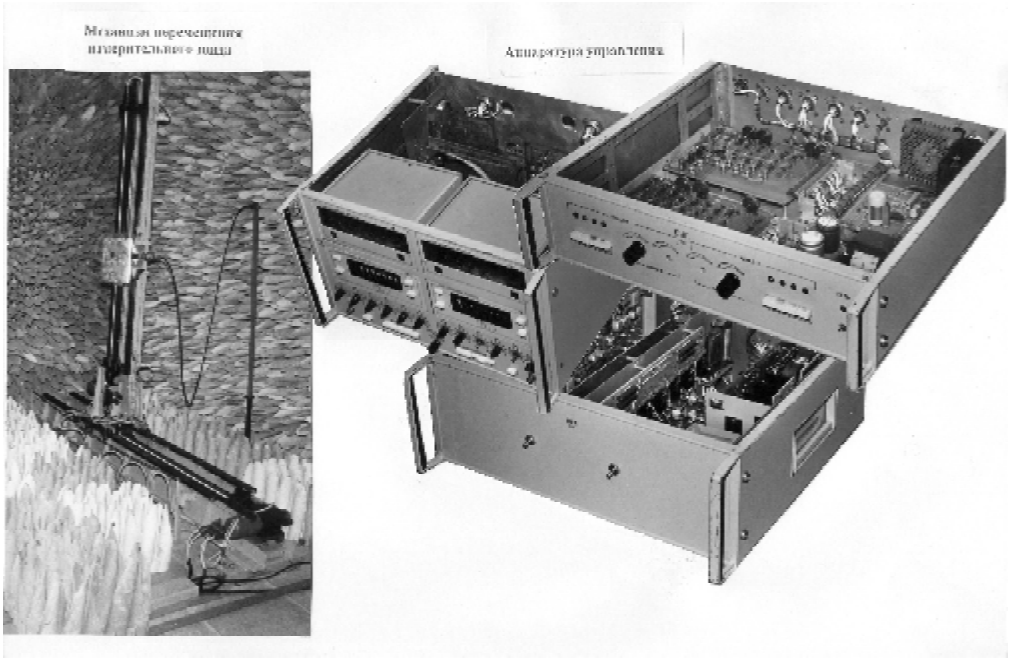
Никулин С.М.

Сотрудники сектора Серякова в ходе выполнения новых задач осваивают: технику разработки радиоэлектронной аппаратуры на интегральных микросхемах с применением печатного монтажа, средства автоматизации и вычислительной техники, в том числе программирование на ЭВМ. Особое внимание уделяется пополнению и воспитанию молодых кадров. Пополнение подразделения молодыми специалистами осуществляется из МАИ, МФТИ, МАТИ, которые проходят преддипломную практику, а затем и пишут дипломную работу по тематике подразделения, а в дальнейшем и защищают по тематике подразделения диссертационные работы. Ведущие специалисты подразделения с докладами участвуют на Всесоюзных конференциях, симпозиумах, совещаниях. Таким образом, формируется сплоченный и технически грамотный коллектив, способный творчески решать поставленные перед ним сложные задачи. Руководство предприятия и подразделения налаживает устойчивую кооперацию с приборостроительными предприятиями и предприятиями Госстандарта.

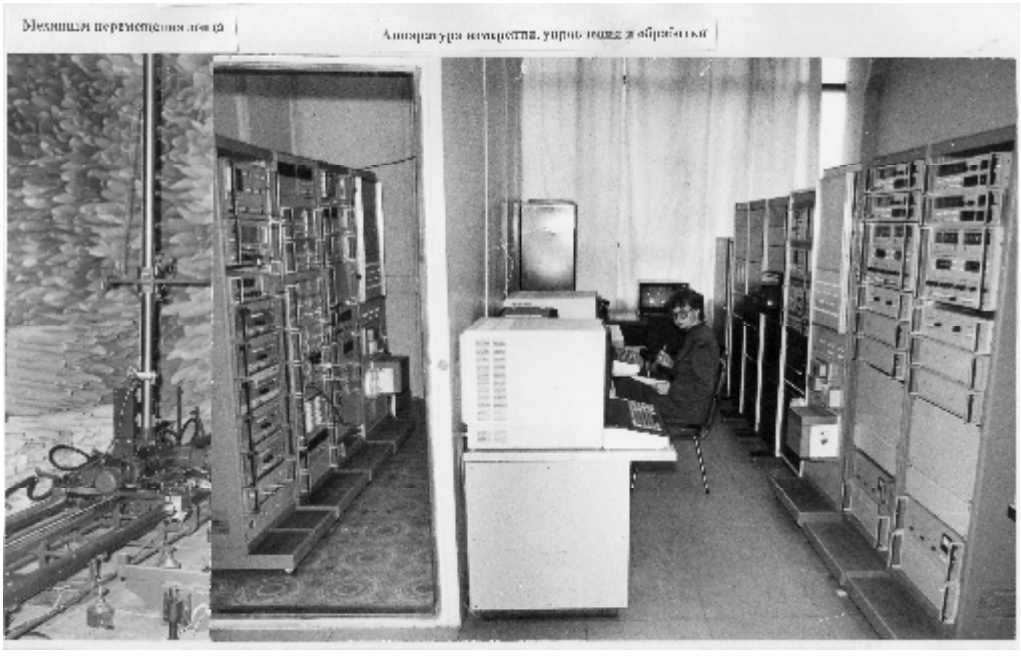
Начатые мной в отделе и научно-исследовательском отделении Ткачева Г.М. работы по разработке методов и средств измерений антенных модулей АФУ в лабораторных и цеховых условиях в секторе Серякова были значительно продвинуты в нескольких направлениях.

По первому направлению получили свое развитие работы, связанные с применением амплитудно-фазовых методов измерения антенн в лабораторных и цеховых условиях.

В развитие ОКР «Фундамент» была поставлена ОКР «Методика-2», включающая в себя ОКР «Координата». Результатами этих работ было создание для безэховых экранированных камер (БЭК) координатно-измерительных и координатно-поворотных устройств с автоматизированной аппаратурой управления для перемещения измерительных зондов. Результаты этой работы обобщены Шабановым Р.И. в стандарте предприятия.



Координатно-измерительное устройство КИУ-ПВГ-2-1

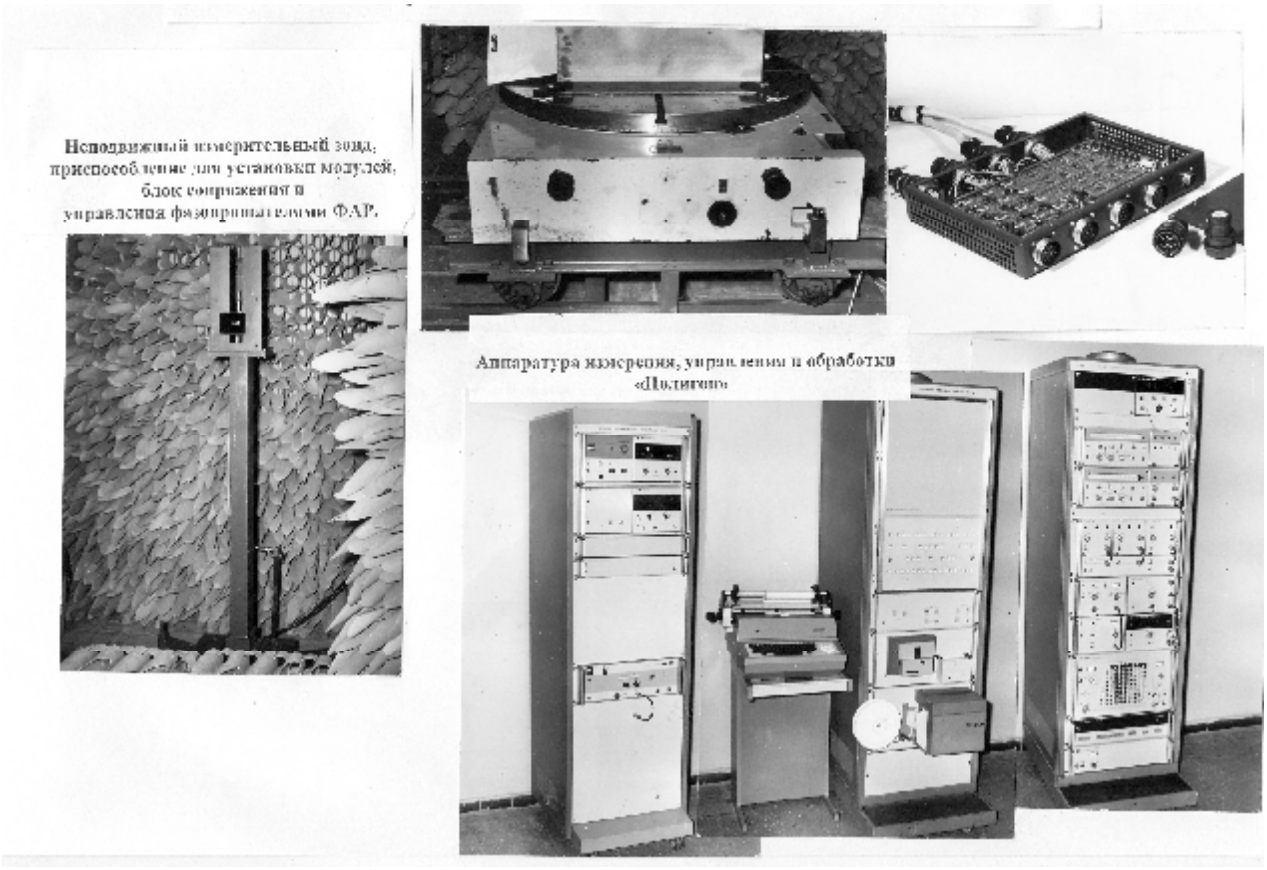


Автоматизированный измерительный комплекс для измерения в безэховой экранированной камере антенных модулей ФАР амплитудно-фазовыми методами



Горский А.И.

Большой вклад в создание автоматизированных координатно-измерительных и координатно-поворотных устройств внесли сотрудники Вакарин В.А., Горский А.И., Ульянов В.А. Под руководством Шабанова Р.И. коллективом сотрудников Серяковым Ю.Н., Фурсовым С.А., Никулиным С.М. и др. были разработаны принципы построения универсального измерительного комплекса и создано математическое обеспечение, позволяющее обеспечить измерение в безэховой экранированной камере параметров антенн и модулей фазированных антенных решеток апертурно-зондовым методом при перемещении зонда в плоской, цилиндрической и сферической поверхностях, модуляционным и коммутационным методами по вынесенному неподвижному зонду амплитудно-фазометрическими методами и методом фокусировки поля в зону Френеля, а также методом поворотного устройства в дальней зоне.



Автоматизированный измерительный комплекс для измерения в заводских условиях характеристик направленности антенных модулей ФАР коммутационным методом

В процессе разработки методов измерения характеристик фазированных антенных решеток миллиметрового диапазона, состоящих из десятков тысяч излучателей-фазовращателей, стало ясно, что традиционные методы измерения, основанные на измерении распределения поля в раскрыве, в ближней и дальней ее зонах, требуют огромных затрат времени. В особенности это актуально для фазированных антенных решеток, для которых необходимо измерить не одну, а множество диаграмм направленности, а также осуществлять диагностику состояния каждого элемента. Существенный прогресс в технике определения параметров таких фазированных антенных решеток был найден в методе, который использует структурные свойства фазированных антенных решеток, априорную

информацию о характеристиках излучения отдельных излучателей и геометрии их расположения. Этот метод был разработан в секторе Серякова Ю.Н. и получил название «коммутационный метод измерения ФАР», который подробно описан в книге Бубнова Г.Г., Никулина С.М. и др. «Коммутационный метод измерения характеристик ФАР», изд. «Радио и связь», 1988 г.

В память о Бубнове был создан автоматизированный измерительный комплекс «Бубнов» для измерения методом дальней зоны диаграмм направленности и поляризационных характеристик были исследованы параметры 4-х заводских антенных секций комплекса 90М6, проведена настройка антенных блоков космического радиометра миллиметрового диапазона комплекса космического базирования; проведены исследования параметров антенных блоков РЛС «Самара»; были проведены исследования параметров, разрабатываемых на предприятии антенн. Кроме того, был проведен анализ метрологических проблем аттестации амплитудно-фазовых измерительных систем и установок, определен состав образцовых средств для их аттестации и требования, предъявляемые к ним.

По этим требованиям на предприятии разработаны и изготовлены сменные облучатели образцовых мер поля излучения и набор измерительных зондов (ОКР «Методика-2»); в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии (СНИИМ) были поставлены и выполнены работы по созданию образцовых мер угла сдвига фазы и образцовых фазовращателей в коаксиальном тракте (НИР «Ритм»); в ВНИИРИ по договору созданы образцовые меры полей излучения, образцовый автоматизированный комплекс для аттестации АФР поля в раскрыве остронаправленных антенн (ОКР «Методика-1/1»), вторичный эталон единицы угла сдвига фазы в волноводном тракте и комплекс средств для аттестации и поверки волноводных образцовых мер сдвига фаз и ослабления (ОКР «Гарни-2»). В обеспечение государственной системы единства антенных измерений по полю в раскрыве ВНИИРИ разработал серию Государственных стандартов.

В 1986 году коллектив сотрудников предприятий МРП, МО СССР и Госстандарта СССР за работу по созданию методов, средств и метрологического обеспечения измерений антенных систем удостоен почетного звания «Лауреат Государственной премии СССР», в том числе от нашего предприятия Шабанов Р.И. и Гольберг И.Е., Ткачев Г.М. в этом же году удостоен почетного звания «Лауреат Государственной премии Армянской ССР».

По второму направлению работы проводились по разработке методов и средств измерения и диагностики в цеховых условиях геометрических и радиотехнических параметров зеркальных и металловоздушных линзовых антенн больших электрических размеров. При изготовлении, настройке и измерении параметров этих антенн существующие методы и средства не обеспечивали в должной степени заданную точность и достоверность измерений. Под руководством Шабанова Р.И. и участии сотрудников Серякова Ю.Н., Лебедевой А.М., Романчева В.С. были созданы автоматизированные измерительные стенды для диагностики и измерения геометрических и радиотехнических параметров зеркальных антенн в цеховых условиях.



Серяков Ю.Н.

Эти методы базировались на близости законов распространения ультразвуковых волн в воздухе и радиоволн в эфире. В приближении геометрической оптики электромагнитное и ультразвуковое поле описываются одним и тем же скалярным уравнением. Это свойство было использовано при измерении фазового распределения на ультразвуковой волне, равной длине волны СВЧ, а амплитудных измерений поля, где проявляются его векторные свойства, на СВЧ-сигнале. С использованием ультразвуковых волн были разработаны два альтернативных комбинированных метода «геометрический» и «ультразвуковой» в сочетании с планарным апертурным методом расчета характеристик направленности зеркальных антенн. «Геометрический» метод измерения диаграммы направленности зеркальной антенны состоял в измерении глубина зеркала и амплитудно-фазовой диаграммы направленности облучателя

в наборе дискретных точек, построении по результатам этих измерений непрерывной математической модели зеркальной антенны и расчете на ЭВМ диаграммы направленности зеркальной антенны.

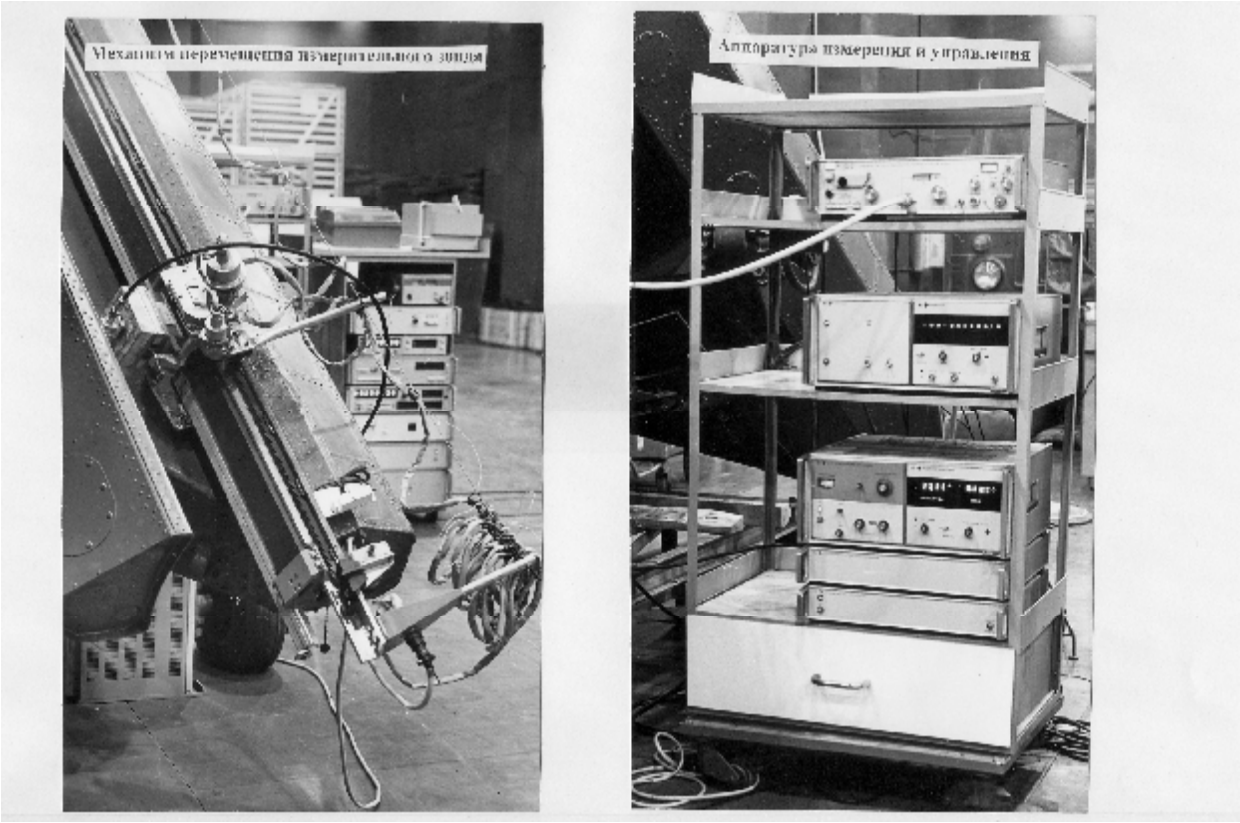
Амплитудно-фазовую диаграмму направленности облучателя предложено было измерять на ультразвуковом и СВЧ-сигналах с помощью плоского экрана-коллиматора размерами, равными раскрыву зеркальной антенны. При использовании плоского экрана-коллиматора мы обнаружили методическую погрешность, обусловленную тем, что дифрагированное поле электромагнитной волны от тяг, узла крепления облучателя и самого облучателя вступает в интерференцию с отраженным от плоского коллиматора полем не на плоской волне, как это в реальной зеркальной антенне, а на сферической. Однако, как показали дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования, эта погрешность не велика и ею можно было пренебречь. Сущность «ультразвукового» метода измерения диаграммы направленности зеркальной антенны с использованием планарного апертурного метода расчета была сведена к измерению в плоскости раскрыва зеркальной антенны фазового распределения поля на ультразвуковом сигнале, а амплитудного – на СВЧ-сигнале. Обработка результатов измерения была осуществлена с помощью быстрого преобразования Фурье. Измерительный зонд, разветвитель ультразвуковых и СВЧ-волн, используемые при реализации этих методов, а также сами методы измерений были защищены авторскими свидетельствами. Созданные на базе этих методов автоматизированные измерительные стенды в безэховых экранированных камерах позволили реализовать сквозной технологический процесс измерения и диагностику геометрических и радиотехнических параметров зеркальных антенн миллиметрового диапазона космического радиометра в цеховых условиях без использования антенных полигонов и их дорогостоящего оборудования. Новые методы, способы и устройства защищены авторскими свидетельствами авторами которых являются: Серяков Ю.Р., Шабанов Р.И., Романчев В.С., Поплавский И.В., Никулин С.М., Азюкин А.В., Классен В.И.

При передаче изготовления антенных блоков «Нева» с ТМЗ на Новосибирский авиационный завод им. Чкалова выяснилось, что диаграмма направленности не укладывается в заданные требования, хотя до этого на ТМЗ все антенные блоки успешно и с запасом проходили проверку. Бубнов поручил мне выяснить причины и устранить несоответствия. Мне была известна конструкция приемного антенного блока, основу которого составляла сложнейшая по профилю металловоздушная линза «улитка». Я разработал методику измерения и диагностики геометрических и радиотехнических параметров антенного блока, на предприятии был разработан и изготовлен автоматизированный стенд для измерения радиотехнических параметров поля в раскрыве линзы на радиочастотном и ультразвуковом сигналах. Измерительный стенд был переправлен в Новосибирск.



Романчев В.С.

С помощью этого стенда были выявлены, а затем устранены причины отклонения параметров диаграммы направленности от заданных требований. Кроме того, по просьбе завода были разработаны методики аттестации заводских стендов для измерения на полигоне завода диаграмм направленности приемных, передающих антенных блоков РЛС «Нева». На полигоне завода была проведена метрологическая аттестация этих стендов, и проверка параметров серийных антенных блоков на заводе пошла как по маслу, с запасом, как и ранее на ТМЗ. Эту работу за три командировки в Новосибирск выполнили Шабанов Р.И., Романчев В.С. и Вакарин В.А.



Автоматизированный стенд для измерения и диагностики в цеховых условиях на заводе им.Чкалова (г.Новосибирск) характеристик направленности антенных блоков УВ-11 изделия «Нева» по полю в раскрыве

По третьему направлению проводилась работа по разработке методов и средств визуализации и измерения распределения интенсивности СВЧ-энергии в фокальном пятне высокоэнергетических передающих фазированных антенных решеток. На основе физических свойств преобразования в пробном веществе СВЧ-энергии излучения в тепло разработаны методы и устройства для определения пространственного распределения интенсивности электромагнитного поля СВЧ-излучения высокоэнергетических крупногабаритных стационарных фазированных антенных решеток по результатам измерения контактным и бесконтактным способами распределения температуры нагрева элементов пробного вещества. Для измерения распределения плотности потока энергии в фокальном пятне высокоэнергетической передающей фазированной решетки экспериментального комплекса на предприятии в Химках было создано устройство (Швецов В.П., Шабанов Р.И.).

Принцип дистанционного измерения распределения температур на пробном веществе с помощью тепловизора был с успехом востребован, когда на радиолокационном узле Печора на радиопрозрачном укрытии передающего АФУ РЛС «Дарьял» возник пожар. В срочном порядке встал вопрос контроля распределения температур на поверхности радиопрозрачного укрытия. Контроль поглощаемой в радиопрозрачном укрытии СВЧ-энергии было предложено осуществлять по инфракрасному излучению нагретых его элементов дистанционно с помощью тепловизионной аппаратуры. Для измерения распределения температуры на радиопрозрачном укрытии была создана передвижная экранированная тепловизионная станция (Шабанов Р.И., Козлов Ю.И. и Глезерман Е.Г.), которая находилась в СВЧ-электромагнитном поле станции. Для защиты тепловизионной аппаратуры и обслуживающего персонала от воздействия СВЧ-энергии станции была создана экранированная камера с прозрачным для инфракрасного излучения окном, а для контроля уровня электромагнитного поля вне и внутри прицепа были созданы пробники поля. С помощью этой передвижной станции был проведен контроль распределения температуры на

радиопрозрачном укрытии РЛС «Дарьял» на радиолокационном узле Печора и МРЛС «Дон-2НП» на полигоне Сары-Шаган (Васильев А.В., Бондаренко В.Ф., Козлов Ю.И.).

На полигоне Сары-Шаган при фазировке и контроле распределения температур на радиопрозрачном укрытии передающей фазированной антенной решетки МРЛС «Дон-2НП» произошел интересный случай: на радиопрозрачном укрытии был зарегистрирован аппаратурой тепловизионной станции правильный тепловой крест с размытыми в некоторых местах областями. Эту фотографию тут же показали разработчику, который присутствовал при фазировке передающей антенной решетки. Была проведена проверка работоспособности антенных модулей, и оказалось, что в размытых областях креста модули были отключены, что явилось неожиданностью для разработчика станции. По данному направлению работ технические решения защищены авторскими свидетельствами, авторами которых являются Шабанов Р.И., Швецов В.П., Ткачев Г.М., Бондаренко В.Ф., Серяков Ю.Н., Глезерман Е.Г., Козлов Ю.И. и др.

По четвертому направлению проводились работы по созданию калиброванных источников шумов и разработки методов измерения чувствительности, разрешающей способности и динамического диапазона пассивных радиометрических систем космического базирования и радиометрических методов измерения параметров АФУ. Вопросы использования калиброванных источников шумового радиоизмерения для антенных измерений подробно освещены в сборнике «Антенны», выпуск № 33, 1986 г.

Для реализации радиометрических методов измерения параметров антенн в дециметровом и сантиметровом диапазонах были созданы измерители слабых шумовых сигналов (ОКР «Полигон») и в Институте прикладных проблем физики (ИППФ) АН Армянской ССР поставлена и выполнена работа по созданию экспериментального образца измерителя слабых шумовых сигналов миллиметрового диапазона (НИР «Шум»). С использованием созданных и аттестованных источников шумов измерены характеристики космического радиометра миллиметрового диапазона.

Создание и совершенствование экспериментальной базы предприятия осуществлялось в секторе Козлова путем строительства экранированных безэховых камер и их оборудованием. На предприятии были построены и введены в эксплуатацию семь БЭК, из которых шесть экранированы. Во все БЭК через фильтры введены силовые и специальные токи, приточно-вытяжная вентиляция, БЭК оборудованы воздуховодными фильтрами и средствами пожаротушения. Экранировка БЭК выполнена по II классу ГОСТ Р 50414 и составляет не менее 60 дБ в диапазоне от 30 МГц до 40 ГГц. БЭК до настоящего времени используются для исследования параметров антенн дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов. В процессе сооружения БЭК разработаны, изготовлены и установлены широкополосные многоканальные фильтры СВЧ. Были разработаны и впервые в отечественной практике применены воздуховодные фильтры миллиметрового диапазона, разработаны методики и проведены измерения коэффициента безэховости в рабочих зонах БЭК, а также разработаны методика и аппаратура неразрушающего контроля сварных швов металлического экрана (ОКР «Экран»). В результате этой ОКР выпущена конструкторская документация на прибор контроля качества экрана и по этой документации в опытном производстве изготовлено пять образцов приборов.



Прибор контроля качества сварных соединений замкнутых экранированных камер

Прибор контроля качества экрана позволил радиотехническим методом значительно повысить качество и производительность контроля сварных швов экранированных сооружений. Работа выполнена Козловым Ю.И., Кокаревым Ю.А. и другими сотрудниками.

Лаборатория Михалина обеспечивала ремонт и поверку средств измерений предприятия, имела группу высококвалифицированных и аттестованных в органах Госстандарта поверителей по многим типам средств измерений (Шикин М.Ю., Балабан А.Н., Прохорова Г.А. и др.) и группу ремонтников радиоизмерительных приборов (Афанасьев В.И., Бойков А.И., Буторин Е.М., Цветков Н.И., Зубков А.И. и др.), которые могли проводить ремонт почти всех типов средств измерений, находящихся на предприятии. Сотрудники лаборатории оперативно обеспечивали экспериментальные работы предприятия радиоизмерительными приборами. Часто высококвалифицированные настройщики-регулировщики 5-6 разрядов и инженеры проводили не только ремонт средств измерений на объектах монтажа станции, но и активно участвовали в ответственных измерениях на полигоне Сары-Шаган и радиолокационных узлах (Шилов А.П., Афанасьев В.И., Бойков А.И., Буторин Е.М. и др.). На предприятии насчитывалось более 3,5 тысяч средств измерений, из них почти свыше тысячи единиц постоянно находились на объектах монтажа станций. Учет, хранение и отправку средств измерений на объект монтажа и в органы Госстандарта на поверку осуществляла с момента образования Центральной измерительной лаборатории (1961 г., Терехов А.К.) старейшая сотрудница, ветеран предприятия Воробьева М.М., а гораздо позже ей стала помогать Творожкова М.И. Организацию и проведение поверки средств измерений в органах Госстандарта оперативно обеспечивала Павлинова В.В.



Воробьева М.М.

Созданный комплекс безэховых камер уникален, а большая безэховая камера является, вероятно, крупнейшей в Европе.

В 1992 году моя работа на предприятии в качестве разработчика и руководителя работ по метрологическому обеспечению АФУ была завершена в связи с уходом с предприятия. Однако позже мне вновь пришлось вернуться на предприятие, но в ином качестве. В начале 2000 года в Департаменте науки и промышленной политики Правительства г.Москвы была

разработана комплексная программа промышленной деятельности на 2001-2003 гг. «Качество и сертификация». В состав участников этой программы наряду с другими предприятиями г. Москвы были включены АНО «Квант-тест» (в дальнейшем ГУП г. Москвы «Оборонтест») и ОАО «Радиофизика» в части организации и проведения работ по созданию Сертификационного центра по стандартизации, метрологии и сертификации продукции. В конце этого же года руководство АНО «Квант-тест» и ОАО «Радиофизика» приглашают меня выполнить работу по созданию на технической базе ОАО «Радиофизика» испытательной лаборатории технических средств по параметрам электромагнитной совместимости. Мной был разработан пакет технико-экономической, технической, планово-договорной документации и определен состав аппаратуры и оборудования, а также установлены связи с поставщиками аппаратуры. После открытия финансирования для практической реализации выполненной работы меня принимают в ОАО «Радиофизика» начальником сектора. В последующий период времени с привлечением конструкторов и сотрудников предприятия Романчева В.С., Жучкова В.Д., Сысоева В.А., Ивановой И.И., Гусевой С.П. и др., опытного производства и ремонтно-строительного цеха была создана испытательная лаборатория технических средств по параметрам электромагнитной совместимости (ИЛ ТС ЭМС) и при содействии ГУП Москвы «Оборонтест» в апреле 2003 года аккредитована в органе Госстандарта РФ. Генеральным директором Автономной некоммерческой организации АНО «Радиооборонтест» вначале назначают меня, а начальником ИЛ ТС ЭМС – Романчева В.С. В дальнейшем Генеральным директором назначают Захарова А.В., а меня его заместителем по науке и Главным метрологом организации. В настоящее время АНО «Радиооборонтест», созданная учредителями ГУП Москвы «Оборонтест» и ОАО «Радиофизика», успешно проводит работы по сертификационным испытаниям продукции, а также участвует в приемо-сдаточных и исследовательских испытаниях по параметрам электромагнитной совместимости продукции гражданского и военного назначения.

Наличие большой и малых БЭК на предприятии, технических средств ОАО «Радиофизика» и ИЛ ТС ЭМС АНО «Радиооборонтест», огромного накопленного у сотрудников предприятии опыта и знаний в области антенных измерений, и при наличии дополнительного финансирования работ, в перспективе позволяют в ближайшее время строить планы по расширению области аккредитации ИЛ в части сертификационных испытаний АФУ на предприятии.

6.2. РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ РАДИОИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ БЕЗЭХОВЫХ КАМЕР

Козлов Ю.И., Тоболев А.К., Шитиков А.М.

Строительство большой безэховой камеры

В середине 60-х годов прошлого века, в связи с созданием радиолокационных станций (РЛС) на базе крупноапертурных фазированных антенных решеток (ФАР), возникла потребность (наряду с полигонными измерительными средствами) в стендах для экспериментальной отработки и испытаний фрагментов антенн на территориях разработчиков и изготовителей ФАР по причине значительной трудоемкости отработки. Использование открытых полигонов для этих целей оказалось затруднительным из-за их удаленности от заводов-изготовителей, сложности организации длительных работ в суровых климатических условиях, характерных для СССР, и невозможности развертывания полигонов в городах, где находились основные предприятия радиопромышленности.

Указанную проблему можно было решить строительством безэховых экранированных камер (БЭК) на территориях предприятий разработчиков антенн. Вопросы расчетов, конструирования и постройки безэховых экранированных камер и радиопоглощающих материалов (РПМ) стали актуальными как в нашей стране, так и за рубежом. [Мицмахер М.Ю.; Торгованов В.А., Безэховые камеры СВЧ. – М: «Радио и связь», 1982 г.,3].

К 1965 году основным видом деятельности КБРП им. академика А.А.Расплетина являлись конструирование, отработка и испытания антенных систем РЛС ПВО и ПРО. Поэтому при проектировании нового комплекса зданий предприятия в его составе была предусмотрена уникальная по размерам (84 м – длина; 36 м – ширина и 20 м – высота) большая БЭК, а также несколько малых БЭК. Строительство современного по тем временам научно-производственного комплекса сооружений состоялось, в значительной мере, благодаря высокому научному уровню и выдающимся организаторским способностям директора КБРП Бубнова.

Строительство зданий КБРП, в том числе БЭК, началось в 1968 году. В 1972 году было завершено строительство основного здания, а в 1976 году – строительство корпуса большой БЭК. В 1977 – 1980 годах проводился монтаж экрана, а в период с 1981 по 1988 год выполнялись работы по облицовке стен и потолка камеры РПМ, устройству ворот, установке фильтров и т.д. Для обеспечения прохождения в БЭК на испытания крупногабаритных антенн были разработаны и смонтированы двойные (с тамбуром) экранированные автоматические откатные ворота с размером проема 6×9 метров с одной торцевой стороны и двойные экранированные распашные ворота с размером проема 5 × 4,5 метров с другой торцевой стороны.

Непростым оказался выбор (РПМ) для облицовки безэховых камер. Ассортимент РПМ, обладающих высокими радиотехническими параметрами, был большой, но изготавливались они на уровне небольших опытных партий. Это такие материалы, как "Ясень", "Мрак", "Гранит", "Пенобетон". Эти материалы были использованы для облицовки малых безэховых камер. Для большой БЭК требовался, помимо хороших радиотехнических характеристик, очень большой объем материалов, ведь площадь поверхности облицовки составила свыше 10000 м^2. Значительную сложность представляло крепление РПМ к поверхности БЭК

Первая часть проблемы была решена в результате сотрудничества с предприятием ЦКБ радиоматериалов (ЦКБ РМ), на котором был разработан РПМ «Бамбук» с коэффициентом отражения минус 30-40 дБ при углах падения электромагнитной волны 0° – 45° в диапазоне 1 – 10 ГГц. Отличительные особенности материала: трудногорючесть, относительно низкая цена, небольшой вес (7,5 кг/м^2). Производство «Бамбука» было размещено на Спас-Деменском метизном заводе производительностью 2000 м^2 в месяц. Оригинальная

конструкция крепления РПМ по поверхности БЭК была разработана инженерами КБРП. На двух тросах длиной 20 м на кронштейнах крепились сразу 5 м^2 РПМ и за один подъем устанавливались на высоту 20 метров. Надежность крепления подтверждена временем, до настоящего времени какого-либо ремонта конструкций крепления РПМ не проводилось.

По ходу строительства и оснащения безэховых камер были проведены несколько опытно-конструкторских работ (ОКР), способствующих вводу в эксплуатацию и повышению радиотехнических характеристик безэховых экранированных камер. Так, освоение миллиметрового диапазона длин волн предъявило повышенные требования к качеству сварных швов металлического экрана и разработки нового типа воздуховодных фильтров. В результате ОКР, проведенной совместно с Белорусским технологическим центром порошковой металлургии, была решена проблема воздухообмена в БЭК с заданным уровнем экранировки в миллиметровом диапазоне. Другая ОКР была посвящена разработке методов и средств неразрушающего контроля качества сварных швов металлического экрана. В основе метода лежит разработанная на предприятии методика определения дефектов экрана (прожоги, трещины, отверстия, заполненные флюсом) с помощью токов высокой частоты, распространяющихся по внешней поверхности экрана, возбужденных от генератора на частотах 160-200 кГц. При этом высокочастотные токи возбуждают отверстия в экране, и с внутренней стороны экрана с помощью зонда, соединенного с приемником, регистрируются дефекты экрана. Изготовленный прибор контроля качества экранировки позволил эффективно проконтролировать в общей сложности более 12 километров сварных швов экрана.



Общий вид большой безэховой камеры (2008 год)

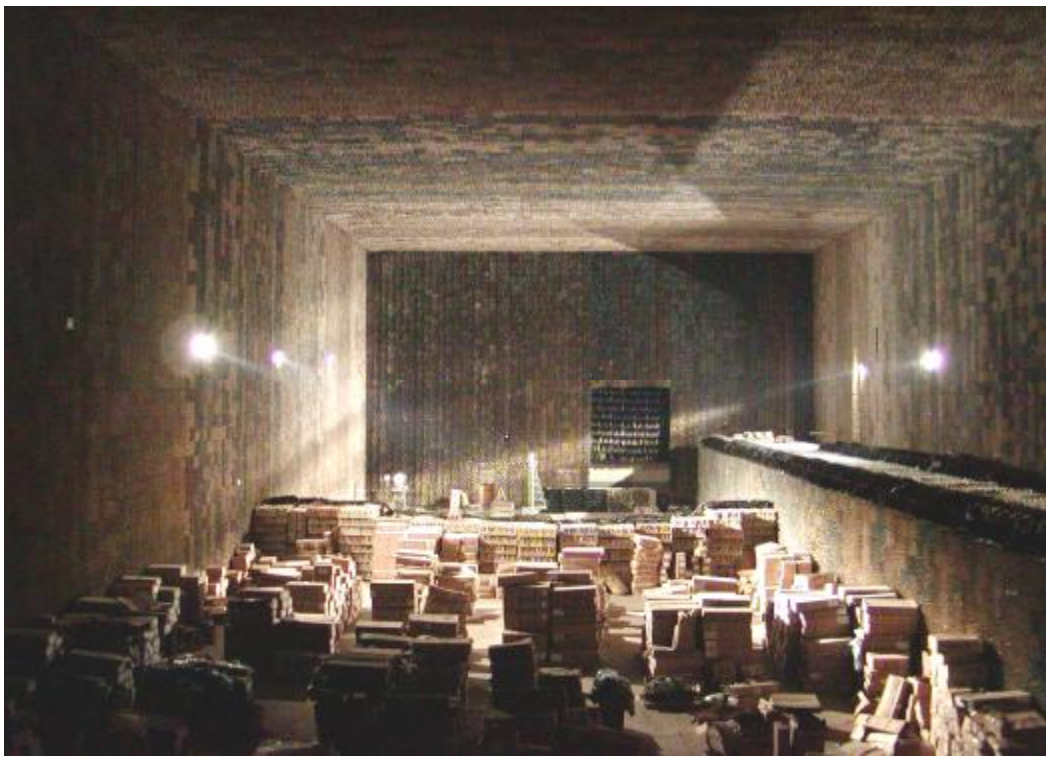
Большая БЭК площадью 3000 м^2 была введена в эксплуатацию актом Государственной комиссии от 25 декабря 1988 г. Таким образом, строительство большой БЭК продолжалось около 20 лет. В создании БЭК приняло участие большое количество сотрудников предприятия. Наиболее значим вклад Козлова Ю.И. и сотрудников его сектора.



Сотрудники сектора безэховых камер
1-ый ряд: Черкасова Т.В., Козлов Ю.И., Червяков И.М., Соловьев Л.М., Березовская Н.С.
2-ой ряд: Шафранская В.В., Скворцов В.С., Зуев В.Н., Павлова Н.А., Авдюнин А.Н., Кокарев Ю.А.

С 1989 г. начинается оснащение камеры стендовым оборудованием. Первоначально пытались использовать опорно-поворотные устройства (ОПУ) от серийно выпускаемых антенн. Однако быстро пришло понимание необходимости создания специальных оптимизированных для измерений устройств. Значительная задержка в оснащении БЭК произошла в 1990-2000 годах в связи с резким сокращением заказов и объема финансирования. Предприятию в течение нескольких лет приходилось часть площади безэховой камеры использовать как складское помещение. Однако даже в этот сложный период работа по оснащению БЭК не прекращалась.

С 1997 года началась разработка стендов на элементной базе нового поколения с управлением от персональных компьютеров и использованием измерительных приборов ведущих мировых производителей. Сегодня безэховая камера оснащена автоматизированными измерительными стендами с современными приборами и оборудованием.



Большая безэховая камера в конце 90-х годов использовалась не по прямому назначению

Большая БЭК характеризуется высокой эффективностью экранирования, определяемой как ослабление составляющих электромагнитного поля (электрической и магнитной) экраном в диапазоне частот 0,3 – 40 ГГц, которая составляет не менее 90 дБ и коэффициентом безэховости, определяемом как отношение величины отраженного от внутренней поверхности БЭК сигнала к величине прямого (полезного) сигнала в зоне безэховости, на уровнях минус 25 дБ…40 дБ в зависимости от расстояния между приемной и передающей антеннами.



В аппаратной большой безэховой камеры

Уникальные размеры и характеристики БЭК позволяют решать широкий спектр радиоизмерительных задач, связанных с тестированием и экспериментальной отработкой различных антенных устройств, в том числе ФАР и крупноапертурных зеркальных антенн, а также с отработкой характеристик РЛС и определением параметров электромагнитной совместимости (ЭМС).

Наряду с большой БЭК на предприятии были введены в эксплуатацию и функционируют еще 7 безэховых экранированных камер меньших размеров. Эти камеры предназначены для измерений слабонаправленных антенн, облучателей, антенн миллиметрового диапазона и испытаний аппаратуры на ЭМС.

Измерение параметров антенн

В большой БЭК реализован автоматизированный измерительный стенд для настройки и измерения параметров антенн различных типов. Измеряются такие характеристики как диаграмма направленности антенны по основной поляризации и кросс-поляризации, коэффициент усиления, коэффициент эллиптичности, эквивалентная изотропно излучаемая мощность и другие.

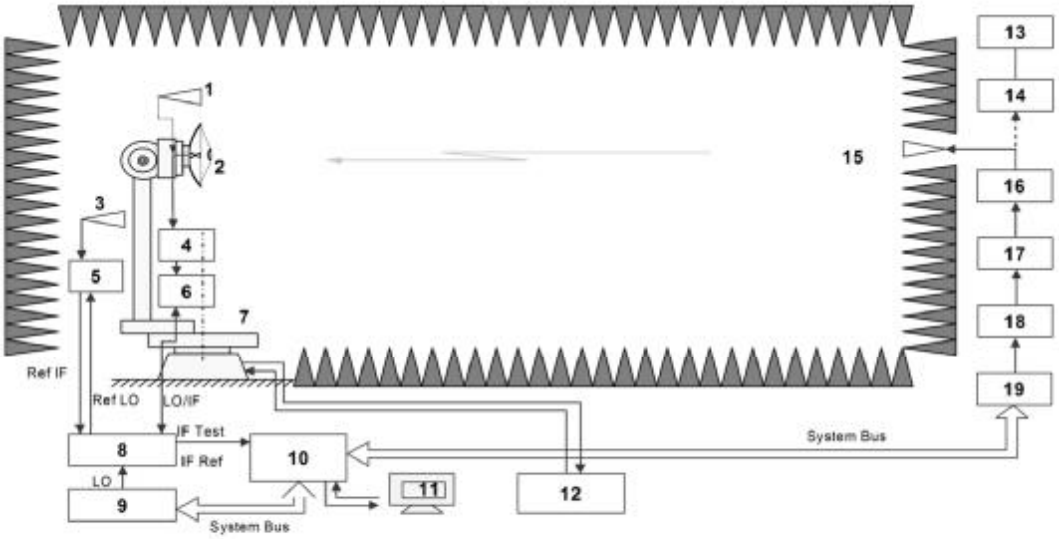
Главная часть стенда - измерительная система *HP 85301B* производства компании *Agilent Technologies*. Другой важный компонент стенда - опорно-поворотное устройство с контроллером и приводами. Кроме того, в состав стенда входят вспомогательные передающие антенны, антенны опорного канала, эталоны коэффициента усиления, аппаратура видеоконтроля и программное обеспечение.



Измерение диаграмм направленности полностью автоматизировано

Измерения проводятся как методом дальней зоны, так и методом зоны Френеля с последующей обработкой результатов (при этом требуется измерять не только амплитудные, но и фазовые диаграммы направленности). Динамический диапазон измерений диаграмм направленности – до 60 дБ.

Испытываются антенны различного типа в диапазонах от 1 ГГц до 110 ГГц с размером апертуры до 4 м.



1 – эталонная антенна; 2 – испытуемая антенна; 3 – антенна опорного канала; 4 – вентиль;
5 – смеситель; 6 – смеситель; 7 – ОПУ; 8 – блок ПЧ Agilent 85309A*;
9 – генератор-гетеродин Agilent 83621B*; 10 – измерительный приемник Agilent 8530A*;
11 – ПК; 12 – блок управления; 13 – частотомер; 14 - преобразователь частоты;
15 – вспомогательная передающая антенна; 16 - аттенюатор; 17 - вентиль;
18 – умножитель частоты; 19 - СВЧ-генератор Agilent 83621B*;
* – приборы из состава антенной измерительной системы HP85301B.

Схема антенного измерительного стенда

Рассмотрим более подробно особенности используемых методов измерений.

Измерение диаграмм направленности в дальней зоне

Благодаря достаточно большим размерам БЭК имеется возможность измерения методом дальней зоны диаграмм направленности антенн, размер которых составляет десятки, а в миллиметровом диапазоне даже сотни длин волн. Так, критерий дальней зоны $R_{min} = 2D^2/\lambda$ (D – диаметр апертуры, λ – длина волны) при длине трассы $R_0 = 80$ м позволяет измерять антенны с апертурой до 35 см в диапазоне 90 ГГц (это более 100 λ) и до 2,4 м в диапазоне 2 ГГц (16 λ). Правда, следует оговориться, что для прецизионных измерений коэффициента усиления или диаграмм направленности в динамическом диапазоне 50-60 дБ методом дальней зоны длина трассы, соответствующая указанной выше границе дальней зоны, оказывается недостаточной. В этом случае максимально допустимый размер измеряемых антенн соответственно уменьшается.

Основой аппаратуры стенда является измерительная система *HP 85301B*. Измерительный приемник выполнен на базе векторного анализатора цепей, что позволяет производить не только амплитудные, но и фазовые измерения. Для синхронизации и управления удаленным передатчиком используется HP-IB связь посредством волоконно-оптической линии. Использование схемы с опорным каналом повышает временну́ю стабильность и точность измерений. Удается обеспечить относительную погрешность измерения амплитуды в пределах 0,1 дБ, фазы – менее 1°.



Антенна диаметром 3,8 м на испытаниях в БЭК

Принцип использования выносных смесителей позволяет максимально приблизить их к измеряемой и опорной антеннам и, тем самым, избежать больших омических потерь, а также погрешностей из-за изгибов и деформаций высокочастотного тракта при поворотах антенны. Базовая комплектация измерительной системы *HP 85301B* обеспечивает измерения в частотном диапазоне от 2 ГГц до 20 ГГц. Проведенная доработка измерительного стенда и комплектация его дополнительными субгармоническими смесителями позволила расширить частотный диапазон измерений до 110 ГГц.



Измерение характеристик радиопрозрачного обтекателя (имитируется фрагмент фюзеляжа самолета), установленного на опорно-поворотном устройстве стенда

Одной из главных составных частей стенда антенных измерений является прецизионное опорно-поворотное устройство (ОПУ), конструкция которого была разработана в ОАО "Радиофизика" специально для использования в большой безэховой камере. ОПУ имеет подъемную фиксирующую каретку и позволяет позиционировать измеряемую антенну и изменять ее угловое положение в ручном режиме или по программе. ОПУ обеспечивает повороты измеряемого объекта вокруг трех осей: азимутальной, угломестной и полярной, а также линейные перемещения в продольном направлении и по высоте. Погрешность отсчета углов составляет менее 1 угловой минуты по каждой из осей. Масса измеряемого объекта - до 300 кг. Рабочая высота подъема планшайбы для крепления объекта – 6 м. Имеются также ОПУ меньших размеров, что позволяет оптимизировать конфигурацию стенда в зависимости от типа, конструкции и размеров измеряемого объекта.

Для юстировки антенн в необходимых случаях применяются оптические средства (теодолит, трубка холодного прицеливания, лазер, зеркальный кубик и т.д.).

Специальные контроллеры, разработанные в ОАО "Радиофизика", обеспечивают проведение антенных измерений в автоматическом режиме. Задание параметров режима и

управление процессом измерений производится оператором из аппаратной. У него есть возможность дистанционно управлять угловым положением вспомогательной передающей антенны, имеются также средства видеоконтроля.

В процессе измерения диаграммы направленности антенны информация об амплитуде и фазе измеряемого сигнала поступает с выхода измерительного приемника через контроллер в компьютер. Одновременно с датчиков ОПУ стенда подается информация об угловом положении измеряемой антенны. Программное обеспечение стенда позволяет оперативно обработать накопленные файлы информации и выдать на экран дисплея соответствующие графики, удобные для последующей обработки и протоколирования.

В создании и совершенствовании антенного измерительного стенда активное участие приняли сотрудники предприятия Денисенко В.В., Жучков В.Д., Медухин А.А., Рябой Б.Г., Селиванов Н.Л., Смирнов В.В., Сусеров Ю.А., Тоболев А.К., Шитиков А.М.



Сотрудники антенного отдела
Сусеров Ю.А. (на переднем плане) и Медухин А.А.

Измерение диаграмм направленности в зоне Френеля

Метод определения диаграммы направленности антенны на основе измерений поля в промежуточной зоне (зоне Френеля) для антенн с двумерными апертурами был разработан в ОАО "Радиофизика" с целью расширения возможностей измерения антенн в большой безэховой камере [Виленко И.Л., Медухин А.А., Сусеров Ю.А., Тоболев А.К., Шишлов А.В. Восстановление диаграммы направленности антенны по измерениям в зоне Френеля на стенде для измерений в дальней зоне. – «Антенны», 2005, № 1].

Метод особенно эффективен в случае, когда уже имеется антенный стенд для измерений методом дальней зоны с набором соответствующей аппаратуры и оборудования, но длина трассы ограничена (например - размером безэховой камеры). Метод имеет следующие особенности:

– Длина измерительной трассы может быть существенно меньше расстояния дальней зоны антенны.

– При измерениях не требуется дорогостоящий механический сканер (как в методе ближней зоны), а нужно лишь поворотное устройство с точным отсчетом углов, аналогичное тому, что применяется для измерений методом дальней зоны.

– Так же как в методе ближней зоны, измеряется не только амплитуда, но и фаза поля.

– Разработанный алгоритм восстановления диаграммы направленности не требует измерений поля на всей сфере в зоне Френеля, а позволяет получить контролируемую погрешность при минимальном объеме измерений в нескольких сечениях, прилегающих к восстанавливаемому сечению диаграммы направленности.

Математическое обоснование метода и его экспериментальная отработка были выполнены сотрудниками антенного отдела Виленко И.Л., Медухиным А.А., Сусеровым Ю.А., Тоболевым А.К., Шишловым А.В. Метод разработан применительно к антеннам, дальняя зона которых находится за пределами БЭК, а граница промежуточной зоны – внутри нее. Использование метода позволяет измерять антенны в 4-5 раз большего размера, чем при использовании метода дальней зоны.

Известно, что диаграмма направленности антенны в дальней зоне может быть представлена в виде разложения по диаграммам поля в зоне Френеля. Для определения одного сечения диаграммы направленности в дальней зоне необходимо измерить несколько сечений в зоне Френеля: сечение с теми же угловыми координатами, а также несколько соседних сечений, отстоящих друг от друга на некоторое угловое расстояние. В этих сечениях расположены *стационарные точки* разложения множителя пересчета поля из промежуточной зоны в дальнюю зону. Для получения амплитудной диаграммы направленности в дальней зоне требуется измерять и учитывать при расчетах не только амплитудные, но и фазовые диаграммы направленности поля в зоне Френеля.

Численный эксперимент показал, что правильный выбор числа сечений обеспечивает погрешность восстановления диаграммы направленности не более ~1 дБ в динамическом диапазоне 25 дБ и ~3 дБ динамическом диапазоне 60 дБ. При увеличении числа сечений на два (по одному с каждой стороны от восстанавливаемого сечения) погрешность уменьшается до 1 дБ в динамическом диапазоне 60 дБ, что, как правило, существенно меньше аппаратурной погрешности измерений. Проведенное численное моделирование и результаты эксперимента показывают, что метод дает приемлемую точность даже при уменьшении длины трассы вплоть до нижней границы зоны Френеля.

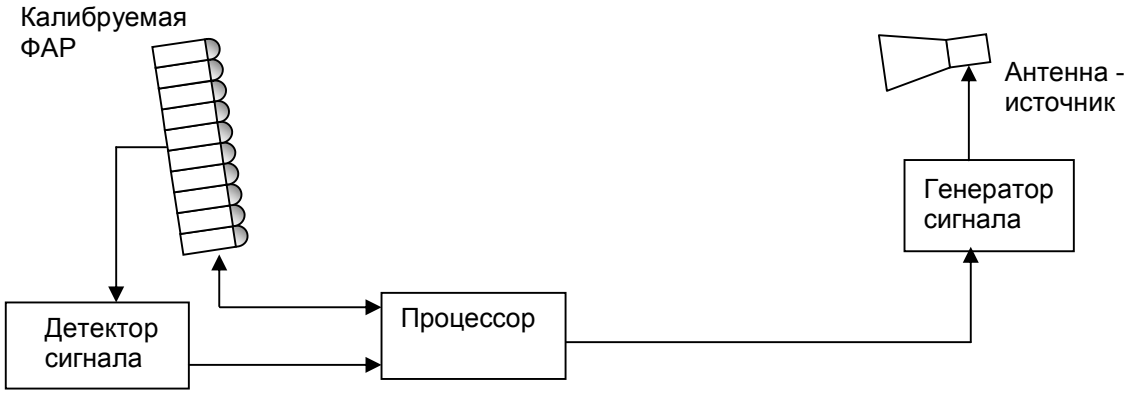
С помощью этого метода в безэховой камере ОАО "Радиофизика" при длине трассы до 80 м был испытан ряд связных зеркальных антенн, среди которых: антенна диаметром 3,8 м диапазона 4/6 ГГц, антенна Грегори с размером апертуры 2,4 м диапазона 11/14 ГГц, офсетная антенна размером 1,8 м, работающая в диапазонах до 23 ГГц, ряд антенн миллиметрового диапазона волн.

Развитие методов и средств автоматизированной калибровки фазированных антенных решеток

Калибровкой фазированной антенной решетки (ФАР) обычно называют процесс определения параметров ее каналов, необходимых для использования в алгоритмах диаграммоформирования. Разработка ФАР со строго заданными параметрами каналов технически возможна, но требует больших затрат. Измерение параметров каналов вручную также получается накладным, особенно для случая многоканальных ФАР. Таким образом, разработка и развитие автоматизированных методов калибровки становится актуальной, и особенно в настоящее время, когда ФАР получают все большее распространение в радиотехнических системах.

Разработка алгоритмов и методов калибровки ФАР в ОАО "Радиофизика" имеет давнюю историю и связана с такими именами, как Бубнов Г.Г. и Шубов А.Г. В последнее десятилетие, в связи с бурным развитием вычислительной техники, методы калибровки, а также диагностики ФАР на нашем предприятии получили дополнительное развитие. Имеется опыт калибровки широкого спектра систем в разных условиях – активных и пассивных ФАР, аналоговых и цифровых, по эфиру и по контрольному сигналу.

Автоматическая калибровка ФАР обычно производится методом переключений. Сигнал от антенны-источника через эфир подается на калибруемую ФАР. Процессор, в роли которого обычно выступает персональный компьютер, управляет фазовым распределением в раскрыве ФАР, измеряя при этом уровень сигнала с выхода ФАР с помощью цифрового детектора. Уровень и частота сигнала устанавливаются с помощью управляемого генератора. Проведя измерения для различного набора фазовых распределений, можно вычислить параметры любого канала, осуществив, таким образом, калибровку ФАР.



Блок-схема стенда, используемого для калибровки ФАР

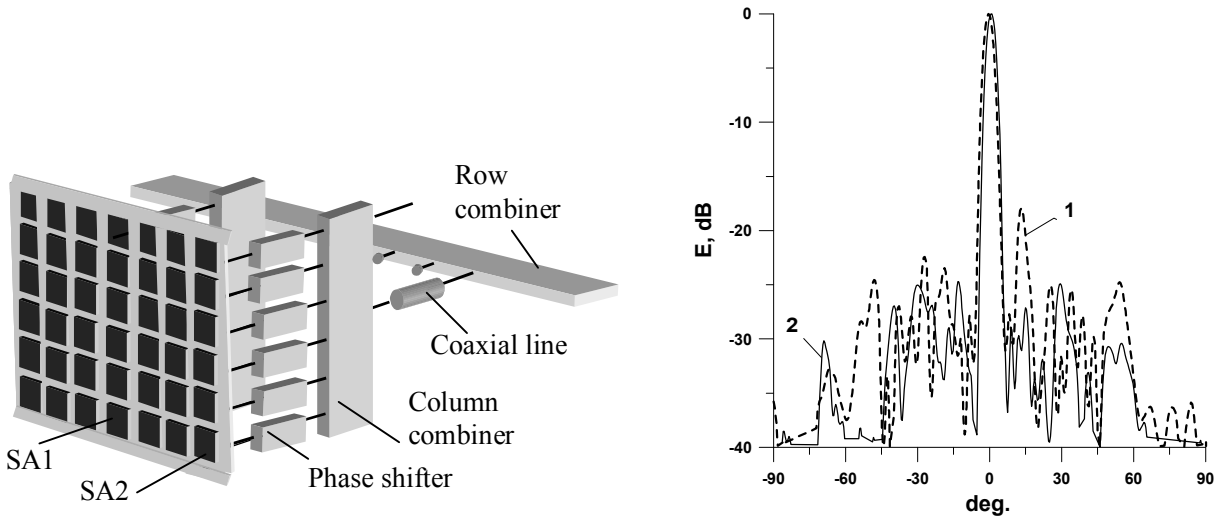
Рисунок представляет собой базовую схему организации измерений, но в каждом конкретном случае возможны (и неизбежны) доработки схемы управления аппаратурой стенда под конкретную архитектуру антенны. В частности, практически всегда необходимо разрабатывать программное обеспечение для управления антенной.

Возможны различные варианты управления фазовым распределением в раскрыве ФАР, различные варианты расположения антенны – источника, а также различные способы восстановления параметров каналов по результатам измерения поля антенны. В настоящее время на предприятии обычно используется расположение антенны-источника на достаточном удалении от калибруемой антенны. Это позволяет производить калибровку без пересчета фазовых набегов в дальнюю зону, а размеры БЭК этому вполне благоприятствуют. Используется поэлементное управление фазовращателем каждого канала, при котором он последовательно переключается во все возможные состояния. Выходной сигнал антенны при этом колеблется относительно среднего значения, и по размаху и форме этих колебаний, используя относительно несложные формулы, можно определить амплитуду и фазу коэффициента передачи отдельно взятого канала.

Один из первых автоматизированных стендов для калибровки ФАР был создан на нашем предприятии в конце 1990-х годов.[A.G. Shubov, S.A.Ganin, A.M. Shitikov, A.V. Shishlov. ‘Limit of accessible antenna array efficiency under their calibration by means of switching method’. Proceedings of the Nordic Antenna Symposium, Lund, Sweden, 12-14 September 2000, pp.229-230.]. Стенд был предназначен для калибровки антенны, состоящей из 192 элементов, организованных в 32 столбца по 6 элементов. Был разработан метод, позволяющий «отключать» сигнал любого столбца или всех столбцов, для этого одна тройка элементов столбца устанавливалась в противофазе другой тройке. Вначале производилась калибровка элементов в каждом столбце, затем столбцы фазировались между собой попарно (два столбца фазировались при «отключенных» остальных). Архитектура и схема управления АФАР, а также алгоритмы калибровки, фактически позволили свести задачу к калибровке антенны с не более чем шестью элементами.

На рисунке представлен фрагмент решетки, а также экспериментальные диаграммы направленности АФАР до (1, пунктир) и после (2, сплошная линия) калибровки. Видно, что калибровка позволила улучшить форму ДН, существенно снизив ее боковое излучение. Стенд, организованный для калибровки этой антенны, был довольно простым и мало

отличался от базовой схемы, описанной выше. В дальнейшем на предприятии был получен опыт решения более сложных задач. В частности, производилась калибровка 19-канальной цифровой фазированной антенной решетки, формирующей 7 лучей [B.J.Ku, J.M.Park, D.S.Ahn, A.V. Shishlov, A.M. Shitikov, S.A.Ganin, A.G. Shubov, "Multi-Beam and Multi-Faced DBF Antenna for HAPS (High Altitude Platform Station)," *Telecommunications Review,* vol. 12, no.5, pp. 756-769, 2002, 10.], также разработанной на нашем предприятии.

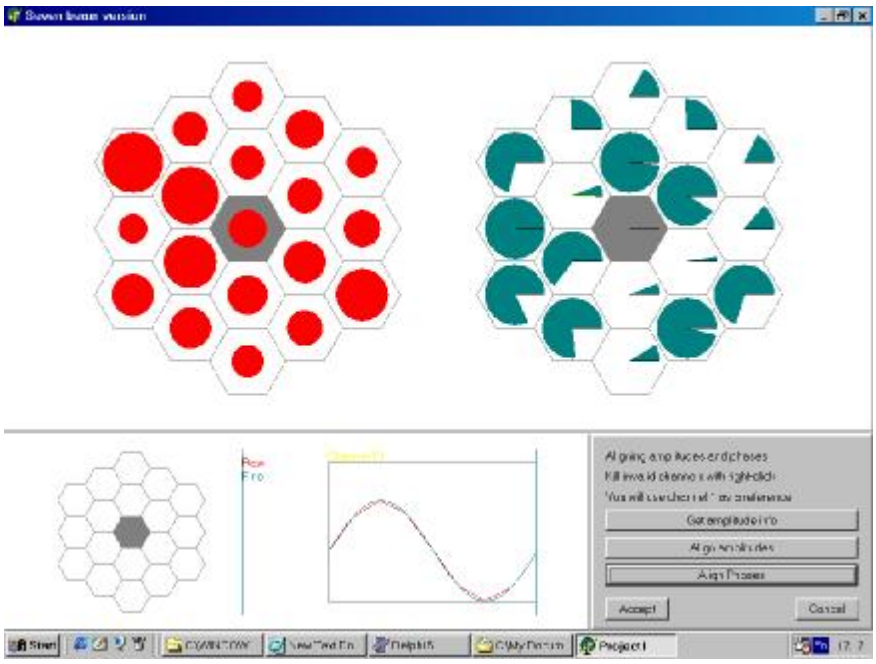


Калибровка 192-элементной антенны

Диаграмма направленности цифровой антенной решетки формируется в результате синхронной работы нескольких процессоров, обрабатывающих потоки данных, получаемых от оцифровщиков, установленных в каждом канале. Потоки данных, соответствующих выходным лучам, должны передаваться во внешнее устройство (модем), и при этом стык антенна-модем должен разрабатываться исходя из требований, предъявляемых к системе связи. В связи с этим, использование аналогового детектора сигнала, как это показано на схеме выше, становится невозможным. Кроме того, вместо одного луча, калибровка и измерение ДН должны производиться для всех семи выходных лучей системы. Все это требует разработки архитектуры антенны, цифрового диаграммоформирователя и системы управления антенной так, чтобы можно было осуществлять ее калибровку и измерение ДН.

Фактически это означает использование в системе дополнительного канала вывода данных, которые могут быть использованы при калибровке. Это в дальнейшем позволяет производить ре-калибровку системы в процессе штатной эксплуатации.

Для испытаний указанной ЦАФАР была разработана распределенная система на базе сети Ethernet, а также специализированное программное обеспечение, предназначенное для управления системой в различных режимах работы. На рисунке ниже показан внешний вид экрана программы калибровки, при этом диаметр круга в левой части экрана показывает амплитуду коэффициента передачи канала, а угол сектора справа – фазу.



Программа управления цифровой антенной в процессе настройки и калибровки

На предприятии также имеется опыт калибровки многоэлементных ФАР с числом элементов более 3500 [Многоэлементная ФАР Ка-диапазона волн. В.В.Денисенко Ю.Б.Дубров, Ю.Б.Корчемкин, В.А.Макота, А.М.Николаев, А.А.Толкачев, А.М.Шитиков, А.В.Шишлов, А.Г.Шубов – Москва, Антенны № 1(92), 2005; Опыт использования в многоканальных фазированных антенных решетках поэлементных методов калибровки без применения фазометрической аппаратуры. Бондарик А.В., Шитиков А.Н., Шубов А.Г. – Москва, Антенны № 1, 2005.].

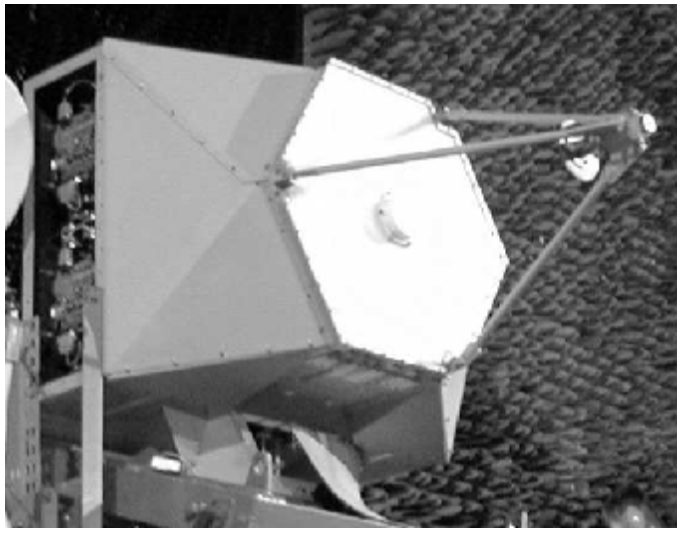


АФАР сантиметрового диапазона в процессе калибровки и измерения диаграмм направленности

При калибровке многоэлементных антенн методом переключений основной проблемой является то, что вариации сигнала при управлении фазовращателем канала практически незаметны на фоне суммарного сигнала антенны. В связи с этим, полотно антенны должно быть предварительно расфазировано так, чтобы суммарный сигнал соответствовал сигналу 5-15 каналов. Это, прежде всего, предъявляет требования к аппаратуре стенда, использующейся для калибровки – полный динамический диапазон составляет более 50 – 60 дБ, хотя он и может состоять из нескольких участков меньшего диапазона.

Также это предъявляет особые требования к алгоритму калибровки, который должен вначале подготовить фазовое распределение, автоматически подавив сигнал антенны до нужного уровня, а затем провести поэлементную калибровку антенны.

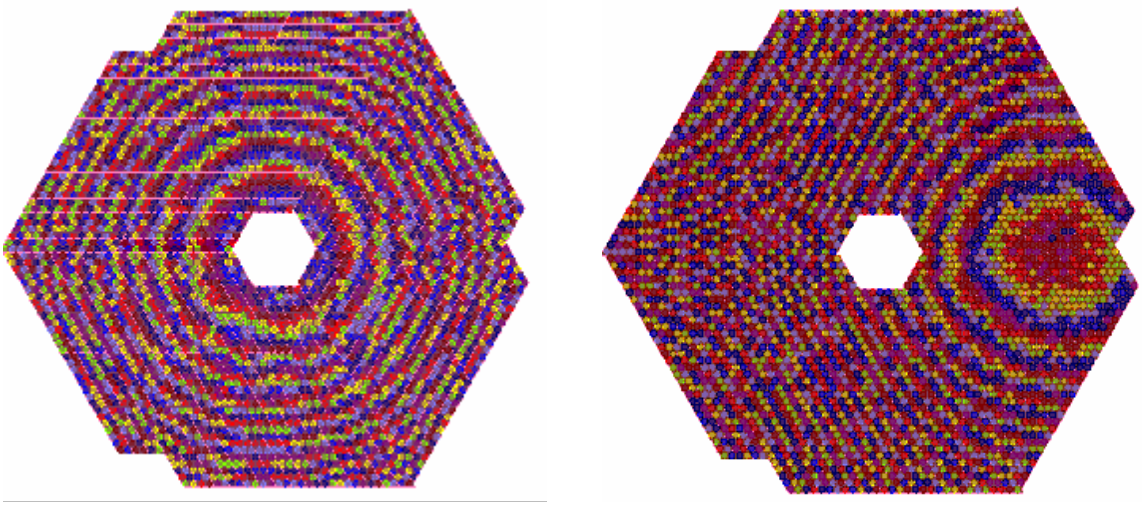
Для решения этих проблем было разработано специализированное программное обеспечение по управлению антенной, решающее задачи калибровки, а затем измерения ДН. Ниже показана антенна, установленная на опорно-поворотное устройство, а также излучающее полотно такой антенны. На следующем рисунке изображен результат работы ПО - картина фазового распределения в апертуре антенны для случаев осевого и отклоненного луча. Фазовое распределение формируется по результатам калибровки, кружками показано расположение излучателей, а цветом – фазовое состояние фазовращателя канала.





Многоэлементная фазированная антенная решетка

Видна отчетливая кольцевая структура, объясняющаяся выбранной оптической схемой возбуждения полотна – форма фазового фронта первичного облучателя в раскрыве близка к сферической. Вместе с тем, наблюдается размытость картины и шум, который объясняется неравенством фазовых длин каналов антенны. Особенно заметно это на правом рисунке, представляющем фазовое распределение при отклонении луча к границам зоны обслуживания.



Формирование фазового распределения в апертуре антенны по результатам калибровки

Таким образом, наличие уникальной безэховой камеры, имеющееся стендовое оборудование и разработанные методики измерений позволяют проводить калибровку ФАР, а также весь комплекс работ по измерению параметров антенн различного типа, в том числе крупногабаритных, в динамическом диапазоне до 60 дБ с высокой точностью и независимо от погодных и климатических условий. Такое качество измерений практически невозможно обеспечить в условиях открытого полигона или при измерениях по спутнику.

7. РАЗРАБОТКА МОЩНЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ РЛС

В течение многих десятилетий после изобретения радиолокации передающие устройства разрабатывались, в основном, по одноканальной или малоканальной схеме. Наращивание импульсной мощности и энергии импульса достигалось за счёт разработки и внедрения всё более мощных выходных электровакуумных приборов. При относительной схемной простоте, эти передающие устройства становились всё более сложными технологически, что явилось одной из основных причин ограничения их энергетических возможностей. По-видимому, наиболее мощные представители этого типа устройств были разработаны по инициативе Кисунько Г.В. (РЛС системы ПРО А-35, РЛС «Истра» и др.). В частности малоканальный передатчик РЛС «Истра» обеспечивал импульсную мощность 120 мегаватт и энергию в импульсе 720 джоулей.

Параллельно с этим шло развитие школы создания распределённых передатчиков, где каждый выходной прибор запитывает один (РЛС «Дарьял») или несколько элементов антенны (РЛС «Неман», РЛС «Дон»). Схемно такие передатчики были более сложны и дорогостоящи. Развитие техники относительно более дешёвых твёрдотельных приборов дало мощный импульс для развития распределённых передающих устройств. Выходные каскады передатчиков стали элементами антенн (передающие АФАР). Такие схемы позволяют радикально улучшить эксплуатационные характеристики РЛС, однако их применение ведёт к быстрому росту стоимости и снижению эффективности с переходом к более высокочастотным диапазонам. В настоящее время предельной частотой, где могут использоваться подобные схемы мощных устройств, по-видимому, является частота 10 ГГц.

В этой связи, в мощных РЛС миллиметрового диапазона волн по-прежнему используются малоканальные передающие устройства. Важным условием, позволяющим создавать эффективные устройства в этом диапазоне длин волн, явилось применение гироприборов. Эти приборы разрабатывались первоначально для разогрева плазмы и других физических экспериментов и, в соответствии с требованиями к этим работам, были генераторного типа. Первое применение гироприборов в РЛС произошло в СССР (РЛС «Руза») и привело, в дальнейшем, к разработке целого ряда приборов усилительного типа (гироклистронов, гиротвистронов, гиро-ЛБВ) и широкому использованию в РЛС длинноволновой и коротковолновой части миллиметрового диапазона длин волн (РЛС «Warlock», РЛС «Husir»).

В настоящей главе приводятся очерки, посвящённые истории развития техники создания мощных малоканальных передающих устройств сантиметрового и миллиметрового диапазонов волн. В этих работах, как нигде больше, переплелись усилия НИИ радиоприборостроения (НИИРП) и НИИ радиофизики (НИИРФ).

7.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ОТДЕЛА РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Денисенко В.В., Доминюк Я.В.

Днем рождения подразделения радиопередающих устройств в КБРП является 1 апреля 1980 года. В этот день Владимир Иванович Кияко был переведен из НИИРП в КБРП и назначен начальником вновь образованного сектора. В НИИРПе Кияко был заместителем начальника лаборатории в отделении радиопередающих устройств. Он активно участвовал в разработке передатчика установки «ТОР-1» и перешел в КБРП вместе с отделением Ушакова О.А. Из других подразделений КБРП в сектор радиопередающих устройств были переведены

Бондаренко В.Ф., Маланов В.Б. и Гераскин И.В. Отделу кадров было поручено осуществлять укомплектование сектора на приоритетной основе.

Задача создания подразделения фактически с нуля была в 1980-е годы чрезвычайно сложной. Готовых специалистов, как в годы создания СКБ-38, приглашать было неоткуда. Зарплаты в институтах СССР к этому времени выровнялись, а возможности предоставлять жилье в массовом порядке у Бубнова уже не было. Свои кафедры выпускали инженеров по другим специальностям. Поэтому укомплектование сектора шло всеми возможными способами: принимали на работу любых специалистов близкого профиля, приглашали выпускников и аспирантов МФТИ разных факультетов, проводили работу по распределению в КБРП студентов московских институтов требуемой специальности. Обучать приходящих молодых специалистов технике радиопередающих устройств, кроме Кияко, также было некому. Владимир Иванович был хорошим специалистом в СВЧ-технике. Он был прекрасным инженером-практиком, имел много изобретений. Но Кияко не имел опыта разработки, например, модуляторных устройств. Да и в одиночку много сотрудников не обучишь.



Кияко В.И.

Пятым сотрудником сектора стал Денисенко В.В., принятый на работу в ноябре 1980 года после окончания аспирантуры МФТИ (факультет Физической и квантовой электроники, ФФКЭ) и защиты кандидатской диссертации. Дальше набор инженеров в сектор проходил ускоренными темпами, в среднем по 1 человеку в месяц. Некоторые сотрудники не находили своего места в подразделении и быстро увольнялись, так что имело место явление, называемое «текучкой кадров». В 1981 году на работу были приняты еще двое выпускников МФТИ, опять-таки с ФФКЭ, Макаров А.В. и Китаев С.М.

При реорганизации КБРП в НИИРФ сектор вошел в состав НИО радиотракта во главе с Жигулиным Л.Н. В отделении был образован отдел радиопередающих устройств, состоящий из двух секторов: сектора Кияко В.И. и сектора Борисова А.Ю. (6-7 человек). В сектор Борисова были собраны специалисты разных подразделений КБРП, ранее, естественно, радиопередающими устройствами не занимавшиеся. В их числе оказался Васильев В.Н., в прошлом руководитель радиокомплекса. Кияко исполнял обязанности начальника отдела. К концу 1981 года в секторе Кияко было уже более 10 человек, и он стал реальной производственной единицей. В секторе было образовано две группы: группа СВЧ-техники под руководством Денисенко и группа модуляторов. К сожалению, в группе модуляторов в течение 6 лет так и не нашлось хорошего специалиста, который стал бы лидером. Поэтому в отделе радиопередающих устройств до 1987 года не удалось организовать отдельный сектор по разработке модуляторов.

Отдел радиопередающих устройств был создан для выполнения работ по тематике, переданной в КБРП из НИИРП и возглавляемой Ушаковым О.А. В этой тематике были разные направления, по двум из которых требовалась разработка радиопередающих устройств.

Первое направление было связано с созданием экспериментального комплекса с модульной ФАР для излучения управляемых пучков СВЧ-энергии. Комплекс должен был представлять собой поле, заполненное контейнерами с СВЧ-передатчиками и модулями ФАР сантиметрового диапазона волн. Энергетика должна была обеспечить поражение всех пролетающих в зоне видимости комплекса объектов. В такой постановке задачи радиопередающее устройство становилось основным элементом, определяющим характеристики комплекса. Передающее устройство определяло потребляемую энергию, выделяемую энергию, которую следовало отводить, массу контейнера и, вместе с антенной, стоимость контейнера. Конструкция контейнера также в основном определялась радиопередающим устройством.

В 1970-е годы в НИИРП был разработан 192-х канальный передатчик для стенда «ТОР-1». Для усиления СВЧ-мощности использовался клистрон «Верба», разработанный в НИИ «Титан», обеспечивающий выходную мощность 100 кВт в непрерывном режиме. Для комплекса предполагалось разработать специальный клистрон с выходной мощностью 250 кВт в режиме длинного импульса. Концептуальной проблемой создания комплекса была проблема электропитания. Во время импульса энергопотребление комплекса было сопоставимо с энергопотреблением большого города. Столь больших резервов энергии в районах, которые бы следовало защищать, не было. Поэтому предусматривался набор накопителей энергии, который должен был за время между импульсами накопить требуемую энергию, а во время импульса обеспечить питание передатчиков.

Другой сложной технической проблемой было обеспечение синфазности работы тысяч передающих каналов, разнесенных на расстояние около 1 км. Клистроны обладают сильной зависимостью электрической длины от напряжения питания и большим разбросом электрических длин между собой. Поэтому требуется выравнивание фаз всех выходных сигналов клистронов. Прокладка опорных трактов к каждому контейнеру не решает проблемы, поскольку поддержание постоянных электрических длин километровых трактов в условиях открытой местности представляет столь же сложную задачу. Для решения этой проблемы Кияко предложил использовать явление постоянства в линии связи суммы фаз двух распространяющихся навстречу друг другу сигналов. При запитке линии связи с двух сторон когерентными сигналами одной и той же частоты сумма их фаз в каждый момент времени будет одной и той же по всей длине линии. Вдоль линии располагаются абонентские терминалы, формирующие сигнал с фазой, равной сумме фаз сигналов в линии в месте подключения абонентского терминала. Поскольку эта величина постоянна во всех точках линии, независимо от ее электрической длины, выходные сигналы всех абонентских терминалов синфазны. Таким образом, предполагалось сформировать синфазные опорные сигналы в разных частях комплекса. К этим сигналам, в свою очередь, должны были быть привязаны выходные сигналы ближайших контейнеров. По этой тематике сотрудниками отдела было сделано более 10 изобретений.

В 1982 году был защищен эскизный проект комплекса, и началась разработка макета контейнера. Своими силами отдел радиопередающих устройств с такой сложной задачей справиться не мог. Наибольшую проблему представляла разработка модуляторного устройства с соответствующими накопителями. В СССР все предприятия были как бы полностью загруженными и от работ старались отказываться. С большим трудом удалось найти предприятие, согласившееся выполнить разработку модулятора. Этим предприятием стал НИИ Постоянного тока Минэнерго в Ленинграде (НИИПТ). Разработка выполнялась в большой лаборатории Галанова В.И. Руководителем разработки был Форсилов В.И. – высококвалифицированный инженер, сотрудничество с которым было всегда приятным и успешным. В течение двух лет разработка модулятора поэтапно была выполнена.

К концу 1983 года в секторе Кияко было уже более 15 сотрудников. В октябре Кияко был назначен начальником отдела, а в начале следующего 1984 года Денисенко был назначен начальником сектора. В секторе в это время сформировались три группы: СВЧ-устройств (Макаров А.В.), модуляторов (Хоботов Л.П., Баранов В.З.) и управления передатчиками (Шалденков Ю.Е., Зубенко А.В.). Вскоре в секторе появились еще два кандидата наук. Батраченко Г.П. был переведен из антенного отдела и стал курировать разработку сегнетоэлектрического фазовращателя, которая выполнялась группой предприятий в Ленинграде. Ивакин О.А. был принят со стороны и стал руководителем четвертой в секторе группы по разработке криогенного оборудования. Сектор Борисова в это время в сотрудничестве с Харьковским политехническим институтом проводил исследования возможности создания высокочастотных накопителей энергии.

Изготовителем макета передающего устройства решением ВПК был определен Днепровский машиностроительный завод Минрадиопрома. Конструкторскую документацию поручено было выпустить заводскому КБ. Начались месяцы жизни в Днепропетровске.

Временами там оказывалось более половины сотрудников сектора Денисенко. Регулярно приезжали в Днепропетровск представители НИИПТ. В 1985 году выпуск документации был завершен, но завод браться за изготовление макета не спешил. В конце 1986 года объем работ по СВЧ-энергетике был резко сокращен и вопрос изготовления макета контейнера был снят с повестки дня.

Вторым направлением работ в отделе радиопередающих устройств было исследование возможности создания сверхмощного передатчика для космической локационной станции (КЛС). КЛС должна была работать в диапазоне частот поглощения молекул воды в атмосфере (около 60 ГГц) и обеспечивать обнаружение целей на темном в этом диапазоне фоне Земли. Гигантомания, имевшая место в комплексе 90М6, в не меньшей мере проявилась и здесь. Импульсная мощность передатчика должна была составлять около 1 МВт. Подобные мощности могли обеспечить только приборы гиротронного типа, да и то, работая в составе многоканального передатчика. В эскизных проектах описывалась система из 7 усилительных гироклистронов, расположенных в узлах гексагональной сетки и возбуждающих антенные модули ФАР. Несмотря на то, что этот проект и в наше время представляется фантастикой, в его рамках были выполнены отдельные успешные ОКР, которые продвинули вперед технологии миллиметрового диапазона длин волн. Недостаточная продуманность работ и обещания высоких результатов характерны для работ Ушакова О.А. и характеризуют, по-видимому, снижение технического уровня и грамотности руководителей наметившиеся в последние годы Советской власти.

Гироприборами называются приборы, в которых генерация мощности происходит при взаимодействии электромагнитного поля с движущимся в сильном магнитном поле по спирали электронным пучком. Пионером в области гиротронных приборов в СССР был (да и остается сейчас) Институт проблем физики (ИПФ АН СССР) в Нижнем Новгороде. Первоначально гиротроны были разработаны для разогрева плазмы в установках типа «Токамак», затем нашли и другие применения. Из усилительных приборов гиротронного типа распространение получили гироклистроны и гиро-ЛБВ, названные так, из-за сходства принципа работы с обычными клистронами и ЛБВ. ИПФ еще с 1970-х годов участвовал в работах по тематике Ушакова в части разработки релятивистских СВЧ-генераторов. Поэтому обращение в ИПФ за содействием в создании передатчика на гироклистроне было естественным и встретило понимание со стороны его сотрудников. Большую поддержку этим работам оказывал заместитель директора ИПФ Флягин В.А.

С помощью ИПФ в период с 1983 по 1986 год в НИИРФ был спроектирован и изготовлен опытный передатчик на гиротроне диапазона 60 ГГц с выходной импульсной мощностью 100 кВт. Передатчик представлял собой сооружение в виде огромного шкафа с гиротроном в криостате в средней части. В шкафу также располагался высоковольтный модулятор, источники питания и блоки управления. Для защиты от рентгеновского излучения в стенки шкафа были установлены толстые свинцовые пластины. Собственно гиротрон был разработан в НИИ «Салют» (Нижний Новгород) по теме «Браслет» под руководством прекрасного специалиста Богданова С.Д. Первый прибор был генераторным, а за ним началась разработка гироклистрона.

Как уже указывалось, для работы гиротрона требуется сильное магнитное поле, величина которого определяется частотой сигнала и растет с ее увеличением. Создание магнитных полей требуемой величины возможно только с помощью сверхпроводящих соленоидов. До открытия высокотемпературной сверхпроводимости единственно возможным решением было помещение соленоида в гелиевый криостат. Для разработки криогенных устройств в секторе Денисенко была сформирована группа под руководством Ивакина, позже выделившаяся в отдельный сектор. В 1984-1986 годах разработкой соленоидов и криостатов по заданию НИИРФ занималось СКТБ Донецкого физико-технического института. Был разработан очень экономичный криостат, требующий дозаправки небольшим количеством гелия раз в неделю. Предполагалось, что этот криостат станет прообразом будущего космического криостата.

В 1985 году в состав сектора Денисенко была включена группа Рахманова К.А., занимавшаяся разработкой вторичных источников питания. В 1986 году численность сектора составляла около 25 человек. В конце 1986 года в отделе радиопередающих устройств произошли большие изменения. В октябре Денисенко был назначен начальником отдела фидерных устройств, а начальником сектора вместо него стал Макаров А.В. В декабре сектор Борисова был переведен в МРТИ вместе с тематикой Ушакова. Кияко с сектором Макарова в начале 1987 года были переведены во вновь образованное отделение передающих устройств, в котором стали основой одного из отделов. Разработки передатчиков для энергетических комплексов были прекращены. Химкинская территория НИИРФ, на которой располагался опытный передатчик на гиротроне, отошла вместе с оборудованием к МРТИ и работы с ним были также прекращены. К счастью полученный опыт работы не пропал, а был использован при создании передатчика на гироклистронах станции «Руза».



Макаров А.В.

Работы отдела радиопередающих устройств в 1981-1986 годах в силу вышеуказанных причин не получили завершения. Однако в эти годы был создан дееспособный коллектив разработчиков и сформирована опытно-экспериментальная база отдела. В результате вместе с пришедшими из НИИРП сотрудниками удалось образовать сильное подразделение, за спиной которого много успешных разработок. Многие сотрудники из первого состава отдела (включая Кияко и Макарова) уволились в лихие 1990-е годы. Сейчас из этого состава в отделении передающих устройств остались двое сотрудников: Зубенко А.В. и Беловодский О.В. Оба они давно стали ведущими инженерами и хорошими специалистами в своей области.

В 1987 году из НИИ радиоприборостроения в НИИ радиофизика были переведены 20 человек под руководством Колоса В.И. из отделения передатчиков, 5 человек из антенного отделения и 2 человека из отделения приёмников. На основе отдела Кияко В.И. и перешедших из НИИРП сотрудников в том же году было создано НИО-5 под руководством Колоса В.И. В НИО было создано три отдела: отдел приёмо-передающих фазируемых антенных модулей под руководством Доминюка Я.В., отдел передающих устройств под руководством Кияко В.И. и отдел первичного и вторичного питания под руководством Алексеева А.С. Общая численность НИО составила 100 человек.

Отделу передатчиков было поручено ведение работ по передающему устройству радиолокатора «Руза». На этот момент конструкторская документация на устройство была разработана. Было принято решение о запуске в производство на Днепровском машиностроительном заводе (ДМЗ). Отделу пришлось провести большую работу по сопровождению заказа на заводе. Аппаратура была изготовлена за 1,5 года и отгружена на объект монтажа. Помимо ДМЗ в изготовлении была задействована большая кооперация:

– НИИ «Титан» – в части предвыходного и выходного гироклистронов, модуляторных триодов «Такт»;

– КБ завода «Знамя» – в части входной ЛБВ;

– НИИ «Орион» – в части второй ЛБВ;

– НИИ «Гелиймаш» – в части криостатов и системы запитки жидким гелием и азотом;

– Московский электрозавод – в части высоковольтных трансформаторов.

Отдел передатчиков совместно с монтажным управлением ДМЗ осуществлял монтаж аппаратуры и настройку. Объём аппаратуры был 15 шкафов. О сложности аппаратуры говорит хотя бы тот факт, что максимальное напряжение составляло 80 кВ.

Наибольшие трудности были в обеспечении нормального функционирования системы запитки жидким гелием четырёх криостатов сверхпроводящих соленоидов. Подобная система была создана впервые в мире. В силу несовершенства технологии изготовления отдельных элементов этой системы проблема надёжной её работы так и не была окончательно решена.

Передающее устройство, несмотря на все трудности, было запущено в эксплуатацию.

Отдел Доминюка Я.В. приступил к разработке приёмо-передающего фазируемого антенного модуля для радиолокатора миллиметрового диапазона волн «Самара» с широкоугольным сканированием. Модуль состоял из:

– антенного блока, представлявшего собой пассивную фазированную решётку отражательного типа с 3600 ферритовыми фазовращателями и схемами управления;

– приёмного блока на основе малошумящего транзисторного усилителя «Оконто»;

– передающего блока на основе ЛБВ «Шаблон» с выходной импульсной мощностью 2,5 кВт;

– блока вычисления фазового распределения;

– системы терморегулирования.

Конструкторская документация на ППФАМ была разработана отделом Глезермана Е.В.

Изготовление ППФАМ было размещено на Чистопольском часовом заводе (ЧЧЗ). Завод до этого выпускал часы «Командирские» и выпуском радиоаппаратуры никогда не занимался. Но под руководством ЧКТБ «Вектор» (директор Классен В.И.) на заводе было освоено производство радиоаппаратуры и изготовлено три образца ППФАМ. Их испытания были проведены в НИИРФ и были достигнуты все требования ТЗ.

В 90-е годы численность НИО уменьшилась до 15 человек. В настоящее время численность НИО составляет 30 человек. Коллектив не утерял способности разрабатывать мощные передатчики на вакуумных усилительных и генераторных приборах. В числе последних разработок можно отметить:

– передающий блок с выходной мощностью 3 кВт в 8-мм диапазоне длин волн на основе ЛБВ;

– передающее устройство с выходной мощностью 150 кВт в 3-мм диапазоне длин волн на основе гиротрона;

– передающее устройство с выходной мощностью 200 кВт в 8-мм диапазоне длин волн на основе гироклистрона;

– передающий блок с выходной мощностью 200 Вт в 8-мм диапазоне длин волн на основе ЛБВ;

– передающий блок с выходной мощностью 1 кВт в 8-мм диапазоне длин волн на основе ЛБВ;

– передатчик с выходной мощностью 500 Вт в 10-см диапазоне длин волн на основе ЛБВ;

– передатчик с выходной мощностью 1500 Вт в 3-см диапазоне длин волн на основе ЛБВ.



Сотрудники НИО-5
Сидит в первом ряду – Зубенко А.В.
Сидят (во втором ряду): Дубов А.В., Мишин А.А., Пичин В.И., Бырин В.А., Тургенева Г.А., Доминюк Я.В., Марков С.А.
Стоят: Кудрявцев В.К., Рычков В.Д., Вязанкина А.А., Клинов А.А., Тимчеко А.И., Евдокимова Ю.Н., Тихонов С.П., Титов А.М., Королева О.В., Горлова И.Ю., Кононыкин В.Б., Моисеенков Г.Н.

7.2. МОЩНЫЕ ПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Филатов Н.А., Охрименко В.Г.

Передающее устройство радиолокатора «Истра»

Одной из последних работ по тематике Генерального конструктора Кисунько Г.В. была РЛС «Истра» (Главный конструктор Толкачев А.А.).

Передатчик состоял из входного усилителя, выполненного на ЛБВ «Трель-1» (Гл.конструктор Афанасьева В.Н.) и «Трель-2» (Гл.конструктор Зарубин А.Т.) и двухкаскадных выходных усилителей на приборах «Стимул-1», «Суперстимул».

Большой вклад в создание сверхмощных усилительных приборов СВЧ «Стимул-1» и «Суперстимул» внесли доктор технических наук Хворов М.И., кандидат технических наук Мясников В.Е. (НИИ «Титан») и др. Приборы имели рекордные параметры, ранее приборы такой мощности в нашей стране не создавались. Работа по созданию «цепочки» приборов, в которую входили и упомянутые приборы, была отмечена Ленинской премией.

Выходные усилители были разработаны для РЛС системы ПРО А-35, документация на которые была использована и при создании передатчика для РЛС «Истра». Документацию на выходные усилители для РЛС «Аргунь» разрабатывало КБ Днепровского машиностроительного завода (Костржицкий В.К., Симонов М.И., Левченко В.Н., Гончаров Г.Н. и др.). Документацию на входные усилители пришлось разрабатывать с нуля. Работа была поручена группе Папковой Е.А., которая была квалифицированным специалистом, хорошим организатором и обаятельным человеком. Основными разработчиками по этой теме были Папкова Е.А., Мелков Ю.И., Гаевский И.Я., Кедрова С.В. Дополнительно в группу был переведен Филатов Н.А.



Егоров Б.Ф.

Особенностью входных приборов было высокое рабочее напряжение более 70 кВ при сравнительно малом токе. В качестве модулятора прибора был использован вновь разработанный металлокерамический прибор типа «инжектрон» с магнитным управлением. Отдельные узлы входного усилителя были отмакетированы; многие составные части были изготовлены в мастерской отдела.

В то время в мастерской работали 12 человек, руководитель Захаров А.И., особенно отличались слесарь-механик Емельянов В.И. и токарь Егоров Б.Ф. Это были уникальные специалисты « мастера на все руки» и если они брались за работу, то их можно было не контролировать. В качестве примера вспоминаю историю. Необходимо было сверхсрочно изготовить 200 высоковольтных разъединителей (40 кВ). Так вот эти два человека – «золотые руки» – всё это изготовили за трое суток. Правда, для ускорения «поставок» комплектующих материалов пришлось использовать спирт.



Емельянов В.И.

Конструкторскую документацию на входные усилители разрабатывал отдел Антонова В.П. Со специалистами этого отдела, в том числе с начальником, было исключительно легко работать. Они отлично понимали, что аппаратура впервые разрабатывается и у разработчиков схем возможны ошибки и никогда нашими ошибками не размахивали как красной тряпкой. Да, у нас были споры, иногда горячие, но работали мы на общий результат. В этой работе активно участвовали конструкторы Антонов В.П., Смирнов В.В., Филиппин В.И. и др. Сопровождение в изготовлении от НИИРП проводили Гаевский И.Я., Филатов Н.А., от КБ ДМЗ Гончаров Г.Н. (руководитель группы), Гончаров В.Н., Костржицкий В.К. (будущий главный инженер ДМЗ).

У «сопроводителей» сложились хорошие отношения между собой и с цехами-изготовителями, а это – залог успеха.

Были и курьёзы. Например, начали впервые включать аппаратуру, а модуляторный прибор (инжектрон) не открывается. Несколько раз измеряли все напряжения, перебирали высоковольтный монтаж, а «воз» с места не трогался и так два дня. На третий день ещё полдня возились. С «горя» выпили грамм по 120 и через некоторое время Иван Яковлевич (тогда Ваня) закричал: «Эврика!». «А ларчик просто открывался», киловольты мы измеряли «зайчиковым» киловольтметром, который нечувствителен к полярности напряжения. Оказалось, в высоковольтном маслозаполненном выпрямителе перепутана полярность.

Вспоминается и ещё один случай. Были у нас неполадки с СВЧ-сигналом. Проверили разные узлы, в том числе волноводные тракты, которые были размещены сверху шкафов, а под ними в шкафу был размещен инжектрон. Неполадки мы нашли, но чувствовали себя вяло. И тут специалиста КБ ДМЗ, участника войны, осенила мысль: «А что у нас с рентгеном?» Посмотрели паспорт на прибор, так и есть – повышенный уровень. Соответствующие приборы и промеряли рентгеновское излучение. Повышенный уровень подтвердился. Доложили начальнику КБ Симонову М.И. – человеку порядочному, технически грамотному и уважаемому. Он предложил нам выбор: сразу в больницу, а потом на пляж, либо наоборот. Мы выбрали – «наоборот» и целую неделю провели на пляже. Ну а в аппаратуре провели доработки – свинцовую защиту от рентгеновского излучения. А недели через три аппаратура была полностью настроена, прошла прогон, принята представителем заказчика и отправлена на объект монтажа.

Изготовление аппаратуры выходных усилителей было поручено ДМЗ, который к этому времени имел большой опыт в изготовлении такой же аппаратуры для системы ПРО А-35. Завод с поставленной задачей успешно справился. На объекте монтажа работу по передатчику вела бригада монтажного управления под руководством Дудко В.Г. и Побей-Волк Н.В. Активное участие в монтажных работах принимали Сусленников Э.Д., Доброхотов Э.С., Гаевский И.Я. Этап монтажа для Сусленникова был наиболее плодотворным. У него всегда было много энергии и напористости, что давало хорошие результаты при таком большом фронте работ. При проведении настроечных работ активное участие принимали Доброхотов Э.С., Гаевский И.Я., Мелков Ю.И., Лысаковский В.В., Гришин И.С., Аржанов В.Т. Доброхотова Э.С. отличали глубокие технические знания, скрупулезность и аккуратность в работе. Настройка проводилась в тесном содружестве с бригадой ДМЗ и КБ ДМЗ (Костржицкий В.К., Гончаров В.Н.). Костржицкого В.К. отличали высокая организованность в работе, глубокие знания, контакт с людьми, остроумие и доброжелательность. Будучи Главным инженером ДМЗ Костржицкий В.К. с большим вниманием и уважением относился к сотрудникам НИИРП и всегда помогал нам в работе.

В процессе эксплуатации РЛС «Истра» входные цепи передающего устройства были модернизированы, вместо двух каскадов на ЛБВ «Трель» был разработан один каскад на ЛБВ с высоким коэффициентом усиления «Цикада», что значительно упростило передающее устройство и повысило его эксплуатационные характеристики. Работа была выполнена в лаборатории Савина С.Ф. под непосредственным руководством Левитана Б.А.

В заключение хотелось бы несколько слов сказать о Главном конструкторе РЛС «Аргунь» Толкачеве А.А. Это специалист высочайшей квалификации, который блестяще разбирается не только в «тематических» вопросах, но и в «отраслевых» тоже. Будучи Главным конструктором, он успевал охватить все вопросы, которые входили в его компетенцию, в том числе – отраслевые, начиная с глубоко продуманного технического задания на отраслевую работу и заканчивая техническими условиями на устройство. Он регулярно встречался не только с отраслевиками, но и с представителями отраслевой кооперации (это и НИИ-смежники и заводы). Он часто бывал инициатором поездок на заводы и объекты. Он всегда требователен, но по делу и обязателен.

Передающее устройство стенда «ТОР-1»

В 1971 году НИО передающих устройств была поручена разработка сверхмощного передающего устройства в СВЧ-диапазоне для экспериментального стенда, инициаторами создания которого были Авраменко Р.Ф. и Ботавин В.П.

Взгляды отраслевиков и тематиков по отдельным техническим вопросам, (например, способ запитки клистронов и срокам выполнения работы не совпадали). Так, на одном высоком совещании главный идеолог стенда заявил: «Мы в РТИ одну из установок сделали в «железе» вдвоем за три месяца, ну а этот передатчик нужно сделать в «железе» за один год». Кроме того, у отраслевиков были сомнения в эффективности стенда в целом. Но постепенно позиции отраслевиков и тематиков сближались, тематики «приземлялись», отраслевики подтягивались до их уровня. Сроки выполнения работ были крайне сжатые и рассчитывать на возможность макетирования, хотя бы отдельных узлов, не приходилось. Поэтому начальник отдела 22 Гренгаген Е.П. провел в подразделении ряд мероприятий, направленных на безусловное выполнение работ по созданию устройства.

Он возложил главную роль по разработке и созданию устройства на лабораторию Жигулина Л.Н., имевшего к тому времени большой опыт создания СВЧ-передатчиков, как в РТИ, так и в НИИРП. Жигулин Л.Н. был хорошо образованным техническим специалистом с широким кругозором и пользовался уважением в коллективе. Он перевел 9 сотрудников из других лабораторий, в том числе двух заместителей начальника лабораторий (Филатов Н.А., Кияко В.И., обязал начальника лаборатории Жигулина срочно выпустить внутренний график разработки документации). Гренгаген Е.П. еженедельно проводил оперативные совещания по устройству.

Основными составными частями устройства были:

– комплект передающих модулей – 192 шт. (Филатов Н.А., Бордюков В.М);
– этажерка для размещения модулей (Антонов В.П., Филатов Н.А., Бордюков В.М.);
– лифт для перемещения модулей (Антонов В.П.);
– комплект выходных волноводных трактов – 192 шт. (Кияко В.И., Бобков Г.В., Залесская Т.В., Гребенщиков Б.В.);
– комплект входных волноводных трактов – 192 шт. (Кияко В.И., Залесская Т.В., Филатов П.И.);
– комплект блоков фазирования – 384 шт. (Кузнецов М.Г., Кияко В.И., Бобков Г.В., Филатов П.И., Гребенщиков Б.В.);
– комплект жидкостного охлаждения – 1 шт. (Лысаковский В.В.);
– входной трехкаскадный усилитель с выходной мощностью 3,6 кВт. – 1 шт. (Филатов П.И.);
– промежуточный усилитель мощностью в 100 кВт. (Филатов Н.А., Бордюков В.М.);
– пульт управления – 1 шт. (Андросов В.И., Тюрин Б.И., Глазунов М., Афанасьева Т.);
– комплект высоковольтных выпрямителей (40 кВт) – 50 шт. (Мурашко Н.В., Соколов А.М., Аверин Ю.А.);
– комплект измерителей мощности – 192 шт. (Залеская Т.В., Филатов Н.А.);
– комплект регуляторов напряжения – 50 шт. (Соколов А.М., Аверин Ю.А.).

Общее руководство работами и выпуск новой документации на устройство осуществляли Гренгаген Е.П., Жигулин Л.Н., Колос В.И., Филатов Н.А., Левитан Б.А., Гольцова Т.С.



Бордюков В.М.

Разработку передающего модуля произвел участник Великой Отечественной войны Бордюков В.М. Несмотря на возраст, он был полон энергии и любую работу делал капитально, поэтому модули, изготовленные с «листа», не имели больших доработок. Главным элементом модуля был клистрон «Верба», которому предшествовал клистрон «Ветла». Главным конструктором этих клистронов был Иванов Александр Владимирович, человек очень талантливый, остроумный и скромный, работать с которым было очень приятно. Он опережал свое время, клистрон имел рекордные параметры и до сих пор используется в разработках смежных предприятий.



100 киловаттный модуль с прибором «Верба»

Большую помощь в создании клистрона оказал начальник цеха Козлов Юрий Александрович – будущий заместитель министра электронной промышленности. Это были два однокашника по институту, два друга, два порядочных человека, внесших большой вклад в дело создания уникальных приборов. Мне посчастливилось встречаться с ними по работе, иногда за чашкой кофе быть третьим.

При создании прибора было много трудностей (например, в части фокусировки луча, в части электрической прочности). Но вопросы успешно решались. Определенное время заняло сопряжение штатной аппаратуры модуля с клистроном на территории НИИ «Титан», что было выполнено, и клистроны при поставке испытывались уже в штатной аппаратуре.

Мощные передатчики, как правило, создавались с использованием мощных СВЧ-приборов «магнетронного» типа, либо – мощных клистронов. Недостатками клистронов были: высокое напряжение (до 300 кВ), узкая полоса частот, нестабильность частоты и фазы при изменении питающих напряжений, преимущество – большой коэффициент усиления. Недостатками приборов «магнетронного» типа были: малый коэффициент усиления, преимущество – широкая полоса, стабильность частоты и фазы при изменении питающих напряжений.

Следует отметить, что некоторые недостатки клистронов со временем ликвидировались:

– многолучевые клистроны привели к существенному снижению питающих напряжений;

– введение управляющего электрода позволило исключить модуляторную лампу в импульсном режиме;

– использование резонаторов в виде связанных контуров позволило существенно расширить полосу частот.

Поэтому в качестве выходного прибора модуля был использован клистрон «Верба».

В течение полутора лет была выпущена конструкторская документация. По мере готовности документация частями упаковывалась в мешки, и представитель монтажного управления (ГПТП) с тяжелым грузом отправлялся на завод-изготовитель. В числе первых заводов, на которые отправлялась документация, был Днепровский машиностроительный завод (ДМЗ), на котором изготавливались передающие модули – 210 шт. и стенды для их испытания (4 шт.).

По просьбе директора ДМЗ Стромцова Л.Н. туда был направлен ответственный представитель НИИРПа Филатов Н.А., в задачи которого входило оперативно решать, возникающие в процессе изготовления вопросы и производить приёмку. Работа осложнялась и тем, что клистрон и аппаратура модуля разрабатывались одновременно, а разработчики клистрона в поисках оптимального режима несколько раз изменяли требования к источникам питания и фокусирующей системе (электромагнит). Мы, как разработчики, отлично их понимали. Но нам было не легче. Однажды изменения фокусирующей системы были существенными, и комиссия в составе Гренгагена Е.П., Куренных В.А., Мурашко Н.В. вынуждена была приостановить изготовление фокусирующей системы и источника питания к нему на ДМЗ и получили по строгому выговору от заместителя министра Маркова В.И. А если бы не приостановили, размеры бедствия были бы куда больше. Такова была степень ответственности наших руководителей.

Руководство приняло решение не развертывать стенды динамических испытаний модулей на заводе, а развернуть их на объекте в Химках. В этом был определенный риск, но он оказался оправданным. В течение года модули «уехали» на объект, и начались их динамические испытания и размещение на штатных местах. Работу проводили специалисты монтажного управления ДМЗ (Мазаев И.Н.) с участием разработчиков. Параллельно с небольшим сдвигом во времени шло изготовление волноводных элементов. Заводов было много, и наши специалисты «исколесили» всю Европу от Балтики до Урала, да и в лаборатории 411 представители «волноводных» заводов бывали очень часто. Находились компромиссные решения, и дело двигалось вперед.

По мере освобождения стендов от испытания модулей начинали испытывать на прочность (электрическую) волноводные тракты. Результаты были неутешительными, был некоторый тупик. Инициаторами пробоев были неоднородности поверхности волноводов и наличие микропылинок в газонаполнителе. Устранять эти недостатки «дедовским» методом с помощью «пыжей» не получалось, да и объём работ был громадный (суммарная длина выходных трактов более 2 км). После определенных мучений выход был найден: тренировка в динамическом режиме пачками импульсов с регулируемой энергией в импульсах. Такой режим был введен вначале на стендах, а затем и на всем устройстве. Это был существенный успех. Но впереди было еще много трудностей.

Параллельно шел монтаж тяжелого энергетического оборудования: выпрямители и регуляторы, суммарный вес около 100 тонн. В декабре 1975 года были включены первые четыре канала. Оператором на пульте управления передатчиком был Филатов Н.А., «правой рукой» был Андросов В.И. Аппаратура была не совсем готова, зато было много высокопоставленных представителей. Вблизи от высоковольтных выпрямителей дежурили Соколов А.М., Аверин Ю.А., а также две пожарные машины. В один из моментов штатная автоматика не сработала, но сработал «ручной автомат» – Аверин Ю.А Возникла электрическая дуга в ночной темноте. Пожарник, обращаясь к Аверину, закричал: «Что, пожар?». Аверин Ю.А., не колеблясь, ответил, что профессор опыты производит и указал на

седовласого Соколова А.М. Инцидент был исчерпан. Главный конструктор Бурлаков Ю.Г. всех поздравил с выполнением плана.

Работа продолжалась: устанавливались на штатные места модули, монтировались тракты, прокладывались и подсоединялись кабели, монтировались фрагменты системы охлаждения. Начались настроечные работы, вначале включали по одному модулю, затем по двенадцать. С каждым днем продвигались вперед, появилась обоснованная уверенность в правильности принятых решений. Настроечные работы проводились в ночное время, так как дневные включения-выключения приводили к помехам другим потребителям электроэнергии. Настроечные работы заканчивались в 4-5 часов утра, затем автобус отвозил участников работ к станции метро. Иногда мы позволяли себе устроить завтрак в 4-5 часов утра. Продукты и прочее заготавливали заранее. Стол накрывали в лаборатории. Намечали планы работ на «завтра». Присутствовали сотрудники лаборатории Ботавина В.П., ГПТБ, ДМЗ. После настройки системы фазирования начались комплексные (в составе стенда) регулярные работы. К чести наших «фазировщиков» отмечу, что они создали не только систему фазировки передатчика, но и стенда в целом.

При проведении разработки на пути встречалось много трудностей, отмечу некоторые из них:

– отсутствие опыта разработки передатчиков непрерывного режима;
– отсутствие опыта разработки систем фазирования многоканальных передатчиков;
– отсутствие опыта разработки группового питания мощных клистронов;
– недостаточная пропускная способность волноводов (по мощности);
– отсутствие макетирования.

В процессе выполнения работы были получены оригинальные решения:

– по системе фазирования – 3 авторских свидетельства (Кузнецов Н.Г., Кияко В.И., Бобков Г.В.);
– по герметизаторам и СВЧ-нагрузкам – 4 авторских свидетельства (Потемкин О., Лютиков Е.В.);
– по генераторам пачек импульсов – 1 авторское свидетельство (Филатов Н.А.);
– по усилительному клистрону – 1 авторское свидетельство (Иванов А.В.).

Работе по созданию передатчика значительное внимание уделяли представители администрации: Аксенов Ю.Н., Меньшов Н.И., Ушаков О.А.

Активное участие в создании передатчика со стороны тематиков принимал Ботавин В.П. Большую работу по монтажу и настройке передатчика выполняли представители ГПТП Лохов И.М., Миронов Ю.А., Мусиенко Б.Е., Кизяков И.А. и др.; представители монтажного управления ДМЗ Мазаев И.Н., Калинин В.Н., Катанцева Л.К. и др.. Значительную роль в создании передатчика сыграли представители отраслевых подразделений: лаборатория 411, лаборатория Резника Ф.М., лаборатория Яковлева КВ, лаборатория Соколова А.В., лаборатория Кашкевича С.А., отдел Антонова В.П., отдел Корпушина П.Н., отдел Щербакова.

Хочется отметить, что в процессе выполнения работ по созданию передатчиков участники прошли хорошую школу, школу Гренгагена Е.П. Отдельные сотрудники достигли заслуженно определенных карьерных высот:

Левитан Б.А. – генеральный директор;
Гребенщиков Б.В. – главный инженер;
Жигулин Л.Н. – начальник НИО;
Колос В.И. – начальник НИО;
Филатов Н.А. – начальник НИО;
Кияко В.И. – начальник отдела;
Филатов П.И. – начальник одела;
Бобков Г.В. – начальник НИО;
Гаевский И.Я. – заместитель директора;
Доминюк Я.В. – начальник НИО.

Передающее устройство радиолокатора «Атолл»

Устройство работало в сантиметровом диапазоне и имело на выходе мощность в несколько мегаватт.

В состав передающего устройства входили:

– первый усилитель на ЛБВ с выходной мощностью 2 Вт;
– входной усилитель на клистроне «Айсберг» мощностью 100 кВт (НИИ «Титан»);
–предварительный усилитель магнетронного типа «Скат» с выходной мощностью 2 мВт (НИИ «Титан»);
– предвыходной усилитель на приборе «Саламандра» (НИИ «Титан») с расчетной мощностью 10 мВт;
– выходные усилители (4 шт.) на приборах «Саламандра» (НИИ «Титан»);
– накопители энергии;
– модуляторы;
– волноводные тракты;
– высоковольтные выпрямители;
– регулируемые преобразователи первичного питания, созданные в объединении «Электросила»;
– шкаф срыва паразитных колебаний.

Основной особенностью передающего устройства является использование приборов безмодуляторного магнетронного типа в предварительном («Скат») и выходных каскадах («Саламандра»). Их разработка в НИИ «Титан» шла очень трудно. Это можно объяснить тем, что аналогов столь уникальных приборов в СССР не было, и у разработчиков приборов не было опыта. Кроме того, в процессе разработки приборов несколько раз изменялись требования к питающим напряжениям. Поскольку разработка приборов шла со значительным отставанием от директивных сроков, руководство приняло решение: с завода-изготовителя отгружать на объект монтажа аппаратуру, не прошедшую динамических испытаний. Одновременно производилась отработка приборов в НИИ «Титан» и монтаж аппаратуры на объекте.

Работа шла крайне напряженно; усилили бригаду разработчиков приборов. Наметились определенные успехи, но до номинальных параметров приборов было ещё далеко. Тем не менее, промежуточные образы обнадёживали. На стендах активно велась работа с использованием промежуточных образцов, в том числе сопряжение приборов с аппаратурой.

Но неудачи нас ещё не оставляли, так грузовик с партией первых приборов по пути на объект монтажа перевернулся, и часть приборов вышла из строя.

Со значительными трудностями, но процесс настройки аппаратуры имел место быть, и к требуемому сроку передатчик был настроен и наравне с другими устройствами принял участие в первой «проводке» спутника.

В разработке устройства от НИИРП участвовали: Гренгаген Е.П., Синельникова Н.С., Колос В.И., Филатов Н.А., Яковлев К.В., Тюрин Б.Н., Охрименко В.Г., Галкин А.М., Мукина В.В., Буравчиков А.М., Нажетдинов М.А., Коныжев В.В., Исаев Н.Ф., Вагина Т.Н., Глазунов М.П., Зелов И.В., Лысаковский В.В., Филиппов, Еремин Г.А., Локтев В.М., Кузнецова В.М., Телятников Е.Н., Дмитриевский Р.М., Мерзлин А.Б., Колоньков Е.А., Бахмистров А.Н., Мясников В.Н., Королев Е.А., Соколов А.М., Тихомиров Г.А., Фрумкин А.В., Богданов В.И., Филатов П.Н. От НИИ «Титан»: Сенатов О.В., Сигалаев В.Н., Политковский Ф.Е., Барабанов В.В., Мясников В.Е.

7.3. РАЗРАБОТКА СВЧ-ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ МОЩНЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ РЛС

Любавин В.Г.

Моя инженерная деятельность начиналась на предприятии ОКБ «Вымпел», которое через некоторое время стало называться НИИ радиоприборостроения (НИИРП). Здесь, в отделе радиопередающих устройств я проработал 22 года. Это были незабываемые годы как по объему и важности выполняемых работ, так и по отношению к работе – работали не за страх, не за деньги, но на совесть. Были частые командировки в различные города Советского Союза, интересные встречи со специалистами различного профиля.

Почти все эти годы отдел возглавлял Гренгаген Е.П., очень многое сделавший для создания мощных радиопередающих устройств СВЧ для РЛС сантиметрового диапазона. В подобных устройствах использовались уникальные усилительные приборы СВЧ, высоковольтные источники питания и импульсные модуляторы с напряжениями в десятки киловольт, сложные системы жидкостного охлаждения и многое, многое другое. На любой возникавший у нас вопрос у него всегда находился квалифицированный ответ. К тому же он был очень внимательным, отзывчивым человеком. И даже если он и журил кого-то, то делал это очень деликатно, примерно так же, как и на приведенном фотоснимке, сделанном в домашней обстановке. Дверь его более чем скромного кабинета всегда была открыта, как бы приглашая входить запросто с любым вопросом. Хочется еще привести высказывание Кисунько Г.В. о Гренгагене Е.П.: « Я искренне благодарю судьбу за то, что хотя бы изредка посылала мне таких кристально чистых и порядочных друзей, каким был для меня Евгений Павлович Гренгаген и хочу, чтобы об этом все знали».



Гренгаген Е.П.

Несколько лет лабораторию, в состав которой входила наша группа, возглавлял к.т.н. Соловьев Д.К., человек со сложным характером, из-за чего многие воспринимали его весьма неоднозначно. А я ему очень благодарен, так как к молодым специалистам он относился очень хорошо, наши «фантазии» ограничивал редко, а за наши промахи отвечал сам.

Сразу по окончании института нам, нескольким молодым специалистам в составе группы под руководством к.т.н. Кузнецова М.Г. была поручена разработка методов и аппаратуры автоматического контроля и компенсации искажений широкополосных сигналов в мощном передающем устройстве. Экспериментальная проверка разработанной аппаратуры должна была производиться на первых трех каскадах передающего устройства РЛС «Истра» комплекса «Аргунь», смонтированных в стендовом зале.

Был разработан оригинальный метод решения поставленной задачи, разработана техническая документация и в цехах предприятия изготовлена довольно сложная аппаратура. В качестве компенсатора использовался управляемый волноводный фильтр, выполненный в виде протяженного волновода с установленными в нем через равные интервалы управляемыми индуктивными и емкостными отражателями. Перемещение этих отражателей осуществлялось с помощью шаговых электродвигателей. А для управления электродвигателями формировались сигналы, моделировавшие в ином масштабе времени обусловленные передающим устройством искажения в том виде, как они проявились бы в свернутом на приемной стороне сигнале. По существу, эта разработка была «пионерской», в связи с ней были получены 12 авторских свидетельств. Подобный метод контроля и компенсации искажений сверхширокополосных радиолокационных сигналов в радиопередающем устройстве отличался хорошей эффективностью и наглядностью, но по ряду причин до реализации подобных сверхширокополосных сигналов дело не дошло, и работы в этом направлении были прекращены вскоре после первых удачных испытаний разработанной аппаратуры.

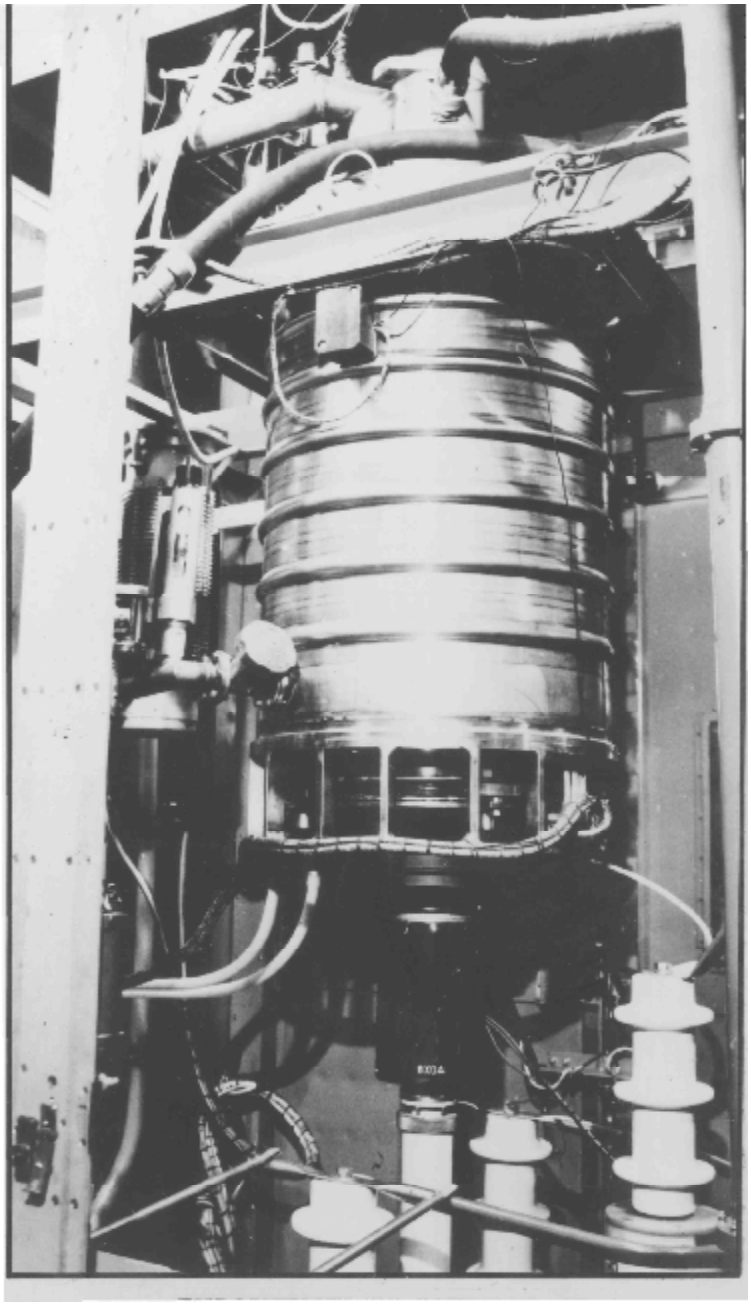
Некоторое время спустя по заказу ФИАН СССР в НИО-4 был разработан мощный импульсный СВЧ-генератор на магнетроне «Хризантема», предназначенный для использования в линейном ускорителе заряженных частиц. В это время лабораторию возглавлял Савин Василий Федорович, а разработку выполнял Зубков Юрий Алексеевич. Стабильность частоты колебаний изготовленного генератора оказалась недостаточной, и мне поручили срочно разработать аппаратуру автоподстройки частоты. В сжатые сроки такая аппаратура была разработана, изготовлена на электромеханическом заводе в городе Днепропетровске и настроена на объекте монтажа в городе Сарове (в то время у него было название Арзамас-16). Датчиком в ней служил серийный электронно-счетный частотомер с переносчиком частоты, а подстройка частоты колебаний магнетрона и переносчика частоты осуществлялась с помощью шаговых электродвигателей и схемы управления. В результате долговременная стабильность частоты разработанного генератора стала определяться только стабильностью задающего кварцевого генератора в частотомере, и разработанный генератор стал удовлетворять предъявленным требованиям.

Надолго запомнилась командировка в этот, тогда закрытый, город с удивительной историей. Здесь жил Серафим Саровский, здесь бывала царская семья, здесь очень давно снимался еще немой кинофильм «День святого Йоргена», в котором кадры с толпами паломников – документальная съемка. И здесь же создавалась атомная бомба. Приятные воспоминания остались об отзывчивых людях в лаборатории, о необычных по нашим понятиям в то время, «академических» порядках на предприятии, например, о ежедневной двухразовой лабораторной планерке с непременным чаепитием с карамелью. На нашем же предприятии пользоваться электрочайниками запрещалось, запрещалось и многое другое.

Серьезным испытанием для меня и для всего коллектива нашей лаборатории стала работа по созданию мощного двухканального передающего устройства в миллиметровом диапазоне длин волн, предназначенного для РЛС «Руза». Для этого передающего устройства в длинноволновой части миллиметрового диапазона волн требовалась разработка новых типов усилительных и модуляторных приборов, криогенной системы охлаждения сверхпроводящих соленоидов, новых ферритовых развязывающих приборов СВЧ и узлов принципиально нового круглого волноводного тракта. Возникла, также необходимость разработки ряда специальных радиоизмерительных приборов. В это время лабораторию, которая стала называться сектором, возглавил Левитан Б.А. Начинать работу приходилось

почти с нуля. Ведь существовавшие в этом диапазоне частот усилительные приборы СВЧ обеспечивали мощности выходных сигналов многократно меньшие, чем требовалось.

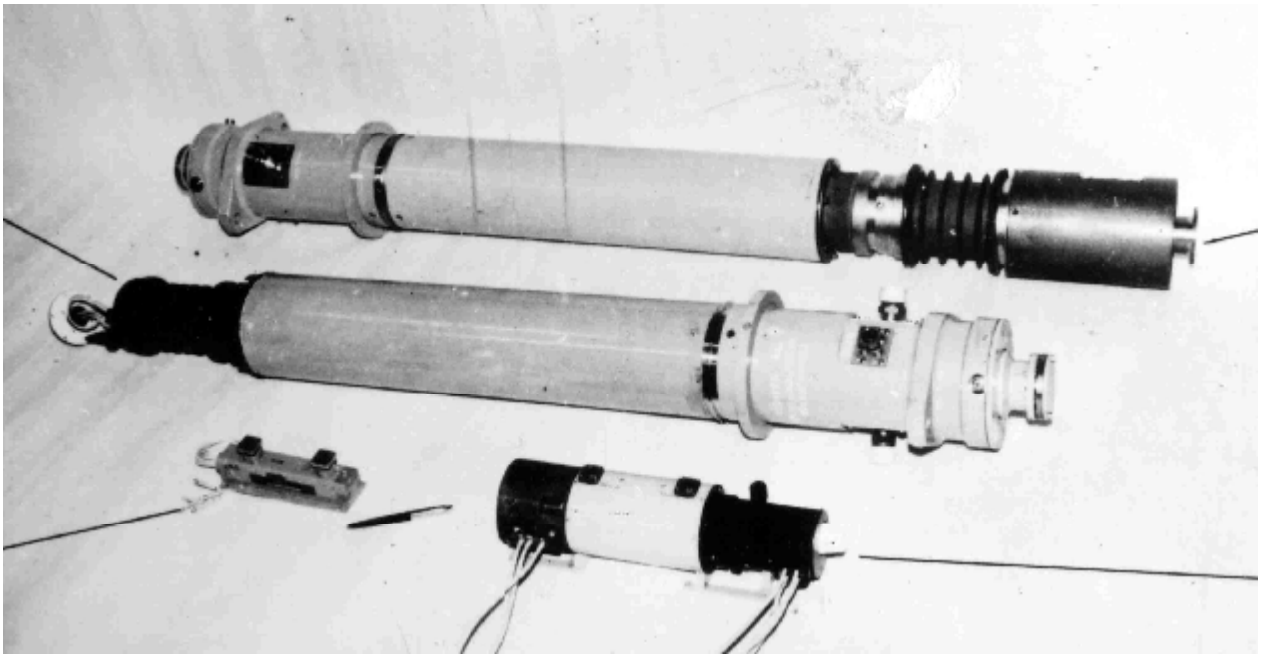
Задача создания новых мощных усилительных приборов была успешно решена в ИПФ АН СССР (г.Горький). Там были разработаны, а в НИИ «Титан» (г.Москва) серийно освоены мощные гироклистронные усилители «Стремя-1» и «Стремя-2» для предвыходного и выходного каскадов передающего устройства. В НИИ «Титан» эту работу вел Мясников Вадим Евгеньевич. Новые приборы обеспечивали уровни выходной мощности 100 и 500 кВт соответственно. Но для этих приборов требовались мощные магнитные поля, которые можно было обеспечить только с использованием сверхпроводимости, и потребовалось осваивать криогенную технику. Это направление в НИО-4 вел сотрудник сектора Хроможенков В.Я.



Прибор «Стремя-2» в криостате

Для «раскачки» выходных усилительных приборов была разработана двухкаскадная усилительная «цепочка» на лампах бегущей волны (ЛБВ). В первом каскаде использовалась разработанная в ПО «Знамя» (г.Полтава, разработчик Чабань В.) ЛБВ «Шафран», а во втором

– ЛБВ «Шейх» разработки НИИ «Орион» (г. Киев, главный конструктор Перекупко В.А.). На приведенном фотоснимке – гироклистронные усилители «Стремя-1» и «Стремя-2», а также ЛБВ «Шафран» и «Шейх».



Приборы «Стремя-1», Стремя-2», «Шафран» и «Шейх»

Разработку модуляторных каскадов осуществил сотрудник сектора Рыбаков В.М. Мне были поручены разработка волноводных трактов между усилительными приборами и нагрузками, разработка аппаратуры автоматического фазирования каналов, а также курирование разработки метрологического обеспечения. Не скрою, было нелегко – один коллега только что защитил диплом и еще слабо разбирался в технике СВЧ, а другой вскоре предпочел пойти редактировать многотиражку.

В выходных и предвыходных каскадах передающего устройства для передачи СВЧ-сигналов высокого уровня мощности был применен волновод круглого сечения с рабочим типом волны H_{01}. Для обеспечения электропрочности его диаметр был выбран достаточно большим, равным 40 мм на начальном этапе разработки и впоследствии увеличенным до 80 мм. При этом волновод становится многомодовым, то есть в нем помимо рабочей волны H_{01} с относительно низкими погонными потерями могли возникать и существовать одновременно несколько типов волн с большими потерями. Это обстоятельство предопределило весьма жесткие требования к точности изготовления волноводных элементов и узлов и к их взаимной ориентации. Опыта работы с подобными волноводными трактами в НИО-4 не было. И хотя ранее на предприятии по инициативе Г.В. Кисунько поднимался вопрос использования многомодовых прямоугольных волноводов для передачи сигналов высокого уровня мощности, для нас практически единственным источником информации служили книги Штейншлегера В.Б. «Волноводные линии передачи с малыми потерями» и Керженцевой Н.П. «Волноводы дальней связи», изданные в 60-х и 70-х годах. И все же задача создания элементов и узлов для подобного волноводного тракта, таких, как прямолинейные отрезки труб, квазиоптические изгибы на 90°, переключатели и нагрузки, была успешно решена на предприятии. А для проведения испытаний волноводных узлов и приобретения соответствующего опыта в стендовом зале НИО-4 усилиями сотрудника сектора Аржанова В.Т. был создан технологический стенд на гиротроне «Баобаб». Несколько позднее в стендовом зале был собран, в основном, из подручных материалов технологический стенд СТ-3 по схеме первых двух каскадов передающего устройства на ЛБВ «Шафран» и «Шейх». Затем уже в заводских условиях были изготовлены подобные

стенды, получившие обозначение СТ-6. Несколько таких стендов были переданы разработчикам вакуумных усилительных и других приборов СВЧ, разрабатывавшихся для РЛС «Руза».

Для обеспечения нормального функционирования передающего устройства между его каскадами требуется устанавливать развязывающие приборы – ферритовые вентили. В мировой практике такие приборы для круглых волноводов не были известны. После ряда НИР и ОКР с шифром «Диполь» в НИИ «Домен» (г. Ленинград) были созданы ферритовые вентили как для прямоугольного, так и для круглого волновода. Эти работы начинал Куневич В.К., специалист по ферритовым приборам и большой знаток российской истории, а затем продолжил Брандт Э.А. Применительно к круглым волноводам более удачным оказался вариант с переходом от круглого волновода к нескольким стандартным прямоугольным волноводам, в которых установлены вентили «Диполь- 3» и которые затем объединялись в один круглый волновод. Получилось нечто похожее на авиационный поршневой двигатель с радиальным расположением цилиндров.[1]

Разрабатываемое передающее устройство включало в себя два одинаковых канала, которые должны были работать синфазно, что потребовало автоматического фазирования. Для отработки сравнительно медленных фазовых уходов было решено применить механический фазовращатель Фокса, снабженный электроприводом. Такой фазовращатель был разработан в КБ предприятия. Одновременно в НИИ «Домен» (г. Ленинград) была организована работа по созданию более быстродействующего ферритового фазовращателя с непрерывным набегом фазы. Прибор был создан в отделе, возглавляемом Пузаковым А.Н. Он имел две управляющие обмотки, а вносимый им фазовый сдвиг определялся соотношением токов в обмотках. В частности, при подаче на обмотки двух переменных напряжений некоторой частоты, сдвинутых по фазе на 90°, этот фазовращатель осуществлял сдвиг частоты проходящего сигнала на такую же величину. Дополнительно там же для целей отработки быстрых, внутриимпульсных фазовых сдвигов в НИР и ОКР с шифром «Джанкой» была осуществлена разработка быстродействующего аналогового ферритового фазовращателя, который получил обозначение ФВФН1-2. Разработчик указанного фазовращателя – Милевский Н.П.

В схеме автоматического фазирования выходных сигналов в качестве датчика фазовых сдвигов использовался разработанный автором фазовый детектор непосредственно на несущей частоте. С целью выбора оптимального варианта построения аппаратуры фазовой автоподстройки были использованы фазовращатели всех трех типов. Для сохранения идентичности каналов они были установлены в первом усилительном каскаде каждого канала, а управление ими осуществлялось только в одном канале. Управление фазовращателем «Диктант» осуществлялось с помощью двух напряжений, снимаемых с прецизионного кругового синусно-косинусного потенциометра, снабженного электроприводом. Ввиду малых масс вращающихся элементов электропривода быстродействие этого фазовращателя было существенно выше, чем у механического фазовращателя Фокса.

Выходные каскады передающего устройства в автономном режиме работы необходимо нагружать на калориметрические нагрузки, в качестве которых удобно использовать калориметрические ваттметры. Такие ваттметры необходимы для контроля величины средней мощности, например, при выполнении ремонтных работ. Аналогичная ситуация имеет место и применительно к другим каскадам передающего устройства. В то же время, для оперативного контроля работы в каждом каскаде необходим ваттметр проходящей импульсной мощности (на практике обычно контролируют только падающую мощность, не учитывая мощность, отраженную от нагрузки), включаемый в волноводный тракт с

[1] Примечание Редактора. К сожалению, это внешне красивое устройство оказалось малоэффективным и в составе РЛС не использовалось.

помощью направленного ответвителя с известной величиной переходного ослабления. Разработка ваттметров обоих типов была выполнена в МНИИРИП (г.Мытищи Московской области) в серии НИР и ОКР с общим шифром «Матадор». В отделе, возглавляемом Золотовым Б.П., были разработаны ваттметры поглощаемой мощности для волноводного тракта прямоугольного сечения в первых двух каскадах и для волноводных трактов круглого сечения в двух последних каскадах (разработчик – Усэнков В.В.). Там же были разработаны ваттметры падающей мощности, предназначенные для установки в волноводных трактах прямоугольного и круглого сечения (разработчик – Колганов В.А.). В указанных работах принимали участие и сотрудники НИО-4 – в части разработки и изготовления нагрузок и направленных ответвителей.

Измерительных приборов для контроля модового состава электромагнитных колебаний в круглом волноводе не существовало. Ранее для этих целей использовался очень примитивный способ оценки – прожигание листа бумаги, зажатого между фланцами волновода, под действием электрического поля. Мы при экспериментах применили термочувствительную бумагу от печатающих аппаратов вместо обычной, что позволило сократить время экспозиции, получать более качественные «отпечатки» и избежать прогара бумаги и засорения волновода пеплом. Одновременно во ВНИИФТРИ (поселок Менделеево Московской области) была организована НИР по поиску путей создания специализированного анализатора модового состава СВЧ-колебаний в круглом волноводе диаметром 40 мм (шифр темы «Риф-6», разработчик – Соколов В.М.). Для начала количество подлежащих определению типов волн было ограничено. Был изготовлен макет такого анализатора, однако в связи с последовавшим вскоре прекращением работ по РЛС «Руза» эта работа не была завершена.

Для контроля фазовых соотношений между каналами передающего устройства и в течение длительности зондирующего импульса требовался СВЧ-фазометр импульсного типа, промышленность же производила фазометры только для непрерывных сигналов. И в Краснодарском НИИ радиоизмерительной аппаратуры «Ритм» была поставлена НИР с целью создания фазометра требуемого типа (шифр темы «Феникс», разработчик – Ершихин Г.А.). В результате НИР был изготовлен прибор, позволявший измерять внутриимпульсные фазовые сдвиги и фазовый сдвиг между каналами и наблюдать измеряемые фазовые сдвиги на экране внешнего осциллографа. В последовавшей ОКР была решена задача упрощения процесса измерения за счет перехода к непосредственному цифровому отсчету измеряемой величины.

Передача работ по созданию РЛС «Руза», а также фазируемой антенной решетки (ФАР) из НИИРП в НИИРФ в 1986 г. у меня восторга не вызывала. Было жаль и оставлять незавершенной работу, которой отдано несколько лет напряженного труда, и покидать замечательный коллектив, с которым связаны годы становления как инженера. И все же желание довести свою работу до логического завершения и увидеть разработанную аппаратуру в действии пересилило…

В НИИРФ было образовано новое подразделение по разработке передающих устройств – НИО-5, которое возглавил Колос В.И., и в которое перешли еще несколько сотрудников из НИИРП. Работы по созданию передающего устройства для РЛС «Руза» были переданы в отдел, возглавляемый Кияко В.И. Отдел по разработке приемо-передающего фазируемого антенного модуля ФАР в РЛС "Сож" возглавил Доминюк Я.В.

По ряду причин мне пришлось переключиться на разработку радиопередающего устройства указанного выше приемо-передающего модуля. Однако, мне удалось – таки завершить работы по созданию аппаратуры автоматического фазирования для передающего устройства РЛС «Руза», ради чего в свое время и был осуществлен переход в НИИРФ. Опыта работы с подобной аппаратурой у сотрудников отдела Кияко В.И. оказалось недостаточно, и мне было поручено провести настройку изготовленных составных частей этой аппаратуры на заводе в Днепропетровске, а по завершении работ на объекте монтажа РЛС «Руза» – и настройку всей указанной аппаратуры в целом и ввод ее в эксплуатацию. Таким образом, исполнилось мое желание увидеть действующее передающее устройство в составе РЛС

«Руза», для создания которого было отдано немало сил и здоровья многих людей, в том числе и моих.

На объекте монтажа РЛС «Руза» я чуть не стал свидетелем трагедии, к счастью, не состоявшейся. Случайно зайдя во время обеденного перерыва в безлюдный, казалось бы, аппаратный зал, я услышал разряд высокого напряжения и шум падения чего-то, а вскоре обнаружил около модуляторного шкафа с открытой дверцей (а рабочее напряжение в нем достигало примерно 30000 вольт!) лежащего на металлическом полу настройщика без признаков жизни. Своевременно сделанное искусственное дыхание вернуло его к жизни, и я счастлив уже тем, что в нужный момент оказался в нужном месте.

7.4. ГИРОПРИБОРЫ В РАДИОЛОКАЦИИ

Мясников В.Е.

Я пришел на работу в НИИ «Титан», впоследствии ФГУП НПП «Торий», в начале 1962 года после окончании Московского энергетического института. НИИ «Титан» только начинал формироваться, приток молодежи был очень значителен, во главе основных подразделений стояли молодые энергичные руководители. Основу института составили сотрудники, переведенные из НИИ «Исток» г.Фрязино, во главе с Федосеевым А.П. На этот коллектив была возложена задача по разработке и производству новых типов сверхмощных вакуумных приборов СВЧ, имеющих отечественный приоритет, для обеспечения разрабатываемой системы ПРО. К решению этой задачи были подключены и другие подразделения института, который был определен как головной институт страны в области мощной и сверхмощной вакуумной электроники СВЧ.

После встречи с тогдашним главным инженером института Шаховым К.П. я был направлен работать в отделение, возглавляемым Федосеевым. В отделении был создан эффективный высоко профессиональный рабочий климат с персональной ответственностью каждого работника за поставленную перед ним задачу, начиная от простого рабочего до самого высокого руководителя. Для нас, молодых специалистов, это была школа жизни и школа профессии. В этом отделении я прошел путь от инженера до руководителя отделения, которое я возглавлял почти 15 лет, стараясь сохранить и развить те традиции, которые были заложены при основании отделения.

Нашим непосредственным заказчиком был ЦНПО «Вымпел», с руководством и разработчиками систем которого мы поддерживали постоянные контакты. Практически все возникающие идеи по новым радиолокационным системам обсуждались с нами – разработчиками СВЧ-приборов, и параметры будущих систем определялись возможностью реализации новых СВЧ-приборов. Эта традиция, заложенная еще Кисунько Г.В., поддерживалась и развивалась Гренгагеном Е.П., Жигулиным Л.Н., и впоследствии подхваченная и поддержанная Толкачевым А.А и Левитаном Б.А.

В течение 60-х и середины 70-х годов все работы по разработке и производству сверхмощных вакуумных приборов СВЧ для созданной и проектируемых систем ПРО в традиционном диапазоне длин волн, поставленные перед нами, были выполнены. И уже тогда стали актуальны вопросы конверсии.

По инициативе руководства ЦНПО «Вымпел», используя накопленный задел в области разработки мощных вакуумных СВЧ-приборов для радиолокационных систем и развивая новые идеи по волноводным усилительным магнетронам, была разработана и введена в эксплуатацию генераторно-усилительная цепочка СВЧ-приборов для питания 30 МэВ ускорителя электронов с рекордными параметрами по выходной мощности (руководитель работ Мясников В.Е..): в диапазоне 1818 МГц достигалась импульсная мощность свыше 40 МВт при средней мощности свыше 120 кВт. Ускоритель был успешно запущен в Арзамасе, работал, а может быть и сейчас работает для исследований свойств специальных материалов.

В конце 70-х годов в кругах специалистов, занимавшихся проблемами создания эффективной системы противоракетной обороны, обострился интерес к возможности реализации высокоточных радиолокационных средств, способных решать задачи выделения боевых блоков на фоне других элементов баллистических целей на безатмосферном участке, а так же к увеличению избирательности этих средств с целью повышения устойчивости их работы в сложной помеховой обстановке. Наиболее вероятным решением этих проблем могло бы стать создание радиолокационного комплекса в миллиметровом диапазоне длин волн. Учитывая уровень требующихся параметров нового радиолокационного комплекса и уровень параметров СВЧ-приборов, такое решение казалось почти фантастическим.

Когда впервые с этими идеями в конце 70-х годов к нам, разработчикам мощных вакуумных СВЧ-приборов, приехал Толкачев А.А. и начал разговоры о том, что для новой системы ему нужны когерентные источники в мм-диапазоне длин волн с импульсной мощностью свыше мегаватта и средней мощностью до сотни киловатт да еще в полосе частот около 500 МГц, это воспринималось как возможная, но очень далекая перспектива.

Уровень когерентных СВЧ-приборов мм-диапазона, в то время выпускаемых на предприятиях Министерства электронной промышленности, не превышал 1 кВт импульсной мощности при средней мощности – десятки ватт. Единственным типом приборов в области мм-диапазона длин волн, которые позволяли в принципе реализовывать мощности на уровне сотен киловатт, были гироприборы, основанные на взаимодействии потока электронов, движущихся в постоянном магнитном поле по винтовым траекториям, с высокочастотными полями сверхразмерных открытых резонаторов или волноводов на частотах, близких к циклотронной частоте электронов.

Основателем этого направления является академик Гапонов-Грехов А.В. Коллектив возглавляемого им Института прикладной физики Академии Наук (г.Н.Новгород) достиг уже в то время выдающихся результатов в области теории и эксперимента по гирорезонансным приборам и совместно с предприятием МЭП ГНПП «Салют» осуществлял поставки генераторных гироприборов-гиротронов для систем электронно-циклотронного нагрева плазмы в установки по управляемому термоядерному синтезу – Токомаке. С помощью гиротронов в мм-диапазоне длин волн генерировалась импульсная мощность до одного МВт при однократных импульсах.

Вспоминает Петелин М.И.– ведущий научный сотрудник ИПФ РАН:

Как известно, на относительно низких частотах наиболее мощными усилителями являются обычные клистроны: их мощность на частотах ~10 ГГц приближается к мегаватту в непрерывном и к сотне мегаватт в импульсном режиме. Однако поскольку такие приборы принципиально содержат элементы, соизмеримые с длиной волны, то с укорочением волны мощность таких приборов быстро снижается.

Очевидным способом получения больших мощностей в коротковолновой части диапазона СВЧ является использование стимулированного тормозного излучения электронов: пучки осциллирующих частиц могут усиливать резонансные им незамедленные электромагнитные волны в сверхразмерных структурах с гладкими стенками. Электроны могут совершать осцилляторное движение, например, в однородном магнитном или скрещенных электрическом и магнитном полях, а соответствующие микроволновые усилители и генераторы принято называть мазерами на циклотронном резонансе (МЦР). В соответствии с этим определением, к МЦР приходится относить «магнетрон» Жачека (исторически первый среди МЦР – 1924 год), трохотронные усилители, усилитель на аномальном эффекте Доплера, параметрический усилитель Адлера, его модификация под названием «электростатический усилитель» (ЭСУ), пениотрон, магникон, генератор с поперечно-неоднородным магнитным полем и др. Особую группу образуют МЦР с использованием релятивистской зависимости циклотронной частоты от энергии электронов.

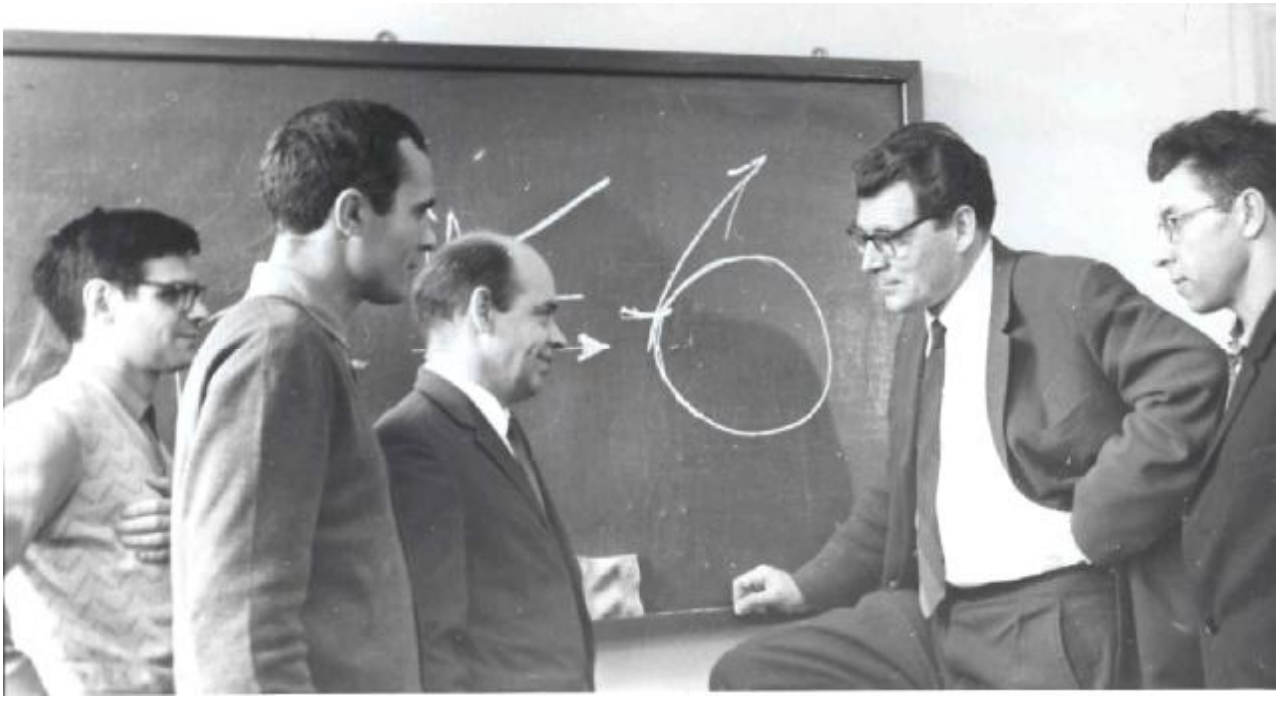
Исследования стимулированного циклотронного излучения велись, в частности, горьковскими физиками – начиная с 30-ых годов в Горьковском исследовательском физико-техническом институте (ГИФТИ) под руководством Греховой М.Т., а после образования в 1956 году Научно-исследовательского радиофизического института (НИРФИ) – под руководством А.В.Гапонова. Существенный вклад в эти исследования на ранних фундаментальных этапах внесли Антаков И.И., Гольденберг А.Л., Железняков В.В., Петелин М.И., Флягин В.А., Юлпатов В.К..

Еще в ГИФТИ были реализованы трохотронные ЛБВ и ЛОВ с релятивистской неизохронностью циклотронного вращения электронов. В середине 60-х годов непрерывная мощность этих усилителей и генераторов была близка к 1 кВт, но оказалась к этому времени ниже, чем у приборов с винтовыми электронными пучками.

Первый в НИРФИ МЦР с винтовым электронным пучком был изготовлен и испытан в 1959 году, однако по своей мощности этот «усилитель» с длиной волны 3 см уступил несколько порядков стоявшему рядом трохотронному усилителю с длиной волны 8 мм. В 1963 году была предложена более эффективная разновидность МЦР с винтовым электронным пучком, которой три года спустя ее авторы дали (по совету Овчарова В.Т.) отдельное имя: гиротрон. Основной особенностью гиротрона по сравнению с другими МЦР является взаимодействие электронов с рабочей модой в виде суперпозиции плоских волн, распространяющихся почти поперек статического магнитного поля, что минимизирует доплеровское уширение линии циклотронного резонанса и позволяет использовать электронные пучки с большим скоростным разбросом. В гиротроне, как правило, используется магнетронно-инжекторная пушка, где электроны приобретают вращательную энергию непосредственно в момент вылета с пространственно развитого катода и где на участке между катодом и пространством взаимодействия происходит сильная компрессия электронного потока.

Гиротроны, в свою очередь, составляют обширное семейство, образованное аналогами обычных ЛБВ, ЛОВ, монотрона, клистрона и т.п. Первый гиротрон-генератор (гиромонотрон) был реализован в 1964 году, а первый гиротрон-усилитель (гироклистрон) – в 1967 году. За эти работы ведущие члены исследовательского коллектива были в 1967 году удостоены Государственной премии СССР.

На протяжении 60-ых годов работы по МЦР в НИРФИ финансировались Министерством электронной промышленности СССР из специального фонда для поддержки исследований по электронике в Министерстве высшего и среднего образования. В роли непосредственного заказчика для НИРФИ выступал НИИ «Исток». На основе прототипов, разработанных в НИРФИ, Спектор Х.И. спроектировал и в 1971 году продемонстрировал во Фрязине гироклистрон с непрерывной мощностью 11 кВт на длине волны 8 мм. Однако руководство НИИ «Исток» прервало работы по МЦР, сочтя их противоречащими генеральной линии предприятия.



Лауреаты Государственной премии-1967.
(Юлпатов В.К., Петелин М.И., Флягин В.А., Гапонов А.В., Антаков И.И.)

К счастью, в это время у работ по МЦР в НИРФИ появился новый спонсор: Министерство среднего машиностроения СССР, а непосредственным заказчиком стал Институт атомной энергии имени И.В.Курчатова, где гиротроны-генераторы использовались для электронно-циклотронного нагрева плазмы (благодаря чему, кстати, термин «гиротрон» был легализован для открытой печати).

Для целей перспективных РЛС нужны были широкополосные усилительные приборы с когерентным излучением. В этом направлении работы и у нас в стране и за рубежом находились на начальном этапе. Появились сообщения об интересах зарубежных фирм к этой проблеме и о принятых программах по созданию мощных приборов мм-диапазона.

Вокруг него собрался молодой талантливый коллектив специалистов: Мусатов В.С., Кейер А.П., Попов Л.Г., Аксенова Л.А. и др. Были получены первые обнадеживающие результаты, накоплен опыт работы с новым типом приборов.

После многочисленных обсуждений и дискуссий о различных вариантах с участием Гапонова-Грехова А.В., Толкачева А.А., научного руководителя НИИ «Титан» Афанасьева В.А. было принято решение о целесообразности и возможности постановки в начале поисковой, а в дальнейшем и опытно-конструкторской работы по разработке сверхмощной усилительной цепочки в мм-диапазоне длин волн с новым типом СВЧ-приборов – гироклистронами с выходной мощностью свыше 500 кВт и полосой усиливаемых частот в сотни мегагерц.

Нужно было создать кооперацию исполнителей, включающих разработчиков предварительных каскадов усиления, разработчиков ферритовых развязывающих устройств, разработчиков сверхпроводящих криомагнитных систем и разработчиков специальных измерительных комплексов, специфичных для сверхразмерных систем миллиметрового диапазона. В подготовке предложений по такой кооперации большую роль сыграли Толкачев А.А. и Левитан Б.А.

Во входных каскадах усилительной цепочки предполагалось разместить две лампы бегущей волны (ЛБВ) с выходной импульсной мощностью 1 кВт при скважности 10 сек общим коэффициентом усиления более 60 дБ в полосе частот 1000 МГц. Разработку входной ЛБВ предлагалось поручить КБ «Знамя» г.Полтава. Разработку промежуточной ЛБВ с выходной мощностью свыше 1кВт предлагалось провести в НИИ «Орион» г.Киев. Создание новых ферритовых развязывающих устройств в прямоугольном и круглом волноводах поручалось НПО «Феррит» г.Ленинград.

Сверхпроводящие криомагнитные системы могли быть разработаны в Специальном конструкторско-технологическом бюро Донецкого физико-технического института.

Со всеми предполагаемыми исполнителями были проведены предварительные обсуждения о возможности реализации поставленных задач, и практически везде мы встречали взаимопонимание и большой профессиональный интерес к этим новым задачам, что впоследствии всегда проявлялось в наших отношениях.

Решением комиссии Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам были утверждены предложения по кооперации предприятий по исследованию возможности создания сверхмощной усилительной цепочки приборов миллиметрового диапазона с гироклистронами на выходе для перспективных РЛС ПРО. Головным исполнителем был определен НИИ «Титан» (руководитель работ Мясников В.Е.). Соисполнителем работ этим же решением был определен Институт прикладной физики Академии наук СССР г. Горький (директор института – академик Гапонов-Грехов А.В.).

В организации работ в НИИ «Титан» решающую роль сыграл тогдашний научный руководитель института Афанасьев В.А. Опытный руководитель, сам прошедший путь от разработки новых СВЧ-приборов до их постановки в действующие военные системы, обладавший широкими профессиональными взглядами на перспективы развития вакуумной СВЧ-электроники, видел возможность реализации этой сверхсложной задачи на базе подразделения института, ориентированного на разработку и производство СВЧ-приборов со специальными требованиями к продукции военного назначения и имеющего замкнутый

технологический цикл от проектирования до испытаний готовых изделий. В это подразделение была переведена группа специалистов, занимавшаяся разработкой гироприборов в теоретическом отделе. Возглавить это новое направление и новый коллектив было предложено мне. Основными исполнителями работ, внесшим определяющий вклад в решении возникающих проблем, были Кейер А.П. Мусатов В.С. Аксенова Л.А, Попов Л.Г. Рядом с ними были молодые специалисты Ничипоренко В.О., Агапова М.В., Алякринская И.М.

Фактически мы начинали с нуля. Работы в миллиметровом диапазоне в НИИ «Титан» до этого момента не проводились. Нужно было начинать с создания механической, измерительной и испытательной базы. Следует отметить, что внимание к этим работам со стороны работников ВПК Дубровского В.С. Кондратьева Л.С., Шалаева В.И., руководства Министерства электронной промышленности (министр Шокин А.И.) и Первого главного управления МЭП (начальник Якименко И.Т., Главный инженер Козлов Ю.А., начальник отдела Калашников В.Г., ведущий специалист Ледовский Н.П.) было постоянным и действенными. Нам удалось в относительно короткие сроки получить высокоточные станки, измерительное оборудование миллиметрового диапазона, технологическое оборудование для сборки приборов. При поддержке руководства НИИ «Титан» (директор Девяткин И.И.) была создана испытательная база для проведения экспериментальных работ по созданию новых типов сверхмощных приборов миллиметрового диапазона. Ход работ постоянно обсуждался на специальных заседаниях у научного руководителя НИИ «Титан» Афанасьева В.А.

К моменту начала работы достигнутый в нашей стране уровень параметров в области разработки гироклистронов характеризовался следующими значениями: максимальная выходная импульсная мощность была получена около 100 кВт на макетах с непрерывной откачкой на однократных импульсах в длинноволновой части миллиметрового диапазона в Институте прикладной физики (г.Горький), максимальная выходная непрерывная мощность в гироклистроне около 10 кВт была достигнута в длинноволновой части миллиметрового диапазона в НИИ «Исток» г.Фрязино, в НИИ «Титан» на гироклистроне в 2-х см-диапазоне была получена непрерывная мощность около 20 кВт.

Полосовые свойства гироклистронов в момент начала работ практически не были известны, экспериментальные работы в этом направлении не проводились, не были известны фазово-частотные характеристики, а главное возможность реализации необходимой совокупности параметров сверхмощных гироклистронов, требующихся для перспективной РЛС ПРО, никогда до этого момента не рассматривалась и даже не анализировалась.

За рубежом, в основном в этот период в США, были опубликованы программы работ фирм «Varian», NRL, «Hughes» по созданию сверхмощных источников миллиметрового диапазона на гироприборах и прежде всего по созданию гироклистрона в диапазоне 28 ГГц с выходной импульсной мощностью 400кВт и полосой рабочих частот 400 МГц. Насколько велики были трудности на пути реализации такого комплекса параметров, можно было судить по результатам, полученным американскими специалистами в рамках этой программы: максимальная импульсная мощность была достигнута 76 кВт при КПД менее 9% и полосе частот менее 150 МГц. Главным ограничением, как отмечали разработчики, было возбуждение паразитных сигналов на других не рабочих частотах. Фактически, как выяснилось потом при личных контактах с американскими коллегами, после этого работы были приостановлены.

Несколько по иному было состояние дел за рубежом в области разработки традиционных СВЧ-приборов миллиметрового диапазона и, прежде всего, в области ЛБВ.

Фирма «Siemens» рекламировала ЛБВ RW3010 в длинноволновой части миллиметрового диапазона с выходной непрерывной мощностью 1 кВт при коэффициенте усиления 42 дБ.

Фирма «Varian» разработала ЛБВ в длинноволновой части миллиметрового диапазона с выходной импульсной мощностью 30 кВт и средней мощностью 9 кВт, магнитное поле для этой ЛБВ создавалось с помощью внешнего массивного соленоида. Это подтверждало

растущий постоянный интерес за рубежом к применению миллиметрового диапазона для специальных систем вооружения. Именно на этих приборах, как стало известно впоследствии, была создана экспериментальная РЛС миллиметрового диапазона для целей ПРО на атолле Квиджелейн.

В нашей стране работы в области разработки ЛБВ миллиметрового диапазона находились на уровне поисковых научно-исследовательских работ, и потребовалось приложить немало усилий, чтобы сформировать представления о возможных путях реализации пакетированной широкополосной ЛБВ с требующимся комплексом параметров.

Практически с самого начала работ между специалистами НИИ «Титан» и коллективом Института прикладной физики Академии наук установились эффективные профессиональные и деловые взаимоотношения, способствовавшие успешному решению возникающих проблем. Непосредственными участниками работ стали сотрудники ИПФ АН Юлпатов В.К., Соколов Е.В., Засыпкин Е.В., Антаков И.И., Гачев И. и др. Их теоретические исследования и накопленный опыт работы с экспериментальными макетами гиротронов и гироклистронов в значительной мере предопределил успешное решение поставленной задачи. Большую роль в нашей успешной совместной деятельности сыграл тогдашний заместитель директора ИПФ АН по научной работе Флягин В.А. Он прекрасно понимал насколько сложен переход от экспериментальных физических макетов к промышленным образцам приборов с конкретными требованиями по выполнению конструкторской и технологической документации, с контролем производственных процессов при изготовлении приборов, с сертификацией измерительных и испытательных средств. При многочисленных совещаниях в его уютном кабинете в ИПФ АН мы обсуждали текущие и перспективные задачи и практически всегда находили приемлемое решение. В течение всего периода проведения работ мы ощущали постоянный интерес и помощь со стороны директора института академика Гапонова-Грехова А.В.



Во время обсуждения проблем по разработке гироприборов (Гапонов-Грехов А.В., Агапова М.В., Петелин М.И., Мясников В.Е.)

Первой проблемой, которую нам пришлось решать, была проблема выбора схемы построения широкополосного сверхмощного гироклистрона, получившего название

«Стремя-2», с импульсной выходной мощностью свыше 500 кВт. Эта проблема после многочисленных обсуждений и обширного фронта экспериментальных исследований была решена путем выбора схемы гироклистрона с двумя резонаторами на высшей моде H_{02} и применением низкодобротных резонансных электродинамических систем. За счет использования новых оригинальных решений удалось получить устойчивое усиление на рабочих частотах, сделать то, что не смогли решить американские специалисты. Была получена выходная импульсная мощность 400-500 кВт, на отдельных экспериментальных макетах достигалась мощность свыше 600 кВт. Теоретически были определены пути повышения мощности до одного мегаватта.

Поскольку схема двухрезонаторного гироклистрона принципиально ограничивала коэффициент усиления величиной около 20 дБ, пришлось для обеспечения устойчивой работы усилительной цепочки в целом поставить вопрос о необходимости введения еще одного каскада усиления на гироклистроне. Такое предложение не сразу было воспринято положительно. И в этот раз проявилось взаимное понимание как со стороны и разработчиков станции в целом, и разработчиков передающего устройства, и со стороны разработчиков СВЧ-приборов, что предложенное решение является оптимальным и необходимым. Это, конечно, приводило к дополнительному усложнению всего передающего устройства, но, как оказалось впоследствии, создало условия высокой надежности работы всей усилительной цепочки.

В качестве промежуточного каскада усиления был создан гироклистрон «Стремя-1» с тремя резонаторами на рабочей моде H_{01} с выходной мощностью свыше 50 кВт с коэффициентом усиления свыше 30 дБ и полосой рабочих частот 350 МГц.

Немало усилий было положено в решение проблемы получения средней мощности в десятки киловатт. Нужны были новые подходы к оптимизации параметров и конструкций теплонагруженных элементов гироклистрона, поиск и применение новых технологических процессов, и применение новых материалов. В решении этой проблемы большую роль сыграл Хмара В.А. Разработанные им методы расчетов теплонагруженных элементов прибора, предложенные оригинальные способы охлаждения конструктивных узлов, введенные критерии оценки долговечности элементов прибора позволили решить проблему получения высоких значений средней мощности в разрабатываемых гироклистронах.

Наибольшие трудности в процессе работы были связаны с возможностью получения полосы рабочих частот 350-500 МГц на выходе усилительной цепочки. Во входных каскадах на ЛБВ эта проблема была решена успешно. Решена эта проблема была и на гироклистроне в промежуточном каскаде с рабочей модой H_{01}. На гироклистроне в выходном каскаде с рабочей модой H_{02} в рамках проведения ОКР не удалось получить полосу рабочих частот более 200 МГц. И здесь, как и во многих других случаях проявилось полное понимание сложности этой проблемы со стороны, прежде всего, Главного конструктора станции Толкачева А.А., со стороны разработчиков передающего комплекса Левитана Б.А. и Колоса В.И. Полученные значения полосы рабочих частот были приемлемы для первого этапа создания экспериментального образца станции. Кроме того, теоретические оценки параметров гироклистронов и отдельные экспериментальные результаты показывали принципиальные возможности получения полосы частот до 500 МГц в сочетании с выходной мощностью свыше 500 кВт. Эти оценки нашли подтверждения в результатах дальнейших работах по гироклистронам, но уже вышедших за рамки описываемых работ.

Введение промежуточного каскада на гироклистроне практически сняло как проблему необходимость получения высоких значений коэффициента усиления на отдельных каскадах усилительной цепочки. На выходном двухрезонаторном гироклистроне «Стремя-2» достаточно стабильно достигалось усиление свыше 20 дБ без оптимизации величины входного сигнала в полосе частот. В такой же степени это относилось к величине коэффициента усиления промежуточного трехрезонаторного гироклистрона «Стремя-1», значение которого составило около 30 дБ.

Гироприборы, в силу своих физических принципов взаимодействия электронного потока с ВЧ полями открытых электродинамических систем, обладают достаточно высокими значениями КПД в оптимальных режимах. Однако, для широкополосного взаимодействия не всегда удается реализовать эти режимы, поскольку прежде всего решается задача устойчивого одномодового усиления входного сигнала. Поэтому на первых образцах гироклистронов значения КПД составляли 20-25%. В дальнейшем была показана возможность существенного повышения этих значений до величин 40-50% без применения рекуперации.

Значительное внимание было уделено при разработке гироклистронов изучению и измерению фазовых характеристик нового класса СВЧ-приборов, поскольку до этого ничего не было известно об этих характеристиках. Удалось в сравнительно короткие сроки создать специальные средства измерения и разработать методики, учитывающие особенности измерений в сверхразмерных структурах.

Совместно с НИИ радиофизики на территории НИИ «Титан» была смонтирована штатная аппаратура полигонного комплекса, где в условиях максимально приближенных к будущей РЛС проверялась работоспособность новой усилительной цепочки СВЧ-приборов миллиметрового диапазона. Специалистами НИИ радиофизики и сотрудниками НИИ «Титан» в короткие сроки были установлены разработанные в НИИ радиофизики источники питания всех СВЧ-приборов, сверхпроводящие магнитные системы, элементы волноводных трактов и ферритовых развязывающих устройств. На этой штатной аппаратуре была продемонстрирована стабильная работа усилительной цепочки, что позволяло с оптимизмом оценивать будущую работу передатчика РЛС.

Уже через три с половинной года после начала работы по созданию новых по классу СВЧ-приборов миллиметрового диапазона в рамках поведения ОКР мы начали поставку промежуточных образцов приборов для отработки элементов передающего комплекса новой РЛС миллиметрового диапазона. Этому способствовали надежные конструкторско-технологические решения, заложенные при разработке гироклистронов. Творческий и высоко профессиональный подход к разработке конструкции гироклистронов и внедрение новых технологических процессов при изготовлении отдельных узлов и приборов в целом были реализованы ведущими конструкторами и технологами Костыной А.Н., Ильиным В.Н., Третьяком Н.М., Ерошевым В.К., Масленниковым О.Ю, Исаевой Л.И., Артюх Т.И.

Вскоре работы переместились на полигон, расположенный в районе озера Балхаш.

Рассказывает Попов Л.Г., отвечавший за организацию и проведение динамических испытаний гироклистронов:

В работах по созданию гироклистронов «Стремя I» и «Стремя II» для станции «Руза» я отвечал за проведение динамических испытаний при их изготовлении и при сопряжении с аппаратурой станции. Хотя с 1982 г. стендовый комплект штатной аппаратуры уже был установлен в ГНПП «Торий» и использовался для тренировки и испытаний приборов, именно процесс вживления гироклистронов в организм РЛС (в этом меня поддержит подавляющее большинство разработчиков электронных приборов) был наиболее непростым и трудоемким. Использование гироприборов в реальной аппаратуре было внове как для разработчиков этой аппаратуры, так и для создателей самих гироклистронов. При заводских испытаниях мы вручную подстраивали параметры рабочего режима: напряжение и ток эмиссии катода, величину входной мощности и магнитного поля. В штатном режиме РЛС вмешательство оператора минимально, рабочий режим включается по командам центрального пульта управления. Это не только не исключало, но даже усиливало важность предварительного оптимального подбора рабочих режимов, которые впоследствии автоматически воспроизводятся при включении передатчика. Помню свой демарш на одном



Попов Л.Г.

из первых этапов настройки передатчика РЛС. Мне пришлось заявить, что не буду выполнять эту требующую особой тщательности и аккуратности работу, пока не буду иметь для ее проведения хотя бы несколько часов непрерывного рабочего времени. Напомню, что для создания магнитного поля в гироклистронах используются сверхпроводящие соленоиды, заключенные в криостаты и работающие при температуре жидкого гелия. Дефицит времени образовывался тогда из-за неготовности систем замкнутого цикла производства и распределения жидкого гелия, в отсутствие которого период работоспособности усилительной цепочки, включающей два гироклистрона, составлял всего около 40 мин. Происходили, конечно, и другие отказы аппаратуры, выявлявшие ее слабые места и требовавшие иногда доработки или даже изменения схемы отдельных блоков. Бывало, что такие отказы также вызывали длительный простой в работе с гироклистронами. Естественно, такие нестыковки вызывали неудовольствие и протест «пострадавшей» стороны. К счастью, коллектив и связывающая его атмосфера общего дела, сложившиеся в процессе создания РЛС «Руза», позволяли быстро сглаживать конфликты и устранять причины, их порождавшие. Надо сказать, что как раз это чувство сопричастности к большому общему делу до сих пор будит ностальгические воспоминания, и именно его порой так не хватает в наше время. С уважением вспоминаю тех людей, с которыми довелось в тот период наиболее плотно взаимодействовать в рабочие часы и с удовольствием общаться в часы отдыха (например, на рыбалке на берегу Балхаша). Кроме естественного лидера, Главного конструктора РЛС Толкачева А.А., упомяну здесь команду разработчиков передатчика: Левитана Б.А., Колоса В.И., Доминюка Я.В., Хроможенкова В., Плаксина А., Зубенко А., «тематика» Соловьева Г.К, конструктора Смирнова В.В., наладчика Нижегородова Н. и мастера Кожановского В..

Для меня работа в проекте «Руза» явилась вообще первым опытом участия в создании РЛС. Абстрактно я, конечно, представлял себе сложность комплекса в целом, но гораздо полнее ощутил ее, увидев воочию многие из систем станции. Особое впечатление на меня, как на новичка, произвела антенна. Причем, даже антенна «Рузы», РЛС 8-мм диапазона, имеющая диаметр 8м, выглядела очень убедительно. А уж антенна, работавшей в комплексе с «Рузой» обзорной РЛС «Истра», имеющая диаметр 24 м (вот одно из наглядных преимуществ мм-диапазона длин волн), показалась просто колоссом и при том весьма подвижным. Как раз во время моего визита проводилось тестирование антенны, и она перемещалась с высокой скоростью одновременно по азимуту и углу места.

Отложился в памяти и тот знаковый момент, когда режимы всех 4-х каскадов усилительной цепочки уже были тщательно подобраны в местном управлении, и ее работоспособность впервые проверяли при централизованном управлении, моделирую работу передатчика в боевом режиме. Для меня несколько необычно было наблюдать, как без моего привычного участия включается накал гироклистронов (вначале форсированный, чтобы обеспечить требуемое время готовности), вводится заданный ток в соленоиды, включаются предварительные каскады цепочки, подается напряжение на выходные каскады. Можно сказать, что гироклистроны, к которым долгое время относились, как к неким игрушкам, подтвердили при этом свой вполне надежный эксплуатационный статус.

Наиболее памятным, конечно, явилось то событие, когда РЛС «Руза» впервые осуществила захват и сопровождение цели диаметром всего 1 м. Больше всего поздравлений адресовалось, естественно, Главному конструктору станции и членам центральной команды, Но и я, и мои коллеги, представлявшие в приемной комиссии разработчиков гироклистронов, также испытывали чувство законной гордости.

Коллективы разработчиков отдельных каскадов усилительной цепочки СВЧ-приборов и других элементов всегда находили взаимопонимание и приемлемые решения. Между коллективами разработчиков установились профессиональные дружеские отношения.

Для входного каскада усилительной цепочки была разработана ЛБВ в КБ завода «Знамя» г. Полтава. Руководитель работ – Чабань В.М.

Разработка промежуточной ЛБВ с выходной мощностью 1 кВт велась в НИИ «Орион» г.Киев под руководством Перекупко В.А. В процессе работы в короткие сроки были решены основные принципиальные проблемы создания пакетированной широкополосной ЛБВ с эффективной системой фокусировки электронного потока периодическим магнитным полем с помощью самарий-кобальтовых магнитов. Была создана технологическая база и проведены конструкторско-технологические работы по высокоточному изготовлению резонаторных замедляющих систем малых размеров, широкополосных согласующих устройств и выводов энергии. Были разработаны методы неразрушающего контроля изделий и отдельных узлов на стадиях сборки приборов. Поставки первых образцов приборов начались уже на этапе НИР. Мы часто встречались в Киеве, нас всегда принимали с традиционным радушием. Это сейчас приходится подчеркивать, как особенность, но тогда все это было естественным. Мы все были охвачены желанием решить сверхзадачу, чувствовали свою сопричастность к решению большой государственной проблемы, направленной на повышение обороноспособности нашей страны.

Задача разработки криомагнитных систем для обеспечения работы гироклистронов решалась в Специальном конструкторско-технологическом бюро Донецкого физико-технического института под руководством Курочкина В.И. и Лаптиенко А.Я.. Этим коллективом были разработаны и изготовлены сверхпроводящие катушки с заданным распределением магнитного поля с высокой стабильностью на достаточно протяженном однородным участке, разработаны и изготовлены криостаты, принципиально рассмотрены возможности долговременной работы криомагнитных систем после одной заливки жидким гелием. Следует подчеркнуть, что такие работы проводились впервые применительно к условиям работы экспериментального полигонного комплекса.

Ферритовые развязывающие устройства разрабатывались в НПО «Феррит» г.Ленинград под руководством Селиверстова А.А., Куневича, Лебедя Б.М. Основные проблемы разработки ферритовых развязывающих устройств миллиметрового диапазона определялись высоким уровнем проходящей мощности, широкополосностью сигналов, использованием сверхразмерных электродинамических систем. Предложенные разработчиками новые подходы к решению этих проблем полностью оправдались. Были разработаны надежные конструкции развязывающих устройств между всеми каскадами усилительной цепочки, обеспечивших стабильную работу. Оригинальное решение было найдено для развязывающего устройства в круглом сверхразмерном волноводе, размещенным между выходным и промежуточным гироклистронами.

Оглядываясь назад, в то время, когда эти работы проводились, в памяти открываются преимущественно положительные воспоминания о той атмосфере, в которой мы работали. Эта атмосфера создавалась конкретными людьми и конкретными коллективами, объединенными одной целевой задачей создания уникального, не имеющего аналогов в мировой практике очень перспективного, как нам тогда казалось, радиотехнического комплекса оборонного назначения.

Я уже говорил о той исключительной роли, которую играли Толкачев А.А., Левитан Б.А. и другие сотрудники ЦНПО «Вымпел», а впоследствии НИИ радиофизики в понимании наших проблем в разработке СВЧ-приборов нового класса. Это понимание всегда присутствовало и у представителей заказчика от Минобороны, которые курировали наши работы. Госкомиссии по приемке различных этапов этих работ, проводившиеся под председательством Ломакина В.М., Ильина С.М., Панченко Л.В. носили творческий и деловой характер. Обсуждение полученных результатов, проведение многочисленных испытаний, характерных для процесса проведения Госкомиссий, отличались высоким профессионализмом, желанием понять сущность и разобраться в физических, технических и технологических обоснованиях решения различных проблем, возникавших при разработке нового класса мощных СВЧ-приборов миллиметрового диапазона.

Основные НИОКР-ские работы были завершены в 1984-1985 гг. В дальнейшем во ФГУП НПП «Торий» на базе штатной аппаратуры передатчика полигонного комплекса были

организованы работы по поставке приборов усилительной цепочки мм-диапазона для комплектования передающего устройства РЛС «Руза». Большую помощь в успешном проведении этих работ оказали руководители предприятия в лице Генерального директора Артюха И.Г. и Главного инженера Михалева А.К.



Генеральный директор ФГУП НПП «Торий» Артюх И.Г. и Главный конструктор сверхмощной усилительной цепочки приборов мм-диапазона начальник отделения ФГУП НПП «Торий» Мясников В.Е. около одного из образцов гироприбора, 1992 год

В организации испытаний, проведении поставок образцов приборов и их включении на полигонном комплексе значительный объем работ провели Клыковский Н.М., Евгранов Б.С., Барабанов В.М., Сигалаев В.Н., Хоменко Н.Е.

В 1990 году нам впервые разрешили участвовать в Международной конференции по миллиметровым волнам, которая проходила в городе Суздале, с докладами, касающимися проблем создания усилительных гироприборов в миллиметровом диапазоне длин волн. Доклады, которые я делал на этой конференции, тщательно проверялись нашими соответствующими службами, поскольку к этому времени основные результаты и особенно направленность работ по созданию новых типов СВЧ-приборов миллиметрового диапазона носили грифы секретности. В докладах речь шла о некоторых физических исследованиях и проблемах по созданию нового класса приборов. Интерес к этим докладам со стороны зарубежных специалистов был очень высок. После возвращения с конференции меня

пригласил к себе директор и попросил подробно рассказать о том, как прошли доклады. Я рассказал, что строго придерживался того текста, который был утвержден экспертным советом для открытой публикации на Международной конференции. Оказывается, как выяснилось впоследствии, спецслужбы выразили озабоченность тем фактом, что слишком много вопросов было задано по моим докладам.

На этой конференции я встретился и познакомился со многими ведущими зарубежными специалистами в области мощных вакуумных приборов СВЧ, труды которых тщательно изучал. Один из них – француз Жорж Мурье, корифей в области мощных электровакуумных приборов, сделавший классические работы по двумерно-периодическим замедляющим системам. Поскольку это была и область моих научных интересов, мы быстро нашли взаимопонимание. Он оказался приятным собеседником, мы обсуждали перспективные проблемы электродинамики двумерно-периодических замедляющих систем и проблемы применения открытых сверхразмерных систем в вакуумных приборах миллиметрового диапазона.

Наше знакомство в дальнейшем продолжалось при посещении фирмы Thomson, где он последние годы работал советником, консультируя работы по гироприборам, а также на различных конференциях.

На этой же конференции я познакомился с одним из ведущих специалистов фирмы Varian Джори, который был тогда руководителем работ по гиротронам в этой фирме. Фирма «Varian» была в то время основным производителем гиротронов за рубежом, их достижения были нам известны по публикациям. При обсуждениях выяснилось, что многие проблемы, возникающие при создании новых приборов, аналогичны нашим проблемам, и многие подходы к их решению совпадают с нашими. Мы очень быстро стали понимать друг друга. Джори в дальнейшем способствовал установлению контактов между руководством НИИ «Титан» и его фирмой.

В 1994 году наши работы были открыты для публикаций, и мы уже более подробно доложили результаты на XX международной конференции по миллиметровым и инфракрасным волнам, проходившей в Англии в городе Калчестере. Наши доклады вызвали ажиотажный интерес, нас подробно интервьюировали и в процессе докладов и в промежутках. Подчеркивался очень высокий уровень достигнутых параметров, предлагались различные виды сотрудничества. Признавалось существенное отставание в этом направлении у разработчиков западных фирм. После этой конференции, особенно в США, резко были активизированы работы в этом направлении. К работам были подключены такие фирмы как NRL и Varian (сегодняшнее название фирмы CPI), специалистами которых были получены очень хорошие результаты по разработке усилительных гироклистронов в диапазоне 94 ГГц с выходной мощностью свыше 100 кВт при скважности 10 с полосой рабочих частот до 1000 МГц.

К сожалению, у нас в стране работы продолжались с ослабевающим темпом и носили преимущественно поисковый характер.

В последние годы практически на всех международных конференциях по вакуумной СВЧ-электронике сообщаются новые результаты по разработке мощных усилительных гироприборов миллиметрового диапазона. Эти работы активно ведутся в США, Китае, Японии и других странах. В США реализуется проект радиолокационного комплекса, в передатчике которого будут размещены гиротвистроны миллиметрового диапазона.

Однако уровень наших пионерских работ до сих пор остается непревзойденным.

8. РАЗРАБОТКА ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИХ ТРАКТОВ КОГЕРЕНТНОСТНЫХ РЛС

Развитие теории и практики применения сигналов со сложными видами внутриимпульсной модуляции, а также когерентного накопления последовательностей импульсных сигналов, позволило радикально улучшить основные тактико-технические характеристики РЛС, снизить зависимость их от импульсной мощности зондирующих сигналов, что в свою очередь, позволило улучшить эксплуатационные характеристики станций. Однако реализация этих возможностей потребовала ужесточения требований когерентности и фазовой стабильности зондирующих сигналов.

Вопросам формирования зондирующих и вспомогательных сигналов с высокими характеристиками посвящена настоящая глава.

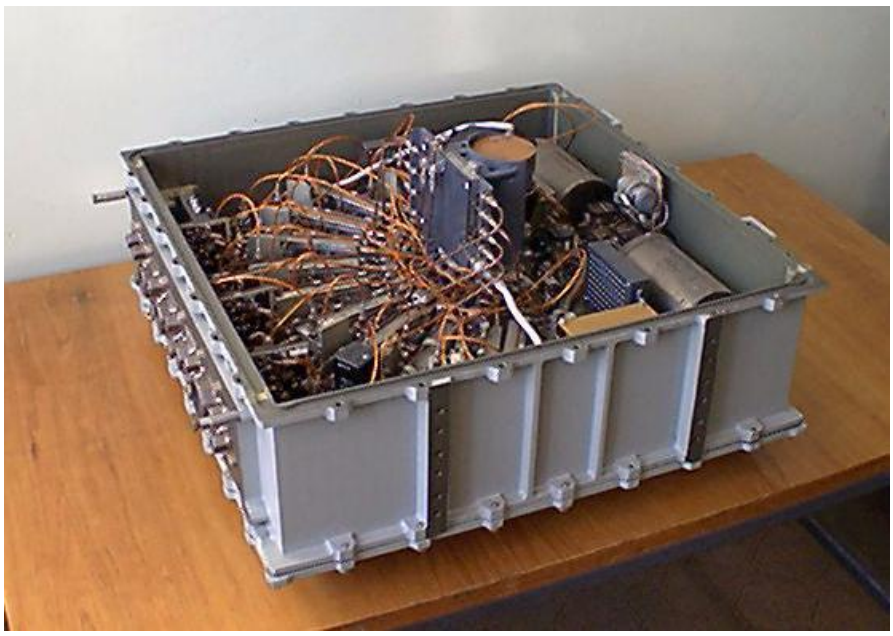
Очков Д.С., Силаев Е.А.



Рукунов В.Н.

По указанию Бубнова в декабре 1979 года был создан сектор приемных устройств и аналоговой обработки сигналов, который являлся прообразом будущего НИО. Возглавил сектор Рукунов В.Н.

В это время НИИ радиофизики была поручена разработка пассивного радиолокатора (радиометра) космического базирования диапазона длин волн 60 ГГц. Разработка проводилась под руководством Бубнова Г.Г., Ляхова Ю.А., Курикши В.А. Следует отметить, что это была первая, доведенная до опытного образца, разработка функционально-законченного радиотехнического устройства, которая была начата и закончена в НИИ радиофизики. Нашему коллективу была поручена разработка аналогового тракта радиометра. Задача была поставлена непростая. Необходимо было разработать стоканальный приемник с полосой 10 ГГц и центральной частотой 60 ГГц с флуктуационной чувствительностью $\Delta T \leq 0{,}1$ К. За три года бывшие «антенщики» провели разработку РКД, изготовили и провели испытания опытных образцов блока СВЧ и блока НЧ.



Блок СВЧ-радиометра

К уникальным изделиям, входящим в состав этих блоков, можно отнести вырожденный параметрический усилитель на диодах Шоттки с накачкой частотой 120 ГГц, малошумящие высокостабильные гетеродины на диодах Ганна, быстродействующие волноводные электромеханические переключатели с малыми потерями и многое другое. Основными разработчиками являлись Рукунов В.Н., Очков Д.С., Семенцов Ю.С., Терехин М.Я., Фонарев Я.И., Бобылев И.А., Кусов Г.А.

Помимо создания радиометра наше подразделение в начале 80-х годов активно занималось разработкой приемо-формирующих устройств для мощных СВЧ-систем. Среди сотрудников эти системы получили наименование «оружие возмездия». К ним относились солнечные электростанции космического базирования, системы ПРО, поражающими элементами которых являлись не ракеты, а сфокусированный СВЧ-луч и многое другое. При внимательном рассмотрении оказалось, что для того, чтобы смонтировать на орбите электростанцию диаметром около одного километра, необходимо такое количество пусков ракетоносителей, которое приведет к разрушению озонового слоя Земли. А для работы системы СВЧ ПРО необходима мощность нескольких Днепрогэсов. Тем не менее, разработки были проведены вплоть до реализации экспериментальных образцов фрагментов систем и показали возможность выполнения заданных требований.

К интересным разработкам этого периода следует отнести создание фазометров, позволяющих измерить фазу импульсного радиосигнала длительностью не более единиц микросекунд в режиме реального времени. Эта разработка была проведена совместно с сотрудниками Киевского политехнического института, возглавляемым Шарпаном О.Б.

Под эти работы благодаря усилиям Бубнова у НИИ радиофизики создавались филиалы по всему Союзу, развивалась технологическая база. Был заложен фундамент (скрытый сейчас под автостоянкой) технологического корпуса типа «Кисловодск».

Наступило время «перестройки» и «ускорения». 29 октября 1986 года трагически оборвалась жизнь Бубнова. Из НИИ радиофизики ушла команда Ушакова и пришла команда Толкачева и Левитана. Мы стали заниматься более приземленными и реальными задачами миллиметровой радиолокации. Тогда «цифра» только начинала пробивать себе дорогу в радиолокационной технике, а поэтому формирование и обработка сложных сигналов производилась в аналоговой форме, используя различные физические явления от поверхностных акустических волн до ядерного магнитного резонанса. В результате были созданы уникальные дисперсионные ультразвуковые линии задержки, позволяющие осуществлять формирование и свертку ЛЧМ сигналов с базой в несколько тысяч. Длина кварцевых подложек достигала 30-40 см.

В декабре 1991 года было образовано НИО под руководством Очкова Д.С. В него вошли два научно-исследовательских отдела (Рукунов В.Н., Формальнов И.С.), конструкторская группа (Мороз В.Б.), технологическое подразделение микроэлектроники (Сударенко А.А.). Такая структура позволяла проводить разработку от технического задания до опытных образцов практически в рамках одного подразделения, что значительно ускоряет разработку и повышает ее качество. Такая структура сохранена по настоящее время.

Наступил 1991 год. Распался СССР. Отсутствие госфинансирования (госзаказ менее 10%). Конверсия. На этом этапе наше подразделение, используя большой научно-технический потенциал, разработало полную линейку оборудования для спутникового телевидения с параметрами, не уступающими мировым образцам. Однако все попытки запустить это оборудование в серию на заводах провалились из-за непомерной цены готовой продукции, в которую вкладывались накладные расходы величиной 500-700%.

В это время нами были проведены «уникальные» ОКРы по созданию электронных устройств отпугивания волков от овечьих отар, индивидуального учета коровьего поголовья и многое другое. Мы выживали.

Освоение все более высокочастотных диапазонов длин волн на протяжении последних десятилетий остается устойчивой тенденцией развития современной радиотехники. Это в полной мере касается радиолокационных систем и устройств. Следует отметить, что

одновременно идет переход на использование когерентных РЛС, позволяющих значительно повысить потенциал и точностные характеристики радиолокационных систем. Для решения задачи обеспечения когерентности разработчикам аппаратуры формирования зондирующих, опорных, гетеродинных и синхросигналов требуется соблюдать ряд условий при выборе схемотехнических решений и построении структуры устройства.

Начиная с конца 90-х годов прошлого века в ОАО «Радиофизика» под руководством Толкачева, Петросова и Левитана были развернуты активные работы по созданию многофункциональных когерентных РЛС. Нашему подразделению была поставлена задача разработки формирователей зондирующих сигналов, сигналов гетеродинов и опорных частот. Прежде чем приступать к разработке, необходимо было сформулировать требования к параметрам этих сигналов, обеспечивающих когерентность локатора. Результатом горячих споров с нашими главными тематиками, Толкачевым А.А. и Марковым В.А., стало появление целого ряда печатных трудов, в которых эти требования были сформулированы и обоснованы, а также намечены пути аппаратурной реализации блоков формирования гетеродинных сигналов и опорных частот для когерентных РЛС.

Это сейчас ясно, что интервал когерентности гетеродинов и опорных частот должен быть не менее времени запаздывания (время распространения зондирующего сигнала до объекта зондирования и обратно) и что это верно при условии использования одних и тех же гетеродинов и опорных частот при преобразовании по частоте сигналов в передающих и приемных трактах, а также при формировании и обработке сигналов. Выяснилось, что при использовании одного и того же опорного генератора интервал когерентности локатора уменьшается обратно пропорционально увеличению рабочей (несущей) частоты, а решающий вклад в паразитный набег фазы дает сигнал первого гетеродина. Стало ясно, что при проектировании аппаратуры формирования опорных частот особое внимание следует уделять синтезу верхних частот.

В настоящее время существуют следующие способы получения высокостабильного колебания сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн:

– перенос колебания высокочастотного кварцевого генератора в см-мм диапазон с использованием умножителей частоты высокой кратности;
– перенос колебания кварцевого генератора в см-мм диапазон с использованием синтезатора частоты на выходной частоте гетеродина;
– перенос колебания кварцевого генератора в см-мм диапазон с использованием синтезатора частоты в промежуточном диапазоне с последующим его умножением.

Достоинство умножителей частоты в том, что с их помощью можно получить колебание с более низкими фазовыми шумами на малых отстройках от несущей, чем с помощью систем ФАПЧ. При этом, чтобы обеспечить приемлемые технические характеристики умножителей частоты (побочные составляющие спектра, энергопотребление, габариты и вес, стоимость), частота опорного кварцевого генератора должна быть выше 50..70 МГц.

Преимущества систем ФАПЧ перед умножителями следующие:

– возможность установки требуемой выходной частоты, не обязательно кратной частоте кварцевого генератора;
– возможность перестройки частоты во время работы, получение сетки частот;
– низкие фазовые шумы на высоких отстройках от несущей;
– возможность использования в качестве опоры высокостабильных низкочастотных генераторов.

Безотносительно к способам формирования гетеродинных сигналов безальтернативным источником высокостабильных опорных колебаний для таких формирователей является транзисторный автогенератор, стабилизированный кварцевым резонатором.

Проведенные исследования показали:

– на пикосекундных и микросекундных интервалах когерентности (интересны, в частности, для создания детальных радиопортретов целей) необходимо использование как можно более высокочастотного кварцевого генератора;

– на миллисекундных интервалах наиболее оптимальным представляется кварцевый генератор, разработанный в ОАО «Радиофизика» для РЛС «Лама-М»;

– когерентность на секундных интервалах измерения обеспечивает низкочастотный кварцевый генератор, работающий на некоторой частоте, лежащей в диапазоне частот (2,5…4) МГц, в котором добротность кварцевых резонаторов достигает своего абсолютного максимума ($> 2\times10^6$).

Результатом творческих поисков и напряженного труда стало появление в 2002 году блока формирования сигналов и опорных частот (БФСОЧ) для многофункциональной когерентной РЛС «Лама-М».

Аппаратура БФСОЧ размещается в оригинальной конструкции типа «книжка», представляющей собой блок с откидными боковыми стенками, на которых установлены функциональные узлы. На торцевой передней панели установлен врубной разъем, включающий в себя все низкочастотные и СВЧ внешние соединения за исключением волноводных. Такая конструкция при общей компактности и высокой плотности размещения позволяет обеспечить свободный доступ ко всем функциональным узлам. Это значительно облегчает настройку и устранение неисправностей. Применение врубного разъема позволяет оперативно производить монтаж–демонтаж блока.



Общий вид БФСОЧ

Схема БФСОЧ построена таким образом, что все опорные, гетеродинные и синхросигналы формируются от одного высокостабильного источника колебаний, а при переносе зондирующих сигналов с промежуточной частоты на несущую и преобразовании эхо-сигналов с несущей частоты на промежуточную используются одни и тех же опорные и гетеродинные сигналы. В качестве опорного используется термостатированный кварцевый генератор. Проведенные расчеты показали, что при использовании БФСОЧ с этим опорным генератором достижимая длительность когерентного сигнала составляет 5 – 10 секунд, а возможная дальность действия когерентного локатора 20-30 тысяч километров, что соответствует интервалу когерентности 0,1 – 0,2 секунды.

В целом результаты разработки, создания и испытаний БФСОЧ, предназначенного для использования в составе когерентного локатора Ка – диапазона свидетельствуют о выполнении заданных требований. Разработанный блок может быть использован во вновь разрабатываемых и проектируемых РЛС Ка диапазона.

Разработка БФСОЧ была выполнена большим коллективом сотрудников ОАО «Радиофизика» (Очков Д.С., Формальнов И.С., Силаев Е.А., Кусов Г.А., Молчанов Е.Г., Терехин М.Я., Шилов В.П., Ратцева Л.В., Бобылев И.А.), конструирование и изготовление блока осуществлялось под руководством Гращенкова В.И., Мороза В.Б., и Сударенко А.А. Участие в разработке принимали специалисты МГУЭТ (Кочетков В.Ю., Метельков П.В., Зайцев А.Н.) и ООО «Радис» (Головенко Ю.Н.).



Коллектив НИО-7
В первом ряду: Сударенко А.А., Формальнов И.С., Очков Д.С.,
Ратцева Л.В., Терёхин М.Я.
Во втором ряду: Молчанов Е.Г., Силаев Е.А., Кусов Г.А., Шилов В.П., Бобылев И.А.

Накопленный нашим коллективом опыт был использован при создании приемо-передающей аппаратуры для обзорных когерентных РЛС $К_а$ – и Х – диапазонов.

В настоящее время НИО поручена разработка приемо-передающего блока для когерентной РЛС Ка – диапазона «Моренос РЛК». Помимо уже традиционных решений в этой разработке используется оригинальный способ формирования сверхширокополосного (300 МГц) когерентного ЛЧМ сигнала. Такой сигнал предлагается формировать путём ступенчатого переноса по частоте пачки более коротких с меньшей девиацией ЛЧМ импульсов. Для сохранения когерентности каждый элементарный ЛЧМ сигнал переносится на несущую частоту отдельным гетеродином, а преобразование его на промежуточную частоту в приемном тракте производится этим же гетеродином.

Рассказывает Силаев Е.А., начальник сектора ОАО «Радиофизика»:

В начале 80-х годов прошлого века я работал в НИИ радиоприборостроения в отделении приёмных устройств, начальником которого был Бесчастнов А.П., под непосредственным руководством Бруевича А.Н. Это было время, когда шла интенсивная

апробация недавно созданной РЛС «Неман», сопровождаемая бесчисленными ночными проводками разнообразных летающих объектов. Нередко приходилось работать на полигоне Сары-Шаган по два месяца подряд практически без выходных. Иногда в два часа ночи садишься в автобус, развозящий разработчиков по гостиницам и около трёх его покидаешь лишь затем, чтобы в восемь утра обратно в него сесть. В одном из пренебрежимо малых интервалов времени между нашими нечасто пересекающимися командировками на полигон Алексей Николаевич сообщил мне, что предстоит интересная работа по новой теме «Лямбда» и что в миллиметровом диапазоне необходимо получить результаты по когерентности гетеродинов и выходных сигналов формирующего устройства такие же, какие были нами получены в сантиметровом. Я в ответ сразу же заметил, что для этого, вероятно, придётся повысить частоту сигнала задающего кварцевого генератора, по крайней мере, на порядок. Иначе на доступной в СССР элементной базе паразитный набег фазы (тогда это называлось «нестабильностью набега фазы») в единицы градусов на интервале измерения 5 миллисекунд реализовать не получится. Через несколько дней Бруевич рассказал мне, что решено, в основном, повторить блок-схему неманского формирующего устройства вообще и его частоту задающего кварцевого генератора в частности. «А если не получится, вот тогда в отдельное время и отдельные деньги…». И так далее. В тот век, весьма далёкий от века остроумных программистов, модного анекдота про солнце, которое «Работает? Ну и не трогай!», видимо, ещё не существовало, но зато действовал его аналог – древнерусский закон: от добра добра не ищут. А так как на «Немане» нам удалось получить весьма добрые результаты в области когерентности, то там наверху более добрые или более добрыми путями решили не получать. При этом, как это принято у нас, разработчика не спросили. Стоит заметить, что все анекдоты по существу делятся на три группы: остроумные софизмы, неостроумные софизмы и парадоксы, так как неостроумных парадоксов не бывает в принципе. Анекдот про работающее солнце, который теперь слышишь даже от тех, кому сам его недавно рассказал, относится к остроумным, но софизмам. То есть воспринимается как остроумная истина, но не есть истина. Хотя остроумная. В недавнее время на Руси прекрасно работала телега на лошади, а в Европе фура на паре першеронов – та самая, которая переехала голову нобелевского лауреата по физике Пьера Кюри – первооткрывателя не только радиоактивных полония и радия (совместно с Марией Склодовской), но и пьезоэлектрического эффекта, положившего начало созданию кварцевых резонаторов и кварцевых генераторов, на них работающих. Однако если на некоторое время забыться, лёжа на безупречно работающей телеге (в фуре) и радуясь её хорошей работе, то ровно через то же время окажется, что «Мерседес» построили уже другие.

Тем не менее, пришлось подчиниться. Для начала на заводе им. Козицкого в Ленинграде (в настоящее время «Морион» в Санкт-Петербурге) были заказаны кварцевые резонаторы. Это сейчас «Морион» их делает долго. А тогда он делал их очень долго. И сделал их несколько меньше по размерам, но значительно хуже по параметрам, чем когда-то для «Немана». На фазометрическом стенде, разработанном Бруевичем, первые результаты по фазовой нестабильности получились плохие. То есть не только хуже, чем по техническому заданию, но даже хуже, чем я предполагал. Но решение пришлось выполнять до упора. Сначала на московской площадке, затем ввиду осенних волн Балхаша. Как раз во время аварии на подстанции, снабжающей электроэнергией первую в мире мощную РЛС миллиметрового диапазона длин волн «Руза», в ноябре 1987 года, когда температура в помещении, где было установлено устройство формирования сигналов гетеродинов и зондирующих сигналов, равнялась +4˚С. И неделю не поднималась выше шести. Как-то раз я что-то там делал с нестабильной фазой в полном одиночестве, так как все помощники (представители ГПТБ и так далее) убежали греться в свои гостиницы. В это время в помещение вошёл тепло одетый Лев Степанович Кирильчук. В качестве технического руководителя. Он поздоровался со мной и сел на холодный стул. Затем он несколько минут задумчиво смотрел на всё это. Затем мы некоторое время обсуждали полученные результаты. Но, видимо, холод холодного стула прошёл даже сквозь его тёплую одежду. Тогда он встал,

выразил мне своё восхищение, и я снова остался один. Ноги на железном полу через несколько часов остыли до такой степени, что использовать их для того, чтобы протиснуться между задними стенками шкафов с аппаратурой, на которых подобно почерневшим от мороза виноградным лозам живописно свешивались бесчисленные кабели, ряд которых был для дополнительной экранировки в «железных чулках», способных легко обновить любую одежду, и непосредственно железной стеной помещения было не просто сложно, а очень сложно. А пролезть было надо. Так как кабель с разъёмом X надо было открутить, а кабель с разъёмом Y прикрутить обратно. Дело в том, что фазометрический стенд, который на московской площадке представлял собой функционально и конструктивно законченную вещь, на объекте монтажа был очень остроумно встроен прямо в шкафы с аппаратурой устройства формирования гетеродинов и зондирующих сигналов. Поэтому надо было собрать схему измерения, используя как штатные блоки, образующие естественный тракт прохождения сигналов, так и блоки, необходимые только для измерения нестабильности фазы этих сигналов.

После каждого измерения становилось жарко. А затем снова холодно. И так далее и тому подобное. Примерно то, что в программировании называется бесконечным циклом, выйти из которого можно с помощью оператора «break». Если же в бесконечный цикл попадаешь ты сам, то и «break» приходиться говорить самому себе.

Все эти убийственные цифры были в конце концов оформлены рядом протоколов. После чего было принято моё предложение j-ой давности об увеличении частоты задающего кварцевого генератора в десять раз. И поручено мне. Первым делом я посетил «Фонон», где в то время разрабатывались и изготавливались те самые высокочастотные кварцевые резонаторы, которые составляли мою мечту идиота на тот отрезок времени. Там я познакомился с главным разработчиком этих резонаторов Мошковским А.С. И Анатолий Станиславович рассказал мне, что хотя высокие частоты у них в моде уже давно, в новом мелком корпусе они освоены пока недостаточно, и процент выхода правильных резонаторов ещё очень мал. И если нам надо несколько штук, то лучше заказать сто. Всё это я изложил руководству, и было решено заказать сто. Тогда я позвонил Мошковскому и порадовал его этим решением. В ответ он назвал неплохие сроки. Но через несколько дней, когда мы вместе с Бруевичем пошли получать главную подпись под финансовым документом, её владелец наотрез отказался нам её предоставить. Он заявил, что нам морочат голову, и можно заказать кварцы значительно дешевле. И заказал. После чего Мошковский мрачным голосом сообщил мне по телефону, что заказ НИИРПа его руководство передвинуло в конец списка. И что мне следует рассчитывать на задержку исполнения заказа порядка пяти месяцев или больше. Если среди этих двадцати будут годные, – добавил он. Но так как у меня с Мошковским уже установились хорошие рабочие отношения, он подарил мне несколько штук, хотя и низкочастотных, зато прецизионных кварцевых резонаторов, предназначенных для космических приложений. В ожидании выполнения заказа мы (Бруевич, я и два наших помощника из молодых специалистов) то усовершенствовали фазометрический стенд, убеждаясь, что различные его варианты приводят к одним и тем же результатам, то измеряли фазовую нестабильность сигналов, полученных из опорных колебаний разнообразных, но всё-таки низкочастотных кварцевых генераторов, убеждаясь, что все генераторы в смысле фазовой нестабильности действительно разные. То есть имеют свои собственные фазовые шумы. Чтобы уложиться в заветные 8˚ на интервале измерения 5 миллисекунд, оставалось сократить паразитный набег фазы всего в четыре раза.

Наконец были изготовлены сначала 8 пробных, а затем и 12 основных высокочастотных резонаторов. При этом Мошковский один на один сообщил мне, какие из них наиболее правильные.

30 мая 1991 года в комнате 718 на московской площадке НИИРПа был получен первый положительный результат: 7,4 угловых градуса на интервале измерения 5 миллисекунд. Чтобы почувствовать сложность решённой задачи, можно мысленно представить себе, что надо измерить не длину удава в попугаях, а длину земного экватора в муравьях с точностью

до муравьиной головки а, главное, добиться, чтобы Земля поддерживала размер своего экватора с точностью до половины муравья.

Итак, 25 июня в Москве был подписан долгожданный протокол. В начале июля сначала я, а затем Бруевич вылетели на полигон. Правильные блоки с правильными кварцами я вёз с собой в рюкзаке. Сначала его внутренности долго изучал главный командир на внуковском контрольно-пропускном пункте, а затем мне пришлось заплатить за перевес. Перевес был очень приличный, так как с собой пришлось брать весь необходимый инструмент, ибо на полигоне можно было разжиться разве что гаечными ключами, которые в изобилии валялись на обочинах всех секретных дорог. 6 августа 1991 года были получены 6,6˚ вместо 8˚ и 9.08.91г. на девять дней позже срока был подписан главный протокол №30, подлинник которого через два года после события, как раз в год моего перехода в «Радиофизику», мне любезно предоставил Георгий Константинович Соловьёв, подпись которого от НИИРФ стоит на этом протоколе слева от моей. Итак, Устройство ЮАГ и Система ЮА с этого момента полностью соответствовали ТУ, «Руза» обрела рекордную когерентность, а Алексей Николаевич Бруевич в автореферате к своей докторской диссертации написал следующее: «Так, наиболее жёсткое требование, с которым пришлось столкнуться в техническом задании на разработку, было сформулировано следующим образом: нестабильность набега фазы выходного колебания в КВЧ диапазоне за время 5 миллисекунд не должно превышать 8 градусов. Для реализации указанного требования пришлось очень тщательно проработать структуру устройства формирования сигналов гетеродинов и просчитать нестабильность набега фазы как с точки зрения шумовых, так и технических составляющих. После изготовления аппаратура требовала тщательной настройки на объекте монтажа с тем, чтобы обеспечить расчётные характеристики».

Но премию мы всё же не получили, так как на неделю не уложились в срок. Хотя возможность сделать эту работу, по крайней мере, на полгода раньше, как мы видим, была.

9. МОЩНЫЕ СВЧ-СИСТЕМЫ

Удивительно, но 2000 лет тому назад некоторые люди осознали, что в области медицины недостаточно формальных ограничений и правил, необходимы ограничения морально-этического порядка (Клятва Гиппократа). В современных понятиях ее можно выразить так: не навреди здоровью пациента, не применяй методов лечения и лекарств, в отношении которых ты, как специалист, не уверен в их безвредности, не навреди.

Представляется, что в области прикладной науки было бы полезно сформулировать аналогичное положение. Оно могло бы звучать так: не обещай того, в чем ты, как специалист, не уверен. Помни, что ты можешь нанести вред благосостоянию общества, от которого зависит здоровье и жизнь миллионов людей.

Это, конечно, не относится к писателям-фантастам, труды которых по недомыслию часто называют «научно-фантастическими». Алексей Николаевич Толстой не понимал разницы между некогерентным и когерентным источником излучения, это не помешало ему создать прекрасный, захватывающий роман об инженере Гарине и предвосхитить эпоху рассвета лазерной техники. Это при том, что научные посылки в его книге были некорректны. Ограничения инженеров-исследователей и писателей-фантастов не только различны, они находятся в разных плоскостях.

9.1. СВЧ-ЭНЕРГЕТИКА В ОАО «РАДИОФИЗИКА»

Шапошников С.С., Покрас С.М.

История НИИРФ началась задолго до присвоения КБРП этого названия. Руководил КБРП весьма энергичный и молодой директор Бубнов Г.Г. Фирма охотно бралась за любые промышленные разработки антенн и поэтому высоко ценилась у руководства Министерства радиопромышленности. В результате были выделены деньги на строительство пятнадцатиэтажного здания в Тушино, куда впоследствии и переехало КБРП из помещений барачного типа, где оно находилось ранее. Помещение там было заставлено столами и кульманами, а между ними ходил директор и руководил сотрудниками. При этом он с удовольствием рассказывал посетителям об антеннах и задачах фирмы.

В Тушино фирма окрепла и значительно увеличила число сотрудников. Этому содействовали в первую очередь авторитет и связи директора, который за короткое время написал кандидатскую диссертацию. Высокий уровень диссертации позволил рассматривать ее как докторскую. В результате Бубнов стал доктором и затем профессором. Им была создана отраслевая кафедра при Московском физико-техническом институте по электродинамике. Появилось много выпускников Физтеха, выращенных внутри предприятия. Все они, как правило, были талантливы и высокообразованны. Наличие своей школы и диссертационного ученого совета в КБРП придало еще больший авторитет фирме и ее руководителю. Но он понимал, что одних разработок антенн для фирмы мало.

В это время параллельно с указанным выше становлением КБРП появилось новое направление в области СВЧ-энергетики. Работы по этому направлению считались весьма перспективными, и для проведения их были выделены большие ресурсы. Выполнение работы было поручено НИИРП ЦНПО «Вымпел». Научным руководителем был назначен Ушаков О.А., а главным конструктором экспериментальных стендов – Бурлаков Ю.Г.

Руководство Минрадиопрома вскоре приняло решение о переводе группы сотрудников, занимающихся СВЧ-энергетикой, из НИИРП в КБРП. Были переведены руководитель темы Ушаков, группа тематиков под руководством Шапошникова С.С. и группа по разработке

мощных усилительных устройств под руководством Жигулина Л.Н. В группу тематиков для усиления был передан из теоретического отдела КБРП сектор Ерихова В.Г. В группу усилительных устройств были добавлены Колобов В.А. и ряд других сотрудников. Одновременно с указанным переводом название предприятия было изменено на НИИРФ им. академика Расплетина.

Конечно, для указанного перевода одного желания директора КБРП было недостаточно. Чтобы понять, почему руководство радиопромышленности приняло решение о переводе темы в КБРП, надо вкратце описать взаимоотношения вокруг этой темы в то время. Конец 70-х годов. Вдруг появляется предложение создать мощное энергетическое устройство, которое позволит решить ряд экологических и энергетических проблем, как на Земле, так и в Космосе. Руководство Минрадиопрома заинтересовалось этим предложением и открыло соответствующую работу. В качестве научного руководителя темы был назначен не автор предложения Авраменко Р.Ф., а человек более надежный и проверенный, им был Ушаков. Почему же это произошло. Остановимся на этом более подробно.

Авраменко Р.Ф. был, несомненно, человеком талантливым и изобретательным. Но у него было два недостатка. Во-первых, он оказался способным идти на конфликты с руководством. Примером тому был его конфликт со своим директором академиком Минцем А.Л. Во-вторых, он был не известен Главному руководителю всех перспективных дорогостоящих исследований члену Политбюро Устинову Д.Ф.

Ушаков с момента окончания института в 1950 г. был распределен в КБ-1, где в короткое время стал начальником отраслевого отдела по разработке приемных устройств радиолокационных станций. Будучи человеком контактным и способным, он был замечен Кисунько и назначен руководителем подразделения, которое работало над созданием лазерной техники. Здесь он и защитил докторскую диссертацию. В составе коллектива, руководимого им, оказался Устинов Н.Д. (сын Дмитрия Федоровича Устинова), который учился в аспирантуре. Ушаков стал его научным руководителем. Однако, вскоре из подразделения по лазерной технике создали институт «Астрофизика», куда к удивлению Ушакова директором был назначен не он. Ушаков перешел на работу в качестве заместителя директора Физического института АН СССР. Появившаяся в это время вакансия научного руководителя новой темы по СВЧ-энергетике была предложена ему, и он был назначен главным инженером НИИРП, куда в это время был переведен Авраменко со своим коллективом.



Минц А.Л. Генеральный конструктор, создатель средств системы предупреждения о ракетном нападении, Герой Социалистического Труда, академик Академии наук СССР

При исследовании проблем СВЧ-энергетики надо было оценить, какие уровни плотности потока энергии требуются для решения тех или иных задач. Поэтому было запланировано создание ряда установок (стендов). Наиболее мощной и дорогостоящей был стенд ТОР-1, который предполагалось создать на Химкинской территории НИИРП силами большого числа предприятий соисполнителей под руководством НИИРП. Главным конструктором стенда ТОР-1 был назначен Бурлаков Ю.Г., 33 завода СССР участвовали в создании этого стенда. Работы контролировал начальник отдела Совета Министров Дубровский В.С., который еженедельно посещал место дислокации. Стенд был создан в срок, а Бурлаков был назначен директором НИИРП вместо Аксенова Ю.Н., которого сделали генеральным директором ЦНПО «Вымпел», в которое входил НИИРП, вместо переведенного на должность замминистра Маркова В.И.

Указанные кадровые перестановки способствовали принятию решения о переводе работ из НИИРП в КБРП. Это несколько разгружало переполненный заказами НИИРП и наполняло КБРП серьезной электронной тематикой, которой ему не хватало для становления институтом. В НИИРФ эта тема приобрела еще большую значимость, чем ранее, будучи в НИИРП. Предприятия-участники по поставленной проблеме стали работать еще более интенсивно, привлекая новых соисполнителей. Появились первые успехи в работе.

Наибольшего размаха тема достигла в 1980 году. Бубновым для неё был создан режим наибольшего благоприятствования. Научный руководитель темы Ушаков был назначен заместителем директора по научной работе. Тематическое подразделение, переведённое из НИИРП, во главе с Шапошниковым С.С., было усилено сотрудниками теоретического отдела во главе с Малакшиновым Н.П.: Гармашом В.Н., Ериховым В.Г., Тюльпаковым В.Н., Ключником А.В., Пузанковым В.Ф., Петровским А.В. и другими. Тогда же по этой теме стали работать молодые специалисты – выпускники Физтеха: Курикша В.А., Пузанков А.Ф., Топчиев С.А. Были созданы ранее отсутствовавшие в КБРП отделы передатчиков (начальник Кияко В.И.) и приёмников (начальник Рукунов В.Н.).



Курикша В.А.

Первой работой по этой теме была разработка и изготовление в 1970 – 1972 гг. сфокусированной сферической антенной решётки из 192 рупоров для работы на высоком уровне излучаемой мощности в составе установки ТОР-1. Разработка была выполнена на очень хорошем профессиональном уровне начальником лаборатории Трофимовой М.В. и ведущим инженером Липкиным А.М., участвовал в этих работах и Шелудченко А.Н. Конструкторские работы и курирование изготовления осуществлял Дереча Ю.Г. под руководством Ремизова Б.А. В процессе разработки были созданы стенды для отработки одиночного рупора, в том числе при высоком уровне мощности, и линейки из 14 рупоров, соответствующей одной строчке полной сферической решётки. Антенная решётка имела хорошие параметры, обеспечивала требуемую фокусировку излучения, и за всё время дальнейшей эксплуатации к её работе не было претензий. В начале семидесятых годов разработку аппаратуры контроля излучения для установки ТОР-1 вел инженер (тогда молодой специалист и комсомольский вожак) Швецов В.П. В эти же годы титаническую разработку таблиц соединений для передатчика установки 7Т выполнил Левитан Б.А. (тоже молодой специалист, работавший тогда в ОКБ «Вымпел»).

Установка ТОР-1 заработала в полную силу. С помощью Головного промышленно-технологического предприятия (ГПТП г.Москва) удалось обеспечить необходимое для экспериментов число часов включения установки. Удавалось даже обеспечивать одновременное включение всех 192 каналов, которые создавали сфокусированное в вакуумную камеру излучение СВЧ-энергии. Уровень этого излучения и пределы изменения давления в вакуумной камере были достаточны для получения новых экспериментальных данных, неизвестных ранее в мировой практике. По результатам исследований было опубликовано много работ в различных журналах и защищено несколько диссертаций. Следует отметить большой вклад при проведении экспериментов на установке институтами АН СССР, и особенно ИОФАН, ИРЭ, ИВТАН (все г.Москва) и ИПФ (г.Нижний Новгород). Регулярно проводились семинары под руководством начальника отдела НИИРФ Свиридонова А.И. Следует отметить большой личный вклад Рабиновича М.С. (к сожалению рано ушедшего), Ботанова Г.М., Коссого И.А., Рухадзе А.А. от ИОФАН и Гапонова А.В., Литвака А.Г., Петелина М.И. от ИПФ. Особую роль в развитии и становлении программы работ сыграл замдиректора ФИАН АН СССР академик Прохоров А.М., который был фактически руководителем всех физических исследований по этой программе.

В НИИРП были начаты физические исследования на установках ТОР-1 и ДОР-3. Они проводились силами отделов тематического НИО-1, возглавляемых Свиридоновым А.И. и Хворостяным Ю.И.

Работы по разрабатываемой программе были значительно расширены. Вышло постановление правительства о разработке аванпроекта на научно- экспериментальный комплекс. В разработке этого проекта принимали участие многие предприятия различных ведомств. Энергетические параметры комплекса должны были позволить выполнить ряд поставленных задач. Такой комплекс представлялся в виде активной ФАР километрового размера. Комплекс состоял из одинаковых модулей с зеркалами около 5 метров в диаметре, работающий на базе созданного уже для этих целей мощного клистрона «Верба». Аванпроект был разработан и в основном одобрен заказчиком. Готовилось постановление о разработке эскизного проекта на этот научно-экспериментальный комплекс.



Гармаш В.Н.

В разработке экспериментального комплекса (ведущий тематик, начальник сектора Покрас С.М.) участвовали многие подразделения института. Разработку антенных модулей возглавлял Коротков В.Д., предложивший и реализовавший оригинальную излучающую структуру. Очень большая высококвалифицированная работа была проделана Корчёмкиным Ю.Б. по созданию и отработке технологии для массового изготовления дешёвых (но с хорошими параметрами) блоков антенных фазовращателей. Волноводная разводка разрабатывалась под руководством Воронцова В.Н. Разработка блоков управления фазовращателями проводилась под руководством Ульянова В.А. Головные образцы антенных модулей были испытаны в полевых условиях, и в дальнейшем было изготовлено около 50 экземпляров.

В разработке передатчика реализовал свой опыт Кияко В.И. и отлично зарекомендовал себя на новом для себя поприще Денисенко В.В. Успешно решали проблемы создания приёмных каналов Рукунов В.Н. и Очков Д.С.

Разработку разветвлённой сети контроля функционирования очень большого объёма аппаратуры вёл Горлов М.Г., на базе тогда ещё не очень развитой микропроцессорной техники. Большая творческая работа была проделана конструкторами (начальники отделов Цыганков Б.И. и Глезерман Е.Г.). В разработке контрольно-юстировочной аппаратуры проявил квалификацию и творческий потенциал коллектив отдела, возглавлявшийся Страховым А.Ф. Сложнейшие задачи создания алгоритмов управления наземным экспериментальным комплексом решали Гармаш В.Н., Пузанков В.Ф., Этов В.И. «Высший пилотаж» по вопросам надёжности выполнял Намиот Е.Ю.



Намиот Е.Ю.

Эскизный проект экспериментального комплекса был разработан в 23 толстых книгах. Был выполнен большой объём макетирования, начато создание крупномасштабного макета на объекте (разработана конструкторская и проектная документация, изготовлена значительная часть аппаратуры).

Одним из направлений в рамках темы была разработка радиометра (ведущий тематик начальник сектора Ляхов Ю.А.). В этой разработке активно участвовали Курикша В.А. и Пузанков А.Ф.

В развитие разрабатываемой проблемы была открыта новая программа, которая была названа «Арка». Интересна история открытия этой темы. Однажды на Химкинскую территорию, где располагались стенды НИИРФ ТОР-1 и ДОР-3, приехали для ознакомления два министра: министр радиопромышленности Плешаков П.С. и министр энергетики Непорожний П.С. Оба были в восторге от увиденного, и у них появилась идея: а почему бы ни использовать созданный задел по передачи энергии через космос из центральных районов СССР на Дальний Восток. Проблема электроснабжения удаленных территорий страны стояла у энергетиков очень остро. Строительство линий передачи обычным способом, на столбах, была непосильна нашей экономике. Поэтому было сочтено целесообразным провести сравнение стоимости передачи энергии обычным способом и способом с использованием СВЧ-луча. В результате была открыта НИР «Арка», по которой был также

разработан соответствующий проект. Предусматривалась передача энергии СВЧ-пучком на волне 12,5 см через переотражатель, расположенный на геостационарной орбите. Проект показывал очень высокие стоимости создания, но рассматривался головным предприятием Минэнерго «Энергосетьпроектом», как вполне перспективная работа.

В НИИРФ были начаты работы по «морской» тематике с использованием мощного СВЧ-излучения. Однако после выпуска не очень убедительного технического предложения работы особого развития не получили, и основным плюсом от их проведения являлось начало работ по созданию аппаратуры восьмимиллиметрового диапазона.

В целом, разработка указанной проблемы сыграла положительную роль не только в формальном превращении специализированного КБРП в НИИРФ, но и в становлении его в качестве предприятия, способного осуществлять разработки функционально законченных аппаратурных комплексов.

Однако, в ходе постановки перечисленных работ, появились некоторые весьма влиятельные оппоненты, выступающие против реализации этой программы. Одним из определяющих эпизодов процесса оппонирования явилось рассмотрение результатов работ по теме на одном из периодических совещаний, проводимых главным конструктором Басистовым А.Г. На этом совещании присутствовали основные руководители по работам, относящимся к рассматриваемой проблеме. Из присутствующих следует отметить академика Харитона Ю.Б. и ведущего идеолога предприятия «Титан», разрабатывающего мощные ЭВП, Афанасьева В.А., которые выступили против продолжения работ по рассматриваемой программе. Надо отметить, что в это время началась «перестройка» и финансовые возможности были значительно сокращены. Результатом было прекращение работ по СВЧ-энергетике. Взамен в НИИРФ была передана радиолокационная тематика во главе с Толкачевым А.А.

Следует отметить большой вклад проведенных работ по СВЧ-энергетике в науку и технологию. Опубликовано большое количество работ в периодической литературе, защищены многие кандидатские и докторские диссертации, разработан и создан ряд новых технологических элементов, разработано большое количество отчетов по теме. Научный и технологический задел используется до настоящего времени во многих современных разработках.



Группа сотрудников: Второй – Ушаков О.А., седьмой – Шапошников С.С.



Поздравление Шапошникова С.С. с 60-летием
(Бубнов Г.Г., Швецов В.П., Шапошников С.С., Русаков Л.В.)



Шапошников С.С. поздравляет Бубнова Г.Г. с 50-летием,
в центре – Петросов В.В.

9.2. К ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ СВЧ-СИСТЕМ

Ботавин В.П.

Автору представляется, что основная проблема создания эффективной системы противоракетной обороны заключается не в выборе средств поражения атакующего боевого блока межконтинентальной баллистической ракеты. Средства поражения существуют или могут быть созданы, и они обойдутся дешевле создания и доставки к наземной цели атакующей боеголовки. Однако для их применения защищающейся стороне должно быть известно, что ее атакует действительно опасный объект, должны быть известны координаты и составляющие скорости на значительной части траектории полета объекта в реальном времени. Проблема не в том, как поражать, а в том, что, где и когда поражать. Основная проблема ПРО – информационное обеспечение средств поражения. Именно эту функцию призваны выполнять в системе ПРО ее радиолокаторы, и альтернативы им в решении этой задачи пока нет.

Нападающая сторона побеждает существующие системы ПРО за счет применения:

– радиопоглощающих покрытий боеголовок;

– облаков пассивных радиоотражателей;

– передатчиков и станций активных помех;

– легких и тяжелых ложных целей;

– маневра боеголовок и ложных целей, настильных траекторий;

– увеличения количества атакующих средств;

Для борьбы с вышеперечисленным радиолокатор располагает следующими возможностями:

– конечным временем наблюдения целей;

– определённой несущей частотой зондирующих сигналов и шириной частотного спектра;

– средней излучаемой мощностью зондирующих сигналов и площадью приемной и передающей антенн;

– определённой чувствительностью приемных каналов радиолокатора.

Обратим внимание на два важных обстоятельства.

Первое. Только среднюю мощность передатчика и площадь антенн разработчик наземного локатора может выбрать любыми (их величина ограничена лишь отпущенными на их реализацию ресурсами), величина остальных параметров ограничена природой или противником.

Второе. При увеличении излучаемой мощности и площади антенн радиолокатора нападающей стороне приходится уменьшать эффективную поверхность рассеяния своих боеголовок, в том числе путем применения радиопоглощающих покрытий, увеличивать плотность экранирующих облаков пассивных отражателей и мощность передатчиков помех.

Увеличение средней мощности локатора и площади его антенн является единственной возможностью эффективно бороться со средствами подавления информационного комплекса ПРО нападающей стороной. Таким образом, генеральным путем решения задачи ПРО наземного базирования для таких защищаемых объектов, как города, требующих внеатмосферного перехвата, является поиск технических решений, обеспечивающих снижение до допустимого уровня стоимости создания и эксплуатации радиолокационных систем с многократно увеличенной энергетикой. Это всегда отмечали и заказчики средств. Несмотря на резкое увеличение энергетики станций ПРО по сравнению с радиолокаторами предыдущих поколений, её всегда катастрофически не хватало.

Возможности радиолокатора при увеличении характерного размера приемопередающей антенны возрастают достаточно быстро – энергетический потенциал такого радиолокатора пропорционален четвертой степени эффективного диаметра антенны. В ходе рассмотрения вариантов радиолокаторов сантиметрово-миллиметрового диапазонов волн для

противоракетной обороны при увеличении средней излучаемой мощности и существенного увеличения размеров приемопередающей антенны возникают следующие новые возможности:

– появление пространственного разрешения по дальности за счет антенны (появляется, если зона ответственности локатора оказывается лежащей в ближней зоне «большой» антенны, в этом случае последняя фокусируется на конечную дальность, а не на бесконечность, как во всех современных локаторах);

– подавление приемников станций активных помех сильным сигналом вплоть до уничтожения приемников;

– окраска подогревом радиопоглощающих покрытий боеголовок для их последующей селекции по тепловому излучению.

Становилось также возможным уничтожение на внеатмосферном участке траектории надувных ложных целей. И, наконец, при достаточно высоком КПД передачи энергии её могло хватить и для уничтожения существующих головных частей.

Существовал еще один фактор, который для автора этих заметок оказался определяющим: когда сложившиеся обстоятельства заставили его делать выбор между вполне успешной и интересной работой в рамках разработок РЛС ПРО, я тогда был в Радиотехническом институте самым неприлично молодым начальником лаборатории с готовой, но по тем же причинам приличия не предъявляемой к защите кандидатской диссертацией и работой, которая была ее логичным развитием. Как все на свете, наше напряженное противостояние с Америкой рано или поздно должно было закончиться обменом взаимоуничтожающими ударами или как-то по-другому. Второе, конечно, было предпочтительнее, ради этого мы и работали.

В этом втором случае техника, которую мы с таким рвением создавали – совершенные радиолокаторы ПРО – должна была стать практически бесполезной и подлежащей вымиранию, так как в отличие от большинства других продуктов высокотехнологичной военной промышленности – кораблей, самолетов, ракет, спутников, автомобилей, наши изделия не являлись изделиями двойного назначения. Такое качество эти мастодонты могли бы приобрести, если бы подросли еще больше и вышли на уровень систем передачи энергии радиоволнами. Подобного рода средства, например, открывают новые возможности в ракетной технике и позволяют радикально улучшить способы освоения околоземного космического пространства. Возможны и другие применения, в том числе и в системах оружия, не связанных с ПРО.

Такова была ситуация перед разработкой первого научно-технического отчета, содержанием которого должно было явиться обоснованное предложение о развертывании исследовательских работ, связанных с созданием радиолокационных систем со сверхвысокой энергетикой. Добро от руководителя предприятия академика Александра Львовича Минца на выпуск такого труда было получено. Работа под руководством Римилия Фёдоровича Авраменко закипела и где-то во второй половине 1965 года была завершена. И нашего уважаемого директора и остальных потенциальных соавторов будущего изобретения, к сожалению, больше всего привлек обладающий новизной аспект предложения, связанный с возможностями нанесения ущерба атакующим воздушно-космическим целям непосредственно радиолучом. Поэтому на титульном листе труда появились слова «Предложение» и «оружие», последнее в дальнейшем на всех оказывало магическое действие, никого не оставляя равнодушным.



Авраменко Р.Ф.

Начал Римилий Авраменко формировать список фамилий с подписями, которые должны украсить титульный лист. Директорская фамилия рядом со словом «утверждаю» никаких сомнений не вызывала. Но при введении или не введении в авторский коллектив других фамилий, предопределяющих организацию дальнейших работ, возник спор. Разногласия к великому сожалению переросли в обычный конфликт под

девизом «кто в доме хозяин». Директор утверждать предложенный состав авторов отказался, испугался он роли свадебного генерала, хотя в действительности ему в проекте отводилась роль генерала Гровса, которой он в высокой степени соответствовал. Это не простое решение Александра Львовича имело тяжелые последствия для проекта – именно он был личностью, способной отделить позитивные составляющие работы от негативных.

Для начала Александр Львович прекратил эти работы в РТИ. С этой целью «Предложение» было объявлено личной инициативой тех, кто согласен с такой инициативой выступать после того, как директор продекларировал к ней свое негативное отношение. Большое число участников коллектива работу прекратила и отреклась от ранее выполненных материалов. Между прочим, среди этих дисциплинированных сотрудников были и будущий директор РТИ Слока В.К. и будущий глава «Вымпелкома» Зимин Д.Б. Тем не менее, «Предложение», подписанное в числе прочих авторов двумя начальниками лабораторий – Авраменко Р.Ф. и Ботавиным В.П.– появилось на свет. На этом первый этап развития темы завершился.

Второй этап начался с запуска процедуры официального отклонения «Предложения» Радиотехническим институтом. Настало время отработать свой хлеб для тунеядцев из так называемого теоретического отдела, для чего, как водится, была создана комиссия из сотрудников с учеными степенями. Противоборство сторон длилось больше года. Наибольшие споры вызывали те разделы «Предложения», в которых Авраменко делал предварительные качественные и количественные оценки возможности поражения объектов в космосе мощным СВЧ-излучением. В «Предложении» допускалось наличие такой возможности и предлагалось разобраться в этом с помощью экспериментов (первое описание требующихся для этого установок было предложено автором с участием Авраменко). Острота ситуации подогревалась тем, что руководство РТИ, считая вполне вероятным положительный исход экспериментов и, боясь возможных организационных последствий, билось не столько с нашей аргументацией, сколько с нами, и билось всерьез. Давление, в частности, на меня было настолько жестким и не по делу, что мой выход из боя без потери лица был совершенно исключен.

Теоретические модели, рассмотрение которых мы предлагали своим оппонентам, предусматривали создание плазмы, находящейся вблизи твердой мишени, облучаемой сильным СВЧ-полем. Системы близкого класса изучались в Физическом институте АН СССР в лаборатории академика Векслера В.И. в связи с попытками создания ускорителей плазменных сгустков. Батановым Г.М. и другими сотрудниками этой лаборатории к описываемому времени была создана экспериментальная установка с достаточно мощным источником СВЧ-излучения, на которой пытались ускорять плазму. Ускорение не получалось из-за эффектов, которые могли оказаться полезными в случае необходимости передачи энергии через плазму к мишени. Физики ФИАНа во главе с академиком Прохоровым А.М. высказались в пользу «Предложения». Одобрили их Капица П.Л. и разработчик ядерных ракетных двигателей член-корр. Иевлев В.М. Спор по существу поднялся до уровня Минрадиопрома, Военно-промышленной комиссии при Совете Министров и Оборонного отдела Центрального отдела партии. У «Предложения» появилась поддержка в Минрадиопроме – Зам. министра Шаршавин В.А. и у Заказчика – руководитель НТК ПВО Легасов Г.С. Высшие партийные инстанции в этот период вмешивались в разруливание ситуации в минимальной степени. В итоге было принято решение работу в предлагаемом направлении проводить, но выполнять ее не в РТИ, а в ОКБ «Вымпел» под руководством Кисунько Г.В.. В связи с этим из РТИ в ОКБ в апреле 1967 года были переведены восемь сотрудников, в их числе Авраменко и Ботавин. Так завершился второй этап работ по теме.

Потери противоборствующих сторон в закончившейся войне были ужасающими. Александру Львовичу сохранить лицо в полной мере не удалось. Коллектив РТИ, выращенный Минцем А.Л. на принципах преданности делу, увидел, как директор вынужден был отступать от своего правила признавать правоту того, кто прав, а не того, у кого больше

прав. Прибегнув к административному давлению, он утратил возможность управлять, опираясь на личный авторитет. Расколотый и ослабленный гражданской войной коллектив не смог защитить своего достойнейшего создателя, когда вскоре стали «уходить» и самого Александра Львовича. Мы же, оказавшись на положении эмигрантов, изгнанных из родной страны, обречены были тратить огромные усилия на любой шаг вперед, в том числе на то, что играючи мог «перемолоть» дееспособный коллектив РТИ.

Предстояло начать работы по нашей программе. В ОКБ «Вымпел» нас распределили по разным подразделениям СКБ-56. Начальником СКБ был назначен Ушаков О.А., его заместителем Устинов Н.Д., сын министра обороны Устинова Д.Ф. СКБ занималось, вызвавшим у нас шок, откровенным шарлатанством, быстро растущая толпа сотрудников, вытягиваясь в струнку перед начальством, усердно и с нулевым результатом делала вид, что строит мощные лазеры, не очень горюя о том, что не имеет практически никакого представления о том, с чем им приходится иметь дело. Они стремились выделиться из ОКБ в самостоятельное предприятие и нашими проблемами не интересовались. Попытки загрузить работой другие подразделения ОКБ, каждое из которых держало круговую оборону в войне с соседями, были ими успешно отражены. Причем не только потому, что подразделения не хотели, но и потому, что не могли (классический неспозавистит по Н.Паркинсону). В частности, например, когда мы попытались ОКБшных антенщиков подключить к созданию ключевого элемента первой экспериментальной установки – двухзеркального открытого резонатора, внутри которого мы собирались получать высокие интенсивности СВЧ-поля, оказалось, что они такого не проходили, им такого не задавали, а когда они по-дружески ознакомили нас со своими представлениями о требуемых точностях изготовления зеркал, допусках на их позиционирование, о способах возбуждения резонатора и т.п., стало ясно, что все предстоит делать самим. Аналогичная ситуация возникла и с мощным СВЧ-генератором, который должен был питать резонатор – местным умельцам для его создания требовались годы, плюс десяток решений ВПК и большая кооперация вспомогательных предприятий – они работали только по такому алгоритму.[1]

Но глазам страшно, а руки делают. На подряде у СКБ-56 уже были сотни внешних контрагентов в оборонных министерствах и ведущих институтах Академии наук. Ничто не помешало нам заключить договор о совместной работе с ФИАНом, и на его территории с привлечением задела Батанова наконец начать строить то, что мы считали нужным. Все, конечно, делалось без привлечения какого-либо конструкторского ресурса или других специализированных подразделений, то есть, как водится у физиков, только своими руками и с помощью макетного производства.

Как уже упоминалось, основными элементами первой установки являлись открытый резонатор достаточного объема и мощный генератор СВЧ-поля. Третьим элементом была камера с переменным внутренним давлением вплоть до глубокого вакуума, имитирующего космический. В камере размещался резонатор. Главным богатством фиановцев был уникальный импульсный магнетрон, разработанный на предприятиях Министерства электронной промышленности, и который по мощности не уступал, а по энергии одиночных импульсов намного превосходил то, что имели в одном приборе для своих станций разработчики мощных РЛС ПРО (для станций он не годился из-за низкой средней мощности и невозможности стабилизировать несущую частоту импульса). Для наших же экспериментов он подошел идеально. Герман Батанов «кормил» этого зверя от самого примитивного модулятора на воздушном разряднике. Я смонтировал для него хороший

[1] Примечание редактора: ОКБ «Вымпел» имел в ту пору очень сильный и дееспособный коллектив отраслевых разработчиков, сумевший очень быстро создать радиолокационные установки «РЭ», позволившие измерить поверхности рассеивания головных частей баллистических ракет, и первую в мире экспериментальную систему ПРО- Систему «А». Трудности, которые испытывал коллектив Авраменко-Ботавина были, в известной степени, связаны с тем, что он рассматривался коллективом ОКБ «Вымпел» как «Троянский конь» в разворачивавшейся борьбе руководства Минрадиопрома с руководителем ОКБ «Вымпел» Г.В. Кисунько и его тематикой.

модулятор на мощном тетроде от модулятора передающего устройства РЛС «Истра». Буквально на свалке нашлась вполне приличная камера из нержавеющей стали, которая после доработки стала тем, что требовалось. Собранный таким образом стенд впоследствии в отчетах стали называть установкой ДОР-1 (двухзеркальный открытый резонатор первый). Построили ее три инженера – Авраменко, Ботавин, Долженков А.А. и два техника – Грачев Л.П. и Харитонов Ю.М. Мне, в частности, вдвоем с токарем из ФИАНовского макетного производства пришлось своими руками выдавить на токарном станке основные элементы резонатора – два медных сферических зеркала диаметром 0,7 м (ни я, ни токарь прежде ничего подобного не делали, руководство производства на всякий случай запретило нам эту небезопасную процедуру).

Установка ДОР-1 позволила нам, по-видимому, впервые в мире, получить в фокальном пятне резонатора плазму электрического СВЧ-пробоя воздуха в свободном пространстве, в том числе при давлении в одну атмосферу. Наблюдался также поверхностный СВЧ-разряд на металлической мишени в глубоком вакууме. В целом ДОР-1 показала возможности резонаторной методики исследования взаимодействия мощного СВЧ-поля с веществом. Следующим шагом должно было стать увеличение СВЧ-энергии, накапливаемой в резонаторе и подводимой к мишени. Для этого следовало увеличивать полезный объем резонатора. С этой целью на территории ФИАНа была построена более крупная установка ДОР-2, повторявшая схему ДОР-1. Она сделала наблюдаемые эффекты более отчетливыми, но качественно новых не дала.

В целом можно было констатировать, что начало работ оказалось успешным: экспериментальные установки заработали так, как ожидалось, и продемонстрировали предсказанные эффекты – косвенные признаки возможности получения поражающего воздействия на объекты. Вокруг нас стали собираться физики, которым в связи с новизной ситуации было что изучать, в том числе в плазме как таковой. Стали расползаться слухи о том, что у нас что-то получается. Коллектив, работавший по теме, увеличился до двух нормальных лабораторий – Авраменко и Ботавина. Первая по терминологии ОКБ «тематическая», вторая «отраслевая». Первая занималась главной задачей – подготовкой директивных документов, обеспечивающих продолжение работ (Решения ВПК, Постановление ЦК КПСС и СМ СССР), для чего руководила проведением экспериментов на установках и выпуском научных отчетов с положительной интерпретацией результатов исследований. Вторая лаборатория строила установки. Главной задачей оставалось получение одиночных СВЧ-импульсов максимально большой энергии для ударного воздействия на мишень.

В конце 1969 года начались серьезные реорганизации – СКБ-56, в котором мы числились, наконец, выделились из ОКБ «Вымпел» Минрадиопрома и на его основе образовалось ГКБ «Луч» Миноборонпрома. Лаборатории Ботавина и Авраменко выразили желание остаться в ОКБ, такое решение и было принято. К этому моменту сведения об ограниченных возможностях реализуемых Кисунько средств ПРО распространились достаточно широко, и начал набирать обороты процесс отстранения его от власти. В январе 1970 года было образовано ЦНПО «Вымпел», его начальник и заместитель министра Марков начал нас активно поддерживать. Следует подчеркнуть, что к моменту, когда Марков узнал о существовании нашей темы, она уже была основательно раскручена и продолжала набирать обороты.

Еще в процессе раздела имущества с СКБ 56 мы получили приличные производственные площади на территории Химкинского филиала ОКБ «Вымпел» (недостроенный павильон, ранее предназначавшийся для размещения РЛС) и сразу перетащили туда аппаратуру ДОР-2. Параллельно с этим шел поиск направлений развития наших экспериментальных средств и подготовка материалов Постановления ЦК и СМ.



Корпус, в котором были расположены экспериментальные установки

С 1969 года стал отчетливо проявляться различный подход Авраменко и Ботавина к планированию экспериментов и, соответственно, к облику экспериментальных установок. Мы проверяли последствия воздействия мощного импульса СВЧ-излучения на мишень в вакууме. На начальном этапе исследований было подтверждено теоретическое предположение «Предложения» о том, что на переднем фронте импульса достаточно мощного СВЧ-поля всегда происходит испарение микроскопического количества материала мишени (металла в том числе) и превращение его в плазму. По поводу того, возможен ли при быстром подводе энергии поверхностный взрыв мишени с участием в этом процессе плазмы, мнения расходились. При этом количество сторонников выдачи желаемого за действительное, то есть поддержки мнения Авраменко о том, что разрушение мишени возможно, среди физиков росло. На бумаге делались оценки новых многообещающих эффектов в системе поле-плазма-мишень. Для прямого экспериментального подтверждения этой оптимистической точки зрения требовался импульс излучения с очень большой амплитудой и достаточно большой энергией. Автор этой статьи мало того, что скептически оценивал возможность эффективной передачи энергии от облучаемого плазменного облака к мишени при больших мощностях облучения, но и считал бессмысленным увеличение мощности импульсов сверх тех значений, которые можно было надеяться провести без электрического пробоя через атмосферу Земли. Таким образом, при единодушном стремлении получить СВЧ-импульс как можно большей энергии расхождение проявлялось в разном подходе к оценке возможностей увеличивать амплитуду или длительность импульса. Вопрос далеко не праздный, так как в проект Постановления надо было закладывать вполне конкретные технические решения.

Рассматривались следующие варианты относительно крупномасштабных установок:

– большой (с длиной около 1 км) двухзеркальный открытый резонатор, разместить который предполагалось на подмосковном полигоне МВТУ имени Баумана; энтузиастом его строительства был заведующий кафедрой радиотехники МВТУ профессор Кугушев А.М.; проблематичным был вывод накопленной СВЧ-энергии из резонатора;

– трехзеркальный открытый резонатор (ТОР), позволяющий сочетать увеличенный объем поля по сравнению с малым двухзеркальным вариантом (ДОР-2) и наличие фокального пятна; этот вариант значительного шага вперед не обещал;

– одиночный сверхмощный электровакуумный генератор СВЧ-энергии на основе задела, созданного незадолго до описываемых событий коллективом Гапонова-Грехова А.В.;

– установка для сложения в эфире излучения достаточно большого количества выпускаемых производствами Министерства электровакуумной промышленности (МЭП) генераторных приборов.

В первоначальных текстах проекта «Постановления» были заложены относительно скромные варианты резонаторных установок под названием стенды ДОР-3 и ТОР-1 . Что под этим подразумевалось, должно было определиться после разработки ТЗ на стенды. Постановление еще не вышло, хотя указание Устинова о его подготовке уже было дано, и оно под эгидой ВПК проходило сложный этап согласования, т.е. создания кооперации предприятий – участников работ.

Из-за отклонения планов Кисунько без работы в ОКБ «Вымпел» оставалось много подразделений, в первую очередь конструкторских, ненужным становился ряд строящихся зданий. Наша тема оказалась первым претендентом на заполнение этого вакуума. В апреле 1970 года две наши лаборатории в ОКБ преобразовались в отдел 20, состоящий из пяти лабораторий. Начальником отдела стал Авраменко. Заместитель министра радиопромышленности Марков предложил нам для размещения стендов два крупных недостроенных стендовых корпуса – №4 и №6 на Химкинской территории ОКБ в дополнение к уже занятому нами павильону №3. Впоследствии по нашим заданиям были дополнительно построены корпусы № 7, 16, 15. Это решающим образом изменило выбор вариантов в пользу крупных нерезонаторных установок.

На конец 1970 года ситуация в теме оказалась следующей. После перетаскивания ДОР-2 в Химки я ещё раз переделал модулятор магнетрона, заменив опасный конденсаторный накопитель энергии формирующей линией. На этот раз из магнетрона в режиме одиночных импульсов было выжато все до последней капли, в том числе по регулируемой длительности импульса, доходившей до одной миллисекунды. Максимальная энергия одного импульса при этом составила десятки килоджоулей! В фокусе одного зеркала снова удалось наблюдать то, чего еще никто в мире не видел: безэлектродный пробой воздуха радиоволной на уровне земли с большим, а не крохотным, как внутри резонатора ДОР-2, энерговкладом. Наблюдая поведение разрядной плазмы при вариации импульсной СВЧ-мощности и длительности, я получил экспериментальное подтверждение своим мрачным прогнозам по поводу поражающего воздействия плазменного сгустка на мишень – эффект был близок к нулевому из-за низкой концентрации энергии в единице объема пространства, вызванной разлетом плазменного сгустка. Увеличение энерговклада в разряд приводило лишь к росту объема плазменного образования, порождавшего слабую звуковую волну вместо ожидавшейся ударной. В это время для меня окончательно стало ясно, что не имеют практического значения никакие средства поражения боеголовок с поверхности Земли радиоизлучением с любой длиной волны, в том числе лазерным излучением даже при самых благоприятных механизмах преобразования энергии излучения в поражающие факторы, так как из-за того, что количественная мера эффекта поражающего воздействия не может принимать достаточно больших значений (что реализуется в случае столкновения атакующей боеголовки с массивным поражающим элементом противоракеты, при котором на разрушение боеголовки работает ее кинетическая энергия), получаемая система обороны будет системой экранирующего, то есть пассивного типа. Без активной составляющей такая

система обороны не имеет права на существование. Это то же самое, что безлюдные крепостные стены. Для нашего случая это означало, что радиолучевое средство поражения в ПРО может использоваться только в сочетании с противоракетами и атакующие боевые блоки – не его клиенты.



Этажерка стенда ТОР-1

Начал я сильно давить на Авраменко – «Постановление скоро выйдет, понятно, что сейчас тормозить – всё равно, что пытаться остановить снежную лавину, но всё же, давай плавно сворачивать лозунг «поражение» и возвращаться туда, откуда пришли – в сверхвысокопотенциальную радиолокацию с продвижением в направлении решения проблемы селекции и далее с выводом техники в радиоэнергетику. Меня моноимпульсные режимы, которыми мы занимались в поисках ударных механизмов поражения, больше не

интересуют. Считаю целесообразным продвигаться в направлении получения больших средних мощностей с полезным выходом в радиолокатор ПРО. По моему настоянию в разрабатывавшееся Техническое задание на ТОР-1 (это название так и осталось за самым мощным стендом, хотя он в соответствии с ТЗ уже давно перестал быть Трехзеркальным Открытым Резонатором) был наряду с режимом одиночных импульсов с очень высокой мощностью введен режим высокой средней мощности. Со своей стороны Авраменко выдвинул уж совершенно фантастическую гипотезу о возможности поражения боеголовки в атмосфере путем нарушения симметрии обтекания ее потоком воздуха, которое он предлагал создать управляемым плазменным сгустком. Я к этому предложению отнесся, как к неудачной шутке.

Идея плазменного поражения дожила до эпохи Ельцина и, как известно, чуть было не стала основой наших предложений американцам о проведении совместного натурного эксперимента. То ли сойдя с ума, то ли плюнув на поиск истины, к чему его подталкивали расцветавшие вокруг нас пышным цветом аналогичные примеры, Авраменко дождался подписания подготовленного Постановления ЦК КПСС и СМ СССР о развертывании масштабных работ на основе наших «Предложений» и предложил мне добровольно покинуть коллектив. И это после всего, что нам пришлось пережить! Постановление вышло в апреле 1971 года. Третий период нашей деятельности окончился. Мы получили в свое распоряжение беспрецедентно большие ресурсы и начали очередную распрю.

Пришлось мне поднять брошенную перчатку и уведомить Римилия Федоровича о том, что до того, как он «уйдет» меня, мне ничего не остается, кроме как «уйти» его. Стараясь не поднимать большого шума, он прочитал перед коллективом моей лаборатории свое распоряжение об отстранении Ботавина от руководства лабораторией и перемещении его в качестве начальника лаборатории на вакантную должность другой, пустой (без сотрудников) лаборатории, которая была прописана в структуре отдела. И начал недвусмысленно готовить мое увольнение. Я выразил согласие с таким решением и объявил о том, что начинаю выполнять заданные нам работы по созданию стенда ТОР-1, и действительно начал интенсивно вязать кооперацию исполнителей работ в ЦНПО, Минэлектронпроме, Минэлектротехпроме с выдачей им Технических заданий. Все это, естественно, имело отношение только к «второстепенному» по мнению Авраменко режиму высокой средней мощности. На освобожденное мной место начальника лаборатории Авраменко перевел из аппарата Минрадиопрома Макарова В.К. Авраменко, Макаров и Харитонов приступили к созданию небольшого паллиатива импульсного ТОРа – так называемой установки ДОР-3.

Мои представления о том, какими должны быть основные элементы стенда – сменные модули выходных каскадов многоканального передатчика, были более детальными, чем у сотрудников отделения передатчиков ОКБ «Вымпел», ведь этот элемент был одним из ключевых еще в нашем «Предложении» 1966 года, с которого все началось. Начальник отделения передающих устройств Гренгаген Е.П. отчаянно боролся со мной за каждую букву и цифру в Техническом задании на разработку передающего устройства ТОРа, пытаясь доказать, что мои требования невыполнимы или, в лучшем случае, требуют очень большого времени для их реализации. Повторялось то же самое, что когда-то с открытым резонатором и антенным отделением. Не обращая внимания на противодействие Гренгагена, я выпустил за подписью Маркова график выдачи его отделением технического задания на выпуск рабочих чертежей модуля конструкторскому отделению с жесткими сроками (основание – сроки Постановления и утвержденное инстанциями ТЗ на ТОР) и обеспечил выпуск рабочих чертежей модуля в кратчайшие сроки. Интересно было бы к этому добавить еще и историю о том, как впоследствии изготовление модулей было «вбито» в план Днепровского машиностроительного завода. Гренгаген был уверен, что это у меня уж точно не получится.

К августу 1971 года основные технические решения по аппаратуре мной и Авраменко были приняты, при этом последнее слово я уже мог оставлять за собой, и враждующие стороны иногда доходили до открытых конфликтов, например, я отказался использовать для питания стенда автономный МГД-генератор, создание которого Авраменко обещал заказать

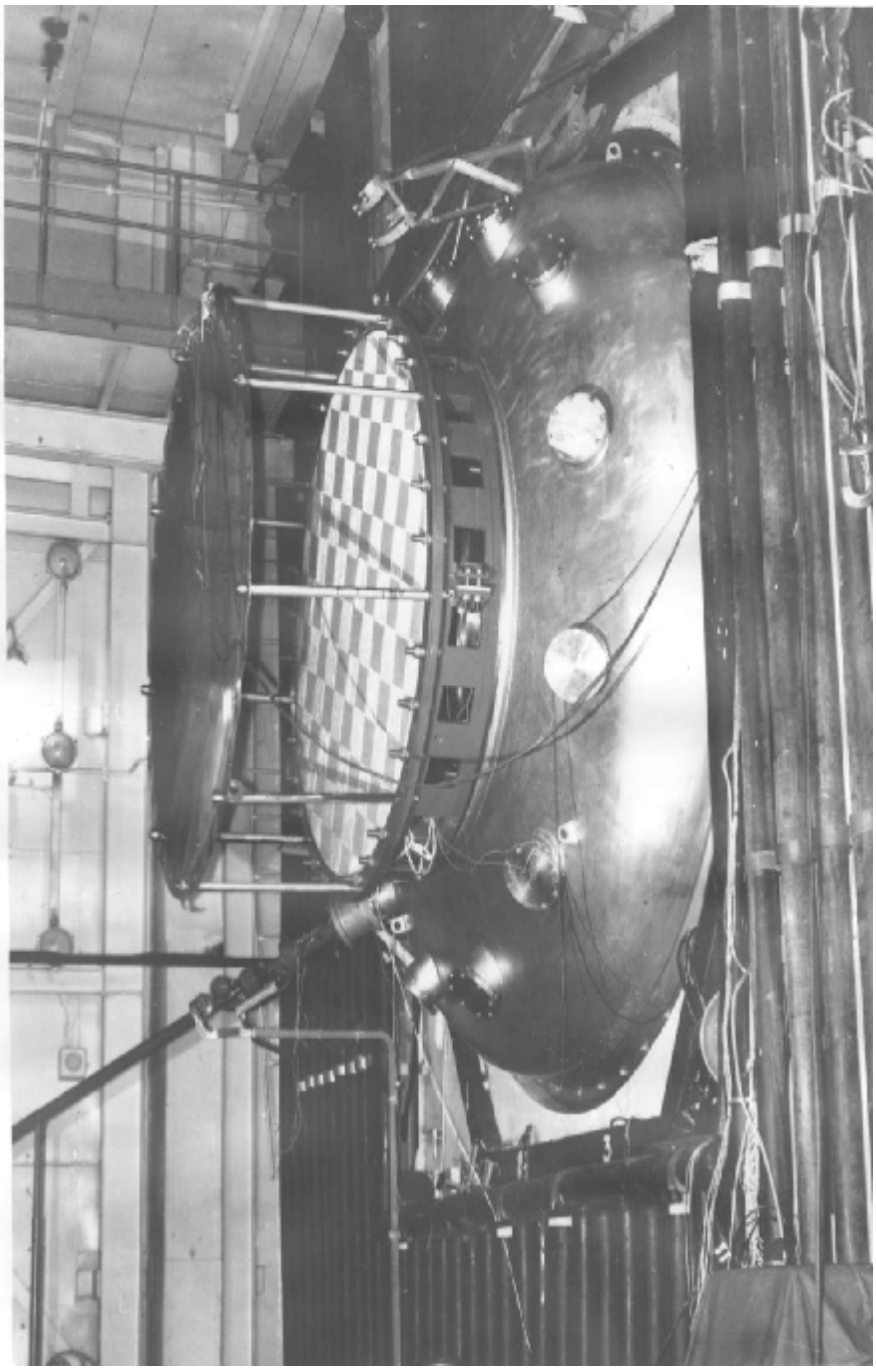
и профинансировать. Этот автономный источник питания должен был располагаться на Химкинской территории ОКБ «Вымпел» и в соответствии с проектной проработкой стоил больше, чем остальная аппаратура стенда в альтернативном варианте питания его от сети Мосэнерго. Удивительно и смешно, но это было использовано Римилием Фёдоровичем в качестве повода для вынесения мне официального взыскания – выговора. Основные устройства стенда – передатчик, излучающая система, вакуумная камера с радиопрозрачным окном – вышли на стадию разработки рабочих чертежей. В итоге в августе 1971 года проектный отдел смог выдать исходные данные на проектирование комплекса инженерного обеспечения стенда. Основными сооружениями этого комплекса были две высоковольтные линии передачи на 110 и 220 киловольт от ТЭЦ 21 до Химок, понижающая подстанция 110/6 и 220/6 мощностью 200 мегаватт, подземный кабельный канал длиной около километра, корпус выпрямительных устройств (50 выпрямителей мощностью по 2 мегаватта каждый с распредустройствами и регуляторами напряжения), двухконтурная система водяного охлаждения мощностью 100 мегаватт.

Одновременно с началом интенсивной разработки стенда (к слову сказать, в Постановлении был определен весьма жесткий срок его создания – 1975 год) я начал писать научно-технический отчет, содержавший накопившуюся негативную информацию и вывод о невозможности создания радиолучевого оружия ПРО. В отчете были описаны эксперименты, которые будут проводиться на создаваемом стенде ТОР-1 и предсказаны их неудовлетворительные результаты впоследствии, эти предсказания подтвердились с удивительной точностью. В качестве оргвыводов я предлагал отстранить Авраменко от руководства темой, саму тему выполнять, включая создание стенда ТОР-1, разработка которого (кроме импульсного режима) шла полным ходом. Записка ушла к Маркову в конце 1971 года.



Вакуумная камера 100 куб. м

Марков, у которого в самом разгаре была борьба с Кисунько, уже сделал серьезную ставку на нашу тему. Оснований для этого у него как будто было предостаточно – с энтузиазмом поддерживавший идею ученый люд ходил толпами, контакты с Авраменко неотразимо действовали и на него самого. Владимир Иванович пережил жестокое разочарование, но мои аргументы оказались сильней. В начале 1972 года Авраменко Р.Ф. был отстранен от руководства темой и отделом. Вместо него были назначены не один, а два новых руководителя: Главным конструктором темы стал Бурлаков Ю.Г., оставшийся, разумеется, и Главным конструктором РЛС «Неман», а через некоторое время появился и Научный руководитель темы – Ушаков О.А. Третьим моим начальником стал Шапошников С.С. – новый начальник отдела 20, переименованного в отдел 206 и вошедшего в состав отделения Бурлакова. С этого момента Марков неизменно при удобном случае притормаживал развитие темы.



Радиопрозрачное окно вакуумной камеры ТОР-1

Я остался «рабочей лошадью» – начальником тематической лаборатории, задачей которой было создание стенда ТОР-1, что меня вполне устраивало. Я мог при желании начать строить заданный Постановлением гигантский ТОР импульсного режима, никто бы не посмел пикнуть против. Должен был по идее начать встраивать в состав своего варианта включенную Авраменко в ТЗ на ТОР сверхзвуковую аэродинамическую трубу и т.д. и т.п. Мои только что назначенные непосредственные руководители (начальник отдела Шапошников, начальник отделения Бурлаков, директор предприятия Аксенов Ю.Н.), «встроенные» в сложное и отнюдь не вялотекущее дело в самом его разгаре, вообще были не в состоянии знать в требуемом объеме, какие задания и почему уже выданы или выдаются разным подразделениям ЦНПО «Вымпел» и другим ведомствам, не говоря уже о содержательной части заданий. Стенд мной рассматривался как макет будущих полезных сооружений, расплачиваться за который придется, в том числе трудоустройством некоторого количества тунеядцев, которым предстояло делать вид, что они что-то исследуют, чем-то руководят, а впоследствии, как водится, получат «заслуженные награды». С этими издержками приходилось мириться, тем более что общий КПД науки был известен, порядки в прикладной ее части тоже не были новостью, а крепчавший в стране застой вызывал все большее отвращение к наградам.

В феврале 1972 года была выпущена проектно-рабочая документация на вновь возводимые здания с оборудованием для инженерного комплекса стенда, а также проект реконструкции ранее построенного корпуса 4. В мае 1972 года предприятия Минмонтажспецстроя, опираясь на поставку оборудования предприятиями Минэлектротехпрома и других ведомств, начали строительные и монтажные работы на всех сооружениях ТОРа. Приблизительно в это же время на заводы начали поступать рабочие чертежи на технологическую аппаратуру, и к концу года началась ее поставка. Основные объемы работ были выполнены подразделениями ЦНПО «Вымпел»: Днепровским радиозаводом (выходные генераторные модули, канал возбуждения, стенды для ремонта модулей), Гомельским радиозаводом (6-этажная несущая конструкция передатчика с грузовым лифтом), опытным производством КБРП им. А.А.Расплетина (излучающая антенная решетка), опытным производством НИИРП (радиопрозрачное окно вакуумной камеры диаметром 2 метра, пульты и шкафы управления). Мощности ни одного из этих заводов не хватало для изготовления волноводного тракта стенда. Проблема была решена распределением заказа между заводами Минрадиопрома. Завод имени 40-лет Октября Минсредмаша изготовил вакуумную камеру-имитатор космического пространства объемом более 100 куб. метров с откачным оборудованием, включающим в себя отлично работавшую криогенную оболочку. Важным моментом было обеспечение синфазной работы каналов. С этой целью начальник лаборатории Кияко В.И. разработал и внедрил оригинальную схему поддержания когерентности 192 каналов.

Монтаж основной технологической аппаратуры одновременно с ее поставкой и продолжающимся сооружением инженерного комплекса начался в 1973 году. Его вели Головное производственно-техническое предприятие (ГПТП), монтажные управления Днепровский и Гомельский радиозаводы, тресты «Спецэлектромонтаж», «Союзкислородмонтаж» и другие смежники. Мне с помощью сотрудников лаборатории, конструкторских подразделений и подразделений разработчиков с использованием непрерывно корректируемых графиков, ежедневных оперативок, а главное за счет постоянного присутствия на объекте, удавалось координировать эту деятельность. И это притом, что сотням работающих на объекте строителей и монтажников не положено было знать, и они действительно не знали, что в итоге строится.

От моих непосредственных начальников проку было мало. У Бурлакова хватало забот с «Неманом». Объявленный Марковым Главным конструктором всего по теме, в том числе ТОРа, вначале он пытался внести в его конструкцию хоть что-нибудь свое. Однако этот поезд от него ушел, и вскоре он вообще перестал интересоваться моими делами. Вспоминается такой эпизод. Во время одной из редких экскурсий по монтируемому

передатчику «Главный» велел ввести на модульной «этажерке» ТОР-1 ограждение, защищающее стеклянные расходомеры воды от возможных случайных ударов тяжелыми генераторными модулями. Чтобы не портить отношений и сделать ему приятное, я велел ввести эту пустяковую небесспорную доработку в рабочие чертежи. Но когда конструкторам стало известно, что это – распоряжение Бурлакова, они уперлись насмерть. Не введем, и все. «Вот хрен ему, нашелся тут командир! Без него разберемся, что и как делать» – так сказал авторитетнейший начальник КБ НИИРП Валентин Александрович Куренных. Бурлаков несколько раз строго напоминал мне о своем указании, я вертелся ужом, но, похоже, позиция Куренных до него каким-то образом дошла, и он отстал от нас.

Как один миг в монтажно-настроечных работах пролетели три года. В конце 1975 года (срок «создания» стенда, заданный в 1971 году Постановлением) был практически завершен его монтаж, и впервые подано высокое напряжение на четыре из ста девяноста двух каналов передатчика. Слово «создание» заключено в кавычки не случайно – это цитата из Постановления. Позиция «создание стенда ТОР-1» в 1975 году, последнем году пятилетки, входила в социалистические обязательства Минрадиопрома. Выполнение соцобязательств было нам засчитано – под созданием руководство согласилось понимать завершение монтажа. Кстати, наш министр Петр Степанович Плешаков выразил бурный восторг и изумление, когда он в связи с этим событием впервые увидел передатчик ТОРа. Он сказал, что ни за что бы не поверил, что такое можно сделать, если бы не увидел ЭТО собственными глазами.

ЭТО, находящееся внутри экранированного помещения, представляло собой шестиэтажную решетку 192-х модулей выходных каскадов передатчика. Входные и выходные волноводные фланцы модулей, находящиеся в одной плоскости шириной 15 метров и высотой 12 метров, обращены к решетке 192-х рупорных антенных излучателей, раскрывы которых в совокупности образуют круглую вырезку из сферической поверхности диаметром 5 метров (надо бы ее сделать побольше, да не позволяют размеры готового 4 корпуса, в который мы втискивались). Рупоры охлаждаются водой, внутри каждого находится отличный кварцевый герметизатор, разработанный Бог знает когда под руководством самого Кисунько и с любовью описанный им в книге «Исповедь генерального конструктора». Пространство длиной примерно 15 метров между решеткой и антенной заполнено 192-мя нитками выходного волноводного тракта. Эти волноводы наполнены сжатым воздухом, охлаждаются водой, в их состав входят мостовые ферритовые циркуляторы высокой мощности, механические переключатели, эквиваленты антенны и другие приборы. Каждая выходная нитка изгибается в пространстве по индивидуальной сложной траектории. В этом же пространстве – входной волноводный тракт. Но это уже ерунда по сравнению с выходным – он низкого уровня мощности, без водяных рубашек и наддува, с достаточно симметричной системой деления мощности 1 на 192. Конструирование, изготовление и монтаж волноводов было одной из видимых простым глазом сложных задач, решенных при создании стенда.

На близкую к проектной максимальную среднюю мощность СВЧ-генератор стенда вышел в течение 1976 и 1977 годов. Для описания достигнутых результатов ограничусь цитированием авторов, не причастных к созданию стенда, но не постеснявшихся описать его в открытой печати без упоминания имен создателей. Итак, смотрим публикацию: Бацких Г.И., Хворостяной Ю.И.. Экспериментальная установка для формирования мощного сфокусированного потока СВЧ-излучения в свободном пространстве, «Радиотехника и электроника» т.37, №2, 1992, стр. 311-315.

Цитирую публикацию:

«Характеризуя общую структурную схему технологической аппаратуры установки, можно отметить, что она представляет собой многоканальное (192 канала) передающее устройство, работающее на симметричную рупорную антенную решетку и обеспечивающее в см-диапазоне длин волн (7 ГГц) синфазное сложение излучения внутри объема экспериментальной камеры. Основным элементом каждого из каналов являются 100 кВт

усилительные клистроны, сигнал на которые подается от общего возбудителя посредством волноводной разводки на основе двойных Т-образных мостов.

Без учета ряда потерь значение средней мощности, излучаемой антенной решеткой установки, составляет примерно 20 МВт, а в ее фокальном пятне диаметром около 5 см по уровню половинной мощности сосредоточено 10 МВт, т.е. обеспечивается плотность потока энергии (ППЭ) порядка 0,1 МВт/см^2.

Фазирование излучения отдельных рупоров антенной решетки установки производится внутри объема расположенной горизонтально цилиндрической камеры диаметром 4 м с длиной образующей 8 м. Ввод излучения в камеру осуществляется через радиопрозрачное полиэтиленовое окно диаметром 2 м и толщиной 113 мм, расположенное на обращенной к антенной решетке стороне камеры.

Режим бегущей волны излучения в камере обеспечивается экранировкой металлических частей ее внутренней поверхности радиопоглощающим устройством, состоящим из большого числа переходящих у основания в цилиндр конических стеклянных колб, заполненных поглощающим порошком на основе карбида кремния».

Для того, чтобы понять, насколько крупным шагом в технике радиолокации ПРО и радиоэнергетике было создание передатчика ТОРа, следует отметить два обстоятельства:

Первое. При появлении «Предложений» 1965 года в 4-см диапазоне волн среди освоенных отечественной промышленностью СВЧ-генераторов наибольшую среднюю мощность имели одноканальные передатчики противосамолетных РЛС А.А. Расплетина. Она составляла 3 кВт (цепочка «Водопад-Ворот») и считалась чудовищно большой – в волноводах этих передатчиков мгновенно жарилось сало, к открытому волноводу невозможно было поднести руку, и т.п. В это же время американцы похвалялись своими намерениями создать усилительный клистрон Х-3030 3-см диапазона со средней мощностью 1 МВт. История этой разработки продолжалась у них более 10 лет и не привела к созданию надежных приборов, хотя в лабораторных условиях и была получена средняя мощность до 0,5 МВт, и у США, по-видимому, имелись единичные образцы работоспособных клистронов 100-киловаттной средней мощности (VTA 879). В процессе поиска путей развития радиолокации ПРО, который, в конечном счете, привел к появлению «Предложений», нами в МЭПе была обнаружена инициативная (не имевшая внешнего заказчика) вялотекущая НИРовская работа «Исследование возможности создания усилительного клистрона 4-см диапазона с выходной средней мощностью 100 кВт» (НИР «Ветла»), на которую никто из сильных мира, не обращал внимания. Для Авраменко и меня этот НИР, являющийся одним из краеугольных камней темы, естественно, стал одним из самых горячо поддерживаемых, и к 1970 году, превратившись в ОКР «Верба», выдал серийные приборы с настолько хорошими параметрами, что смог занять первое место среди претендентов на роль основы мощной экспериментальной установки.

Второе. Удалось построить первую в тематике ПРО полноценную отечественную 192-канальную фазированную решетку (передающая позиция «Дона» разрабатывалась уже после ТОРа и повторила некоторые его недостатки). Американцы в те времена на экспериментальном радиолокационном комплексе «Haystack» справились с параллельной работой не более четырех аналогичных клистронов при сниженном уровне мощности. Все американские крупные РЛС с ФАР имели среднюю мощность передатчиков 0,1 – 1 МВт и работали в дециметровом диапазоне длин волн.

Таким образом, в 1976 году в СССР была построена самая мощная в мире энергетическая СВЧ-установка. До настоящего времени эта мощность нигде не была превышена. Его основной параметр – отношение выходной средней мощности к квадрату длины волны, ответственное за плотность потока энергии в пространстве, до сих пор на порядки превышает соответствующий параметр известных устройств. Впрочем, спортивная составляющая в проекте ТОР хоть и занимала определённое место, но не главное. Главное – получение новой информации, прогресс в определенной отрасли техники, открывающий новые возможности.

Интересно отметить, что за это достижение ни один человек не получил хоть какой-нибудь награды, даже железный закон о награждении непричастных в конце большой работы в данном случае не сработал. Я в 1968 году защитил кандидатскую диссертацию по работам, выполненным в РТИ и связанным со РЛС ЦСО-П и ЦСО-С. Попытка получить Государственную премию за создание ТОРа где-то в 1985 году коллективом непричастных была легко пресечена Авраменко, мной и физиками из ФИАНа.

Причастных же всех упомянуть невозможно, так много их было. Постараюсь вспомнить основных. Кроме, естественно, Авраменко, это, прежде всего, Александр Владимирович Иванов, скромнейший и преданнейший делу начальник сектора НИИ «Титан». В институте, созданном под кисуньковские «Суперстимулы» и работавшем, в основном, на эту тему, он сумел разработать и довести до реальной эксплуатации определяющую деталь ТОРа – клистрон «Верба», который оправдал возлагавшиеся на него надежды и мог бы быть основой последующих сооружений радиоэнергетики.



Смирнов В.В.

Следующей по значимости и отдаче была работа конструкторского отдела НИИРПа во главе с Антоновым В.П. при поддержке начальника отделения Куренных В.А. В этой работе особо отличился Смирнов В.В., возглавлявший беспрецедентно сложную работу по конструированию и монтажу волноводного тракта высокого уровня мощности.

Разработка передатчика велась отделением Гренгагена, которому эта работа была насильно вбита в план и оторвала часть ресурса отделения от работ по передатчику РЛС «Истра». Противоборство между Кисунько и Марковым в этот момент находилось в горячей фазе, и Гренгаген принадлежал к части коллектива, поддерживавшей Кисунько. Гренгаген с начала до окончания разработки передатчика ТОРа находился на позиции противника нашей работы и всячески ее тормозил. Тем не менее, при поддержке извне лаборатории Жигулина Л.Н. и Андросова, разработку успешно выполнили. Заметную ношу в этом деле, наряду с начальниками, несли Филатов Н.А., Левитан Б.А., Аверин Ю.А., Залесская Т., Кияко В.И., Тюрин Б.И., Бобков Г.

Проектирование систем инженерного обеспечения (первичные источники питания, в том числе высоковольтные ЛЭП и подстанция, внешний и внутренние контуры водяного охлаждения, оборудование водоподготовки, компрессорная, станции пожаротушения, экранирующие сооружения, подземные кабельные коммуникации, штатное и аварийное освещение и пр.) выполнил МГПИ Минрадиопрома по заданиям, разработанным Наваркиным А.Б. и Колобаевой С.Н.



Дереча Ю.Г.

Антенную решетку излучателей высокого уровня мощности создал коллектив КБРП им. А.А.Расплетина под руководством Ремизова Б.А. (Дереча Ю.Г., Коростышевский Е.Н., Липкин Л.М.).

Комплекс оборудования, связанного с имитатором космического пространства стенда, разработал и изготовил коллектив НПО «Криогенмаш».

Мне в моем подразделении помогали Пискунов Г.И. (мой заместитель), Рыбаков М.Т. (схема соединений и кабельный журнал), Кирчо А.Н. и Леонский С.И. (вакуумный комплекс), Козуляева Н.И. и Покрас С.М. (устройства управления).

Монтажно-настроечные работы на технологической аппаратуре были выполнены подразделениями Лохова И.М. и Миронова Ю.А.(ГПТП), Гусева В. (ГРЗ), Мазаева И.Н. (ДМЗ), Кирюшина Н.И. (СПЭМ) и др., на монтаже инженерного комплекса отлично поработал Галицкий С.И. (УКС НИИРП).

И, наконец, с благодарностью вспоминаю квалифицированную помощь, которую оказывали нам сотрудники аппарата ВПК во главе с Дубровским В.С.

Вернемся к ТОРу. Настроечные работы на нем плавно перетекли в регулярную эксплуатацию. Я был оставлен Марковым «навечно начальником всего этого в наказание за

содеянное» (это было сказано мне в дополнение к Приказу совсем не в шутку). Эксплуатационный персонал стенда по прецедентам полигонных РЛС образовали подразделения ГПТП, монтажные управления ДМЗ и ГРЗ, треста «Союзкислородмонтаж» и др. Каким-то чудом нам удавалось избежать ЧП с человеческими жертвами, прочего хватало. Самой крупной аварией явился в ноябре 1978 года пожар на передатчике, который продолжался всю ночь. Мне пришлось самому в пожарном облачении с кислородным прибором при абсолютном отсутствии видимости вести отделение пожарной разведки в зону очага и затем вывести их всех, связанных веревкой, из конструкций и помещений сложной конфигурации, после чего мы вдвоем с главным инженером НИИРПа Меньшовым Н.И. ломали топором двери распределительных энергоподстанций НИИРПа для полного отключения напряжений от всех потребителей стендового корпуса, в том числе аварийного освещения. Пожар полностью уничтожил все внешние кабели на основном сооружении передающей решетки. К счастью, основные модули передатчика с мощными клистронами после основательной мойки водой с моющим порошком и последующей сушки полностью восстановили работоспособность. На ликвидацию последствий пожара ушел 1979 год.

Оперативный персонал основной аппаратуры стенда состоял, в основном, из сотрудников ГПТП, инженерный комплекс обслуживал специально созданный в НИИРПе отдел во главе со Степановым Н.А. Утром каждого дня я или Пискунов Г.В. проводили оперативное совещание, на котором присутствовали все нужные люди, включая заказчиков экспериментов. Работы велись в две смены, как правило, еженедельно в четверг стенд выдавал излучение в камеру переменного давления. В остальные дни ликвидировались отказы аппаратуры, велась профилактика, из камеры демонтировались облученные объекты, и чистилась ее внутренняя поверхность (непростой процесс после облучения теплозащитных покрытий головных частей), затем внутри камеры монтировались новые объекты, и в среду она сдавалась под откачку, чаще всего для получения глубокого вакуума. Исследования проводила большая кооперация предприятий – специально созданные подразделения НИИРПа, ФИАН, ИФЗ (спецы по подземным взрывным испытаниям), институты Минобороны, Арзамас-16 и др. Под руководством Рязанского В.М. и Жмыхова В.Б. был разработан и построен комплекс аппаратуры измерений и регистрации результатов экспериментов.

Эти результаты, увы, соответствовали предсказаниям, сделанным ранее. На «панацею» в ПРО радиолучевое оружие не тянуло, но некоторые натурные поражающие эффекты с натяжками продемонстрировать на ТОРе было можно. Интерпретацией результатов опытов занимались вышеперечисленные конторы под руководством Ушакова и Шапошникова, я только шипел, как кот, но в морду никому не вцеплялся.

И потянулись год за годом. На стенде побывали руководители высокого ранга вплоть до председателя ВПК Смирнова Л.В., начальника Генерального штаба маршала Огаркова Н.В., главкома ВМФ адмирала Горшкова С.Г. (после Фолклендского конфликта флот сильно озаботился защитой надводных кораблей от ракет). Дмитрия Федоровича Устинова ждали постоянно, особенно интенсивно в начале 80-х, но он к нам так и не выбрался, хотя пару раз подготовка к визиту доходила до последней стадии. Высочайшим визитам предшествовали посещения нас полчищами более мелких чиновников.

В основном вопросе – что же делать дальше, получилось у нас что-нибудь путное, или нет, позиции основных персонажей к началу 80-х годов таковы. Марков, вооруженный достоверной информацией – за аккуратное свертывание темы. Ушаков и Шапошников, также достаточно осведомленные – ни да, ни нет, к строительству натурного полигонного комплекса переходить не готовы, исследования на экспериментальных установках следует продолжать вечно, тему ни в коем случае не закрывать. Физики-исследователи во главе с академиком Прохоровым А.М., конечно, за продолжение исследований, более того, считают необходимым строительство очередной установки с высокой импульсной мощностью (первоначальная версия ТОРа), тем более потому, что к концу 70-х годов разработчики импульсных генераторных приборов нащупали возможность снять с одного релятивистского

электронного пучка гигаваттный уровень СВЧ-мощности (Гапонов-Грехов А.В., Петелин М.И., Рухадзе А.А., Дубовой Л.) и очень хотели реализовать это на практике (совсем как я со средней мощностью) под прикрытием вроде бы появившейся возможности относительно дешево в лабораторных условиях проверить возможность наблюдения ударного режима поражения имени Авраменко (соответствующую установку пытались с частичными успехами создавать в 80-е годы на территории МРТИ).

Наконец Михайлов Н.В., тогдашний директор ЦНПО «Вымпел», с ведома вышестоящих инстанций решается сделать шаг в направлении свертывания темы. Принимается решение передать работы в ведение Кузьмина А.А. и Бацких Г.И. в образованный из подразделений ускорительной тематики РТИ новый институт (МРТИ). Начинается процесс вхождения в суть дела Кузьмина А.А., в ходе которого становится ясно, что он действительно намерен руководить работами. Ушаков выступает против передачи темы в МРТИ, находит в лице Бубнова более подходящего для себя начальника и, в результате, в 1980 году отделение Ушакова переводится в Тушино. КБРП переименовывается в НИИ радиофизики, начальник отделения Ушаков в очередной раз становится заместителем директора предприятия по научной работе. ТОР и ДОР-3, конечно, остаются на Химкинской территории НИИРП, связаны с хозяйством последнего многочисленными связями, разграничить ответственность, за которые практически невозможно, но начальство это не волнует.

Со своей стороны я, как лягушка в кувшине молока, не прекращал почти безнадежных попыток (некоторые, не слишком обоснованные, мечты об изменении климата в стране в связи с предстоящей сменой Генсека все же были) перейти ко второй части своего плана – сделать ТОР не только достижением определенной области техники, но и заставить радиоэнергетику работать в интересах применений, связанных не только с ПРО. Первые проработки такого рода были выполнены еще до начала строительства ТОРа и, в немалой степени, стали для меня причиной этого строительства. В 1976 году я обращался к Маркову с Инженерной запиской, содержащей предложение использовать мощный передатчик ТОРа, который уже заработал на полную мощность, для передачи в реальном масштабе времени из Москвы в Западную Европу телевизионных репортажей со спортивных площадок Московской олимпиады 1980 года с использованием пассивной ретрансляции сигнала. Возможность подачи излучения ТОРа на внешнюю антенну с минимальными доработками были мной заложены в конструкцию стенда. Достаточная широкополосность и отличные характеристики клистрона «Верба» обещали высокое качество ретранслируемого сигнала. Это предложение еще в 1969 году обсуждалось с директором профильного НИИ Радио Минсвязи Фортушенко А.Д. и его специалистами и вызвало у них сомнение только в части возможности создания мощного передатчика.

В те времена активных спутников для подобных трансляций наша страна не имела. Поэтому, кроме пропагандистского эффекта, из-за высокой цены телевизионных репортажей реального времени, это мероприятие обещало иметь и коммерческий успех. Владимир Иванович отнесся к предложению достаточно серьезно и взял время на изучение вопроса. Затем он сообщил мне, что, похоже, вероятность успеха есть, но заниматься этим нельзя, так как для решения подобных задач недавно образовано новое Министерство промышленности средств связи, которое, стоит нам только высунуться со своим предложением, тут же нас горячо поддержит и либо въедет в рай на чужом горбу, либо прикроет нашей неудачей свою недееспособность. Затем последовало мое обращение в Минобороны с некой заявкой на предполагаемое изобретение. Это мероприятие осталось без ответа, полагаю, к этому руку приложил Ушаков.

Наконец уже на стадии пребывания нас в НИИРФ я уговорил Ушакова заняться на ТОРе отработкой ракетного двигателя, питаемого СВЧ-энергией. С целью завязывания соответствующей кооперации мы в тайне от Шапошникова даже съездили с Ушаковым к Иевлеву В.М., который поддержал предложение и согласился в нем участвовать. Радостно зашевелились и физики из ФИАНа. Но когда это, наконец, дошло до Шапошникова, гнев его

был ужасен, и дело было пресечено в зародыше. Не могу не отметить, что в процессе проработки этой версии использования ТОРа я случайно обнаружил в статье Циолковского К.Э. «Космический корабль», написанной в 1924 - 1926 годах и опубликованной в сборнике [К.Э.Циолковский. Реактивные летательные аппараты. М. Изд. «Наука», 1964, стр. 165-187], потрясшее меня краткое и исчерпывающее следующее высказывание:

«Наконец, есть третий, самый завлекательный способ приобретения скорости. Это – передача энергии снаряду извне, с Земли. Сам снаряд может не запасаться материальной (то есть весомой, в виде взрывчатых веществ или горючего) энергией. Она ему передается с планеты в образе параллельного пучка электромагнитных лучей, с небольшой длиной волны. Если размер ее не превышает нескольких десятков сантиметров, то такой электромагнитный «свет» может направляться параллельным пучком с помощью большого вогнутого (параболического) зеркала к летящему аэроплану и там уже давать работу, необходимую для отбрасывания частиц воздуха или запасного «мертвого» материала – для получения космической скорости еще в атмосфере

Последний способ как бы самый совершенный. Действительно на Земле может быть построена силовая станция неограниченных почти размеров, с производством многомиллионной электрической энергии. Она отбрасывает ее и передает летящему аппарату, который сам уже не нуждается в запасах специальной энергии (т.е. для приобретения скорости)».

Надо ли говорить, что у меня в момент обнаружения процитированного выше, для подобного применения был готов Аванпроект «силовой станции» с установленной СВЧ-мощностью до 1000 мегаватт, первой итерацией которой был ТОР. В проекте длина излучаемой волны не превышала одного десятка сантиметров, в близкой перспективе – одного сантиметра, энергия на летательный аппарат передавалась, естественно, не параллельным, а сфокусированным пучком волн.

Единственная выходящая за рамки тематики ПРО работа по радиоэнергетике, против которой не возражал Сергей Степанович, и которая вяло текла, была связана с наиболее сложной и поэтому имевшей некоторую вероятность быть решенной лишь в очень отдаленной перспективе задачей передачи энергии СВЧ-лучом с высоким КПД из одной точки Земли в другую. Для работ в этом направлении ТОР был не нужен.

В 1984 году мое терпение все же закончилось, и я перешел на работу в МНИРТИ – головной институт Минпромсвязи по «самым мощным» земным станциям спутниковой связи, чтобы посмотреть – нельзя ли, находясь на позиции держателей связной тематики, извлечь пользу из созданного радиоэнергетического задела. Оказалось, что у Минпромсвязи есть роскошное здание министерства и большой министерский аппарат, но практически нет промышленности. Когда в МНИРТИ я начинал рассказывать о том, что уже работает или скоро начнет эксплуатироваться, мне совершенно искренне не верили. Мои разговоры о том, что самыми большеразмерными сооружениями на Земле должны быть поля неподвижных плоских антенных зеркал, воспринимались, как совершеннейшая фантастика – им не приходилось, как нам в 1957 году из деталей, выковырянных из немецкого трофейного хлама, макетировать аппаратуру одной из первых РЛС ПРО (ЦСО-П), параметры которой на фоне существовавших в то время противосамолетных РЛС были куда большей фантастикой. Но нам тогда не было преград ни на море, ни на суше. А в 1984 году я оказался в МНИРТИ не на той планете, и в другом времени. Разогнанная гигантская махина – Минрадиопром со своими «Доном», «Дарьялами», ТОРом, да еще и в содружестве с могучими Минобщемашем, Минмонтажспецстроем, в сочетании со способностью страны при необходимости поворачивать реки вспять, построить плотину даже Нижнеленской ГЭС или летающий неизвестно для каких задач «Буран», мог любые горы своротить, беда только в том, что он или работал впустую или вообще прекратил работу.

Ясно, что проблема, которую я пытался решить со своим заделом, стояла не только передо мной, но и перед большой частью оборонной промышленности Союза, перед всей страной. Теперь прозрели (как ни странно, не все), да поздновато, потеряли чудовищно много. Однако жизнь продолжается, народу и лидерам нации настоятельно необходимо признать допущенные ошибки и сделать из этого выводы. Если бы страна в 70-е годы, например, совершила то, что сделал Китай в 90-е, то наверняка не было бы хуже, чем сейчас. К сожалению, необходимый стратегический маневр был произведен наихудшим образом в полном соответствии с мрачным предсказанием революционного романтика Троцкого – в виде буржуазного переворота, совершенного партийной бюрократией.

В конце 1986 года я вернулся в НИИРФ уже в составе новой команды – после кончины Бубнова идея передачи хозяйства Ушакова-Шапошникова в МРТИ была таки реализована. Вскоре наступил конец не только моей истории, ТОР в 90-е годы разграблен и продан в качестве цветного металлолома.

10. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ

В восьмом – девятом десятилетии прошлого века на полигоне Сары-Шаган сложилась уникальная группировка радиолокационных средств, способных обеспечить наблюдение как объектов в ближнем околоземном Космосе, так и в атмосфере. Эта группировка включала в себя полигонные образцы РЛС ПРО («Дунай-3», «Дон-2НП»), РЛС , разрабатывавшиеся для систем ПРО, но по тем или иным соображениям не принятые к изготовлению, как боевые станции («Истра», «Неман-П», «Азов»), а также экспериментальную РЛС, специально предназначенную для обработки новых технологических решений («Руза»). На этой группировке был проведен целый ряд интереснейших экспериментальных работ, результаты которых до настоящего времени недостаточно известны технической общественности.

Об истории РЛС «Истра», первоначально рассматривавшейся как основное информационное средство стрельбового комплекса ПРО «Аргунь», создании на ее базе в 1976 году измерительного комплекса «Аргунь-И» в составе РЛС «Истра» и командно-вычислительного комплекса (КВП), последующей коренной модернизации, отработке первой в СССР мощной радиолокационной станции длинноволновой части миллиметрового диапазона «Руза» в 1989 году и создании на этой базе двухдиапазонного комплекса (ДРЛК), некоторых исследованиях, проведенных на этих средствах и их печальной судьбе в процессе «перестройки» рассказывается в этой главе.

10.1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ «ИСТРА» И «РУЗА»



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

Толкачев А.А.

В шестом десятилетии двадцатого века на базе ранее проведенных экспериментальных и теоретических работ по инициативе и под руководством Григория Васильевича Кисунько была создана первая в мире экспериментальная система противоракетной обороны – система «А». 4 марта 1961 года системой «А», дислоцированной на полигоне Сары-Шаган в Казахстане, впервые в мировой практике был осуществлен перехват и уничтожение головной части баллистической ракеты на 20 с лишним лет ранее, чем подобный эксперимент был, по-видимому, реализован в рамках программы СОИ в США. Эти события подробно описаны в книге Г.В.Кисунько «Секретная зона».

Несколько позднее, в 1962–1963 годах, были проведены экспериментальные работы по исследованию возможностей работы РЛС системы «А» в условиях специально разработанных помех. Работы проводились совместно с ЦНИИ 108 Министерства радиопромышленности (позднее ЦНИИРТИ) и носили ярко выраженный соревновательный характер: с одной стороны «мы вас задавим», а с другой «нам все это нипочем». Было проведено три комплекса работ, исследовавших эффективность воздействия разных типов средств на РЛС:

– надувных ложных целей и дипольных отражателей (НИР «ВЕРБА»);

– радиопоглощающих покрытий (НИР «КАКТУС»);

– импульсных шумовых помех (НИР «КРОТ»).

Далеко не все в этих работах прошло так, как это было задумано разработчиками помех, однако в результате стало ясно, что средства противодействия радиолокаторам системы ПРО являются серьезным оружием, что они пока еще несовершенны, будут развиваться, и что они предъявляют серьезные дополнительные требования к радиолокационным средствам.

Необходимо отметить, что одной из существенных трудностей, с которой столкнулись разработчики системы «А» уже при работе по «парной», то есть состоящей из головной части и корпуса баллистической ракеты цели, было перепутывание операторами головной части и корпуса при захвате их на сопровождение одноканальными РЛС системы «А». Учитывая, что точная траектория цели, предназначенной на поражение, строилась по измерениям дальности тремя радиолокаторами, такое перепутывание хотя бы на одной из трех РЛС приводило к построению некоторой виртуальной траектории, сильно отличающейся как от траектории головной части, так и корпуса, и информационному развалу системы.

Поскольку статистические характеристики сигналов головной части баллистической ракеты и корпуса различались достаточно сильно, а условия разделения этих элементов и их последующая траектория определялись разработчиками, это первоначально воспринималось как досадная недоработка, усугубленная особенностями построения системы. Однако в дальнейшем стало очевидно, что при увеличении числа наблюдаемых объектов не удастся обойтись только одноканальными радиолокаторами с простыми зеркальными антеннами, во-первых, и что использование метода трех дальностей будет связано с серьезными сложностями, во-вторых. Таким образом, в результате работ, проведенных в 1961-1963 годах, стала очевидной необходимость решения ряда проблем:

– обеспечение обнаружения и одновременного сопровождения всех элементов сложной баллистической цели;

– создание эффективных алгоритмов селекции головных частей (боевых блоков) от других элементов сложной баллистической цели не несущих боевого заряда;

– необходимость существенного улучшения точности измерения разности угловых координат головной части баллистической ракеты, предназначенной на поражение, и противоракеты с целью уменьшения промаха при использовании одной стрельбовой РЛС;

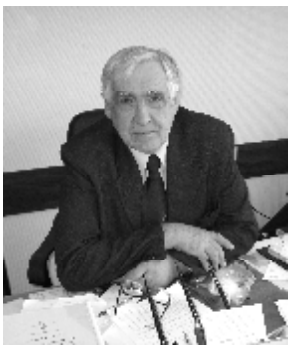
– разработка эффективных методов борьбы с активными помехами.

В известной мере эти задачи были поставлены и решены при создании первой системы противоракетной обороны Москвы А-35, в которой была предусмотрена возможность одновременного сопровождения двух целей одним радиолокатором, а также наведение противоракеты с помощью одного , а не трех как в системе «А» радиолокаторов. Однако эти решения носили частный, компромиссный характер и были продиктованы желанием в максимально короткие сроки развернуть систему ПРО с максимальным использованием системотехнического и технологического задела, полученного при создании системы «А».

Представляется очевидным, что Григорий Васильевич не мог не понимать сложившейся ситуации и необходимости освоения новых технологических решений, адекватных надвигающимся проблемам, какими бы сложными они не казались. В 1965 году в ОКБ-30 по его инициативе была выполнена научно-исследовательская работа по возможности создания многоканальной радиолокационной станции ПРО с фазированной антенной решеткой, а летом 1966 года Григорий Васильевич предложил Толкачёву А.А. возглавить разработку радиолокационной станции с ФАР в качестве начальника тематической лаборатории, в дальнейшем Главного конструктора этой станции. В конце 1966 года был разработан и защищен эскизный проект этой станции, а в 1967 году эскизный проект полигонного, многоканального стрельбового комплекса «Аргунь».



Остапенко Н.К.



Толкачёв А.А.

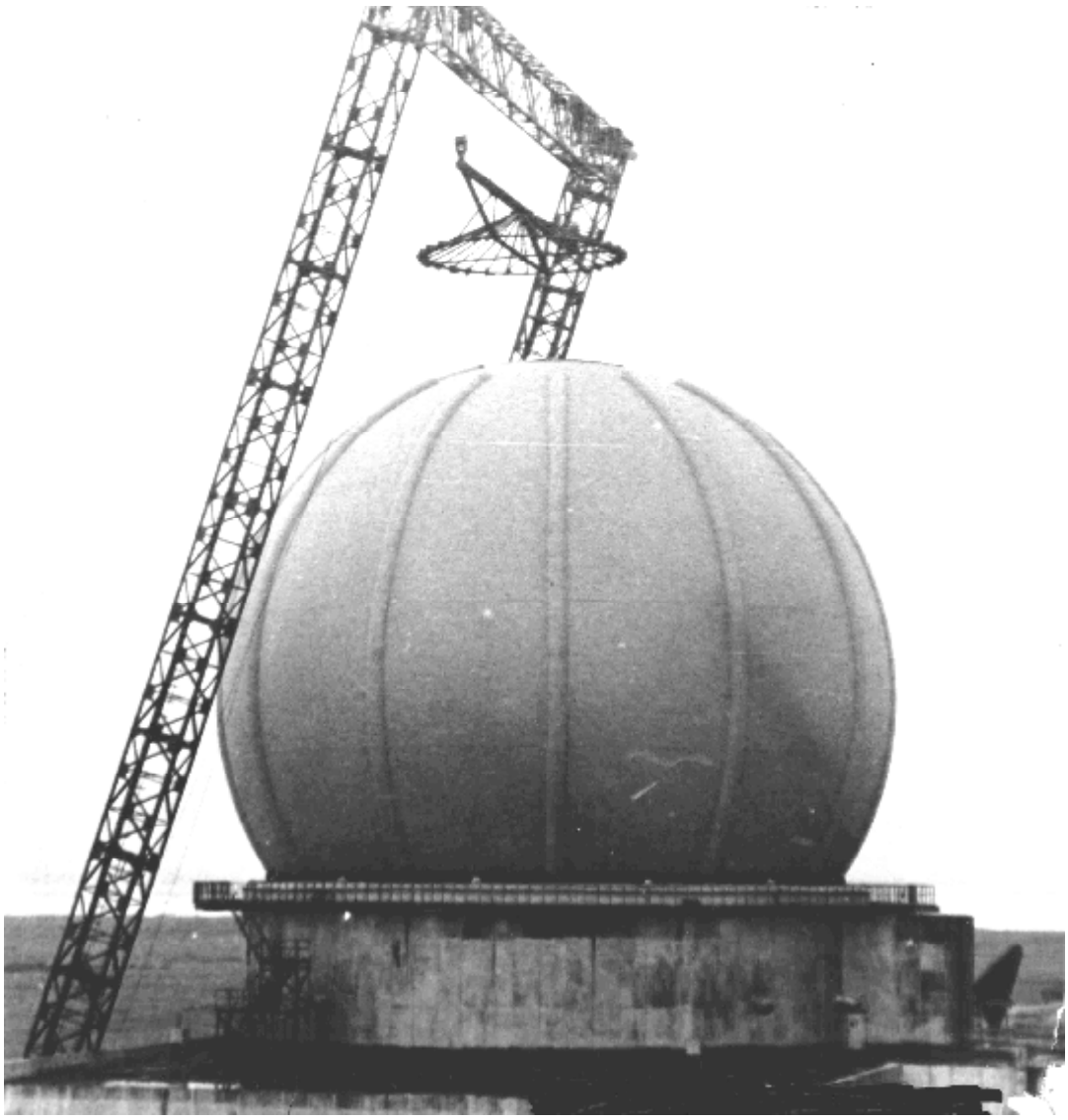


Ерёмин В.А.

Комплекс включал в себя многоканальный радиолокатор канала цели – РКЦ-35ТА «Истра», многоканальный радиолокатор канала изделия (противоракеты) – РКИ–35ТА, командно- вычислительный пункт (КВП), стартовую позицию с противоракетами. Главным конструктором комплекса был назначен Остапенко Н.К., заместителями Главного конструктора по целевому радиолокатору Толкачёв А.А, по радиолокатору канала противоракеты Ерёмин В.А.

РЛС «Истра» многоканального стрельбового комплекса «Аргунь»

Новые технические решения обычно внедряются тяжело. Это связано с тем, что количество специалистов, способных оценить преимущество и возможности новых технологий, отделить действительное преимущество от нереализуемых фантазий, невелико. А большинство руководителей, от которых зависит принятие решений, такими возможностями, как правило, не обладают и вынуждено ориентироваться на мнение тех или иных специалистов, их авторитет и прошлые заслуги, а также и даже в большей мере сиюминутными организационными и политическими соображениями. Не явился исключением случай перехода от одноканальных РЛС с зеркальными антеннами к многоканальным функциональным станциям с ФАР.



РЛС «Истра»

В РЛС многоканального стрельбового комплекса «Аргунь» был предложен целый ряд новых технических решений:

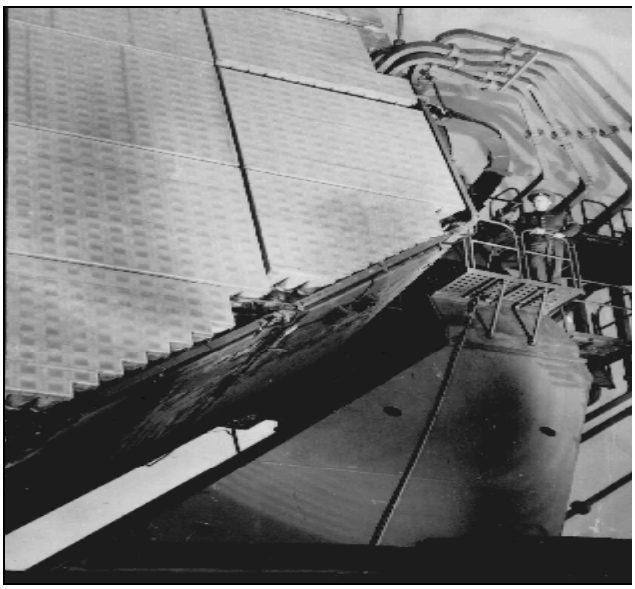
– фазированная антенная решетка, вращающаяся по азимуту и углу места, включающая в себя около 10 тысяч полупроводниковых фазовращателей, работающая на прием и передачу;

– радиотракт, способный обеспечить передачу и одновременный прием двух ортогональных круговых поляризаций и измерение параметров поляризационной матрицы рассеяния наблюдаемых объектов;

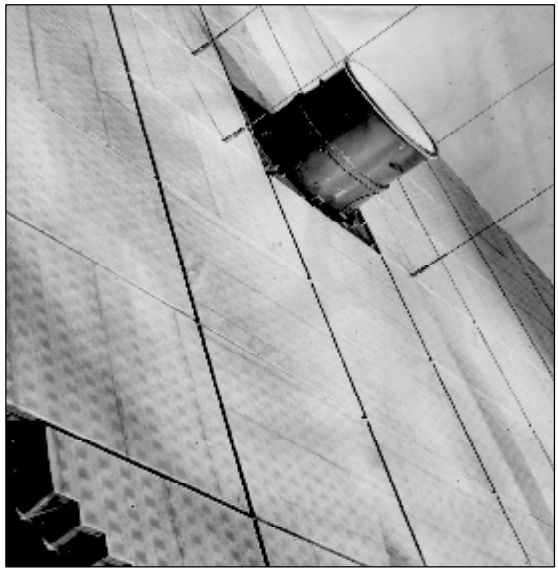
– квантовый парамагнитный усилитель с рабочим телом и устройством защиты, работающих при гелиевых температурах и обеспечивающих входную шумовую температуру около 12 К;

– основной зондирующий сигнал с линейной частотной модуляцией, девиацией 10 Мгц и обработкой его на ультразвуковых линиях;

– комплекс универсальных вычислительных машин и цифровых специализированных устройств, обеспечивающих автоматическое управление станцией при обнаружении и сопровождении до 100 целей, а также цифровую обработку сигналов начиная с формирования единичных измерений дальности и угловых координат до построения траекторий и распознавания наблюдаемых объектов.



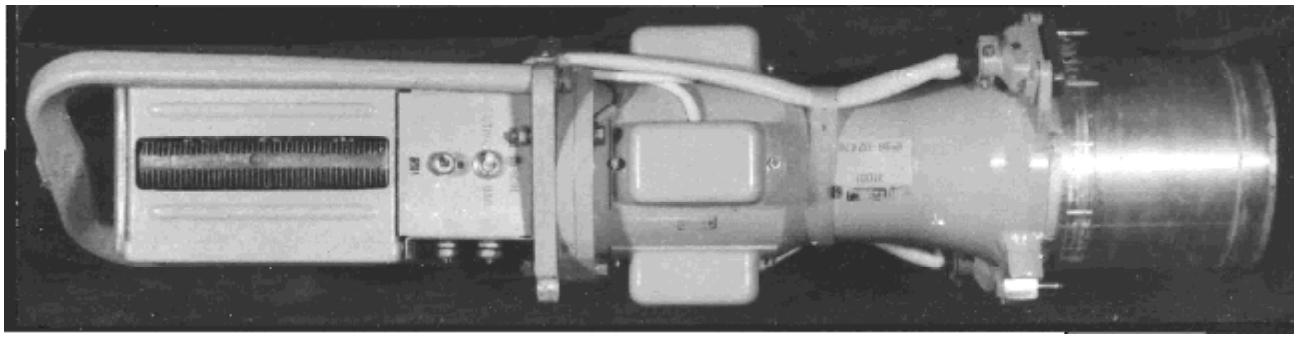
Фрагмент полотна антенны с питающими волноводами



Фрагмент полотна антенны с облучателем

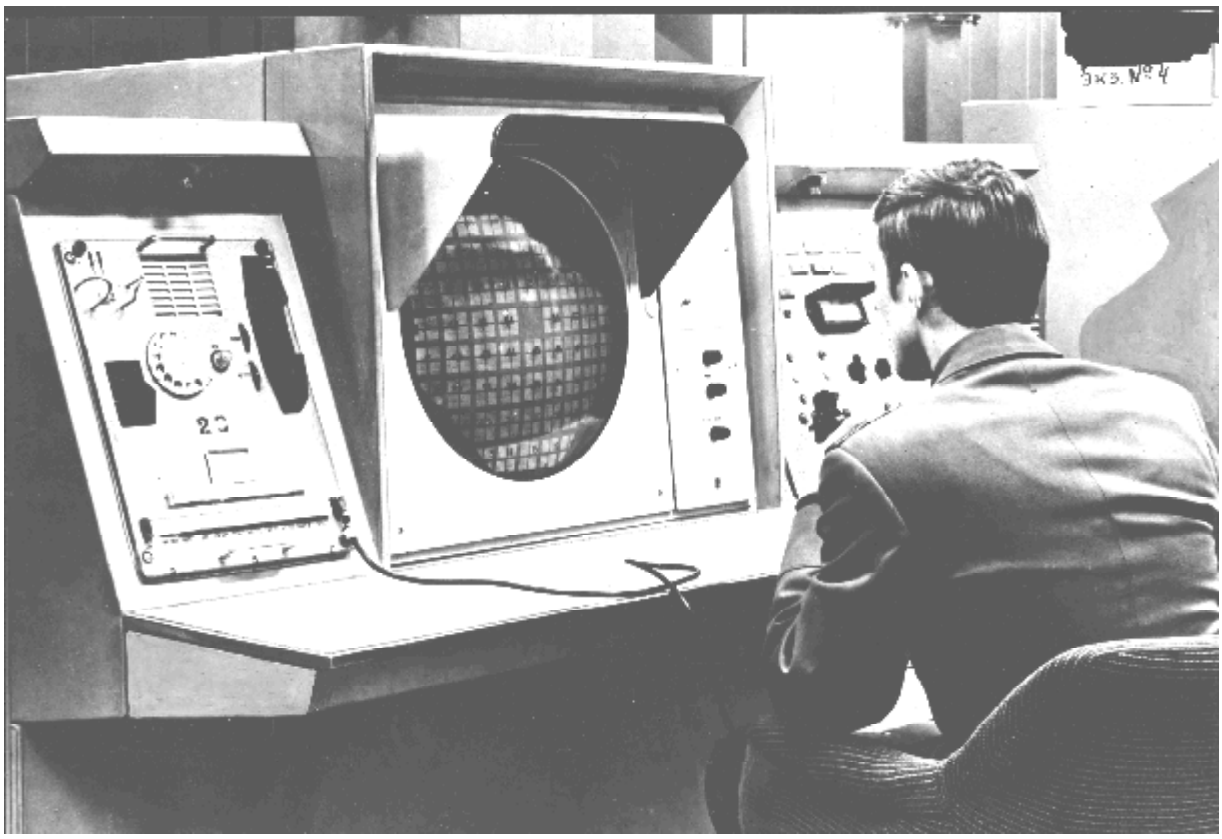
Антенна РЛС «Истра»

Была также предусмотрена возможность подавления активных помех путем использования различий в поляризации активной шумовой помехи и сигналов, отраженных от цели, что обеспечивало возможность борьбы с помехой в главном лепестке диаграммы направленности антенны, а не только по боковым лепесткам.



Волноводный фазовращатель, способный управлять фазой сигнала любой поляризации

Представлялось, что принятые технические решения позволят создать радиолокационные средства, способные обеспечить решение информационных задач в составе стрельбового комплекса при отражении налета сложной баллистической цели, оснащенной средствами радиотехнической защиты.



Пульт антенны

Несмотря на то, что Григорий Васильевич в эти годы был очень сильно поглощен проблемами создания полигонного образца стрельбового комплекса системы А-35, он очень внимательно отслеживал принципиальные вопросы, связанные с созданием средств и стрельбового комплекса «Аргунь» на их основе. Особенно его интересовали поляризационные методы распознавания объектов и компенсации активных помех, поскольку он справедливо полагал, что это один из эффективных путей борьбы со средствами радиотехнической защиты баллистических ракет на безатмосферном участке траектории полета, а также проблемам обеспечения энергетического потенциала , памятуя о некоторых трудностях в этой части, возникших при создании РЛС системы «А».

Радиолокационная станция канала цели МКСК «Аргунь» была разработана и изготовлена в короткие сроки, благодаря тому энтузиазму, который определял ход работ на первых этапах создания средств и систем ПРО под руководством Кисунько Г.В. Все устройства станции были изготовлены, поставлены на полигон и проверены по техническим условиям к концу 1970 года. Эта работа была выполнена кооперацией конструкторских бюро и заводов изготовителей аппаратуры, сложившейся ещё при создании радиолокаторов РЭ и РТН системы «А». В состав кооперации входили:

– Кунцевский механический завод (позднее МРТЗ) и его КБ – аппаратура приемного устройства, устройства видеотракта, контрольно-записывающая аппаратура;

– Горьковский механический завод и его КБ, Горьковский завод им. С.Орджоникидзе – антенная система;

– Днепровский механический завод и его КБ – передающее устройство;

– Подольский механический завод – волноводные тракты и следящие приводы антенной системы;

– Марийский машиностроительный завод – специализированные устройства обработки сигналов;

– Саратовский радиоприборный завод – устройства управления и отображения;

– Загорский электромеханический завод – универсальные вычислительные средства;

– Центральное проектно – конструкторское бюро (г.Владимир) – укрытие антенны;

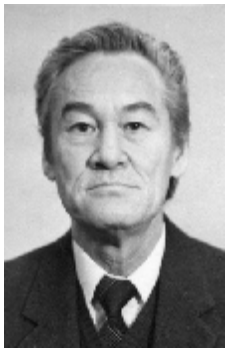
– Объединение «Гелиймаш» – криогенное оборудование.

В работе принимал участие ряд других заводов и КБ, а также огромное количество субподрядчиков, перечислить которых нет никакой возможности.

Важным моментом было внимание, которое уделялось этой работе на этапе изготовления аппаратуры военно-промышленной комиссией при Совете Министров СССР, Министерством обороны, Минрадиопромом.

Как уже упоминалось выше, аппаратура была изготовлена очень быстро и относительно дёшево, но, увы, совсем не по рыночным канонам.

В те годы ОКБ «Вымпел», позднее НИИ радиоприборостроения, обладал очень сильными тематическими и отраслевыми подразделениями, прошедшими школу создания в рекордно короткие сроки установок РЭ и средств системы «А», что позволило избежать грубых ошибок в этой сложной технической работе. Эти люди не могли не вдохновиться теми революционными техническими идеями, которые были заложены в создаваемую станцию, станцию, которая, как они не без основания полагали, нужна их стране в «холодной войне». Именно так в те времена решались серьёзные задачи. Очень важным было и то, что техническое руководство этой работой было поручено молодому тематическому коллективу, выросшему на опыте работ на установках «РЭ» и системе «А» и состоявшей из выпускников ведущих московских вузов. Большой вклад в эти работы внесли Айтхожин Н.А., Комаров А.В., Свидерский Р.Р., Марков В.А., Кобельков Г.П., Золотарёв М.М., Белоглазов В.В., Фарбер В.Е., Попхадзе Г.В., многому научил нас и всегда содействовал нашей работе руководитель тематического подразделения Шаулов Борис Митрофанович, вдумчивый, талантливый разработчик и доброжелательный, приятный человек.



Айтхожин Н.А.



Марков В.А.



Макота В.А.



Попхадзе Г.В.

Много труда вложили руководители и сотрудники отраслевых отделов, в частности Шамаев С.И., Ганцевич М.М., Кудрявцев Л.И., Макота В.А., Гренгаген Е.П., Корнеев Е.А., Бесчастнов А.П., Якунин В.А., Оконешников В.С., Котов И.Н., Курённых А.В. и многие другие.



Дубровский В.С.

Нельзя не вспомнить работников ВПК Дубровского В.С., Шалагина В.И., представителя Минобороны Жаркова А.И., офицеров полигона Адногулова И.И., Апсита Е.И. и многих других, активно участвовавших в создании РЛС.

Но вернёмся к собственно РЛС. Первоначально предполагалось, что информационные средства комплекса «Аргунь» будут оснащены высокопроизводительными вычислительными ЭВМ «Электроника», применение которых должно было обеспечить возможность одновременного обслуживания до 100 элементов баллистических целей, однако финансирование этих работ было приостановлено руководством Минрадиопрома.



Шаулов Б.М.

Разработчики были переориентированы на использование уже разработанных институтом точной механики и вычислительной техники АН СССР им. академика Лебедева ЭВМ 5Э92 Б с эффективной производительностью около 200 тыс. операций в секунду. Предстояла отработка с аппаратурой сложнейшего по тем временам комплекса программно-алгоритмического обеспечения на вычислительном комплексе, состоящем из пяти вычислительных машин 5Э92 Б.

Руководство ЦНПО «Вымпел» трижды коренным образом изменяло кооперацию по разработке математического обеспечения, эта работа заняла более 2-х лет и только в конце 1973 года радиолокатор «Истра» вышел на проводки искусственных спутников Земли, а в 1974 году средства полигонного комплекса успешно выдержали заводские испытания. Для меня не подлежит сомнению, что эти действия были продиктованы логикой борьбы с Кисунько. После триумфа поражения осколочным зарядом нескольких БРСД в 1961году и ряда последующих за этим работ стало ясно, что следующим шагом в развитии ПРО должно быть создание многоканальных РЛС с фазированной антенной решёткой. Это открывало принципиально новые возможности, и именно на этом направлении был нанесён главный удар по позициям Кисунько. С одной стороны его всячески старались ограничить работами по созданию и постановке на вооружение системы А-35 с двухканальными РЛС, пользуясь его понятным желанием закрепиться на позициях создателя боевой системы ПРО. С другой стороны они всячески тормозили создание МКСК «Аргунь», открывавшего серьёзные перспективы в дальнейшем развитии ПРО под руководством Кисунько.

Они победили, и что же в результате? За прошедшие несколько десятилетий с 1961 года в СССР и потом в России в области ПРО не произошло ни одного события, которое можно было хоть в какой-то мере сопоставить с событиями весны-лета 1961 года на полигоне Сары-Шаган. К разработкам пришли люди, которые с упоением, без конца обсуждали трудности создании систем обороны от баллистических ракет. Трудности обсуждались в мельчайших деталях, они размножались как кролики на радость этим новым разработчикам, а вывод был один: лучше подождать и ничего не делать. А, если уж обстоятельства вынудят, сделать что-нибудь похожее на разработки американцев. Они ведь не хуже нас понимают трудности и что-то делают. Это привело в конце концов к затрате огромных средств, созданию очень дорогих и совершенно бесперспективных в своей рабской подражательности средств. Вот уж поистине нельзя не вспомнить гениального Грибоедова: «Уж если рождены мы всё перенимать, хоть у китайцев бы нам несколько занять премудрого у них незнанья иноземцев». Противодействие работам Кисунько, в частности созданию многоканальной РЛС канала цели, не имевшей в то время по своим техническим решениям и характеристикам аналогов, как в СССР, так и за рубежом, было очень велико. Об этом очень подробно рассказано в книгах Остапенко Н.К. «Письма к сыну и немного о ПРО» и «Ещё больше о ПРО», автор имел возможность наблюдать перипетии этой борьбы изнутри.



Комаров А.В.

Создание программно-алгоритмического обеспечения для такой сложной, работающей в полностью автоматическом режиме станции было в то время чрезвычайно сложной задачей, не имевшей аналогов в нашей стране, а возможно и в мире. Работа была выполнена коллективом программистов Конструкторского бюро системного программирования, созданного по инициативе Кисунько при Сибирском отделении АН СССР и впоследствии выделившегося в самостоятельное предприятие и переведенное в г.Гомель в Белоруссии, в тесном взаимодействии разработчиков алгоритмов, под руководством сотрудников головного предприятия Комарова А.В., Золотарева М.М., Фарбера В.Е, Белоглазова В.В. и

программ под руководством Балаша Б.А., Гаврилова Ю.А. Программное обеспечение совершенствовалось на протяжении более чем 20-летней истории эксплуатации РЛС «Истра», и в этой работе приняли участие сотни специалистов ряда предприятий. Нельзя не вспомнить, что первый вариант программ был разработан коллективом программистов НИИ радиоприборостроения под руководством Стафеева В.И., она была доработана и внедрена коллективом программистов под руководством Кучеренко А.И.

Судьба радиолокационной станции «Истра» в дальнейшем была многотрудной. Отстранение Григория Васильевича от научно-технического руководства разработками систем противоракетной обороны в значительной мере предопределило дальнейшие события. Руководство созданного в Минрадиопроме ЦНПО «Вымпел» потеряло интерес к этой разработке, рассматривая ее как технически сложную и малоперспективную. Особые нарекания вызывало то, что фазированная антенная решетка (ФАР) была разработана, как полноповоротная по двум осям (азимуту и углу места). В это время, когда ФАР для РЛС военного назначения только начинали разрабатываться за рубежом, прежде всего в США, господствовала идея ненужности поворотных устройств, которые с успехом могут быть заменены быстрым электронным сканированием. В одном из журналов американского общества радиоинженеров была помещена карикатура: « настоящее - красивая неподвижная ФАР, прошлое - зеркальная антенна, вращаемая лошадью, привязанной к деревянному столбу». Наши крупные научные теоретики из ЦНПО «Вымпел» во главе с Репиным В.Г. охотно приняли на вооружение эту идею, ориентируясь на «передовые западные идеи» и критиковали станцию с этих позиций, а также за то, что она имеет совмещенную на прием и передачу антенну и ряд других технических решений. Время, однако, в очередной раз показало, что заложенные Григорием Васильевичем Кисунько идеи носили опережающий характер, практически все современные РЛС с ФАР имеют совмещенную на прием и передачу антенну и все они, как правило, поворотные. Но это ясно теперь, а тогда аргументы коллектива энтузиастов, вынесших на своих плечах создание этой РЛС, никто не хотел слушать. Нельзя не отметить, что РЛС комплекса «Аргунь» уже обладала не меньшими, чем РЛС «Дон» и тактико-техническими характеристиками, была тактически более гибкой, а главное аппаратура этой станции была на порядок! дешевле, чем РЛС «Дон».

Тем не менее, судьба РЛС комплекса «Аргунь» была предрешена. После успешных заводских испытаний средств многоканального стрельбового комплекса противоракетной обороны в 1974 г., в процессе которых было установлено соответствие достигнутых характеристик требованиям Заказчика, было принято решение в 1975 году о переводе РЛС канала цели и командно-вычислительного пульта в измерительные средства полигон Сары-Шаган – комплекс «Аргунь-И». Это было связано с ранее принятым решением о создании радиолокационной станции Дон-2Н и ограничениями договора по ПРО 1972, запрещающем иметь более одной большой станции ПРО на полигоне Сары-Шаган.

Широкие технические возможности, реализованные в РЛС «Истра»:

– работа во всей верхней полусфере;

– измерение поляризационных характеристик объектов;

– высокие энергетические характеристики и точности измерения координат;

– возможность гибкого управления и быстрой реализации различных режимов работы, путем изменения программы управления РЛС позволили провести на ней за более чем 20-летнюю историю ее существования большой объем экспериментальных, исследовательских работ, как в области ее основного назначения, так и в смежных, зачастую совершенно неожиданных направлениях.

Так, например, в начале 1985 года сложилась нештатная ситуация на орбитальной станции «Салют-7». Радиотехническая аппаратура станции вышла из строя, была потеряна связь с Землей и возможность ее наблюдения штатными измерительными средствами. Перед разработчиками стояла задача оживления аппаратуры, с тем, чтобы предупредить неконтролируемое развитие событий, путем стыковки ее с пилотируемым кораблем

«Союз Т-13». При этом было необходимо измерять взаимное положение обоих объектов сближения, в системе корабля «Союз» для обеспечения визуального обнаружения станции и контроля последующего процесса сближения, а также поддержания необходимой точности измерения параметров орбиты станции.

По инициативе заместителя Генерального директора ЦНПО «Вымпел» Сычева Валерия Васильевича Центр управления полетами (ЦУП) совместно с НПО «Энергия» и Институтом прикладной механики АН СССР обратились с просьбой о привлечении к этой работе РЛС комплекса «Аргунь-И». В обеспечение этих работ был выпущен приказ Министра радиопромышленности и директива главного управления ПВО.

В течение 2-х месяцев было разработано и отлажено необходимое программно-алгоритмическое обеспечение, позволяющее измерять положение станции в системе координат корабля, налажена связь с ЦУП для передачи необходимой информации. Представители ЦУП были размещены на командно-вычислительном пункте комплекса «Аргунь-И», а представители разработчика комплекса на ЦУП.

Регулярные проводки станции начались 27 мая 1985 года. Совместные одновременные наблюдения производились на 32,33 и 34 витках корабля и соответственно на 18088, 18089 и 18090 витках станции, 8 июня 1985 года с 8 часов 27 минут по 13 часов 15 минут московского времени. В трех сеансах совместного наблюдения объекты наблюдались на расстояниях 628-618, 217-203 и 0,05 километров соответственно.

Ошибки измерения расстояния составляли около 300 м, а между станциями взаимного углового положения составили несколько десятых градуса. Материалы были переданы в реальном времени в ЦУП и, как нам стало известно, хорошо совпали с баллистическими расчетами, подтвердив, таким образом, экспериментально их правильность. Как известно, стыковка корабля «Союз Т-13» и станции ««Салют» была проведена советским космонавтом Джанибековым В.А. очень успешно и нам, разработчикам комплекса «Аргунь-И», приятно сознавать, что в этом есть и наш вклад.

Работы по доработке и отладке программного обеспечения были выполнены очень быстро силами разработчиков алгоритмистов Трушиным В.А., Белоглазовым В.В., Вейцелем В.В., разработчиков программ Гавриловым Ю.А., Афанасьевым А.П., Быковским О.В. и других сотрудников предприятий, обеспечивавших проведение этих работ. Общее руководство этими работами, как и большинством других экспериментов, осуществлял бессменный ответственный представитель предприятия разработчика на объекте Попхадзе Георгий Владимирович, представителем ЦУП на объекте была очаровательная Людмила Васильевна Чайкина, которая оставила о себе самые светлые воспоминания в нашем, в общем, довольно провинциальном по своему бытовому менталитету коллективе. Не менее впечатляющими были и другие эксперименты, проведённые на РЛС комплекса «Аргунь-И», а в дальнейшем на двухдиапазонном комплексе «Аргунь-Руза».

Вот что рассказывает о некоторых из них руководитель работ на командно-вычислительном пункте комплекса Белоглазов В.В.: «Комплекс «Аргунь-И» регулярно привлекался для проведения радиолокационных наблюдений за «неблагополучными» космическими объектами. К таким объектам относились, прежде всего, космические аппараты, по той или иной причине вышедшие из под контроля (управления) с Земли, быстро теряющие высоту вследствие атмосферного торможения и представляющие угрозу любым государствам и их гражданам, расположенным по широте ниже угла наклонения орбиты падающего объекта. Вот краткий перечень таких объектов:

– ИСЗ «Космос-954» – сентябрь1977 г;
– Космическая станция «Скайлэб»– июль 1979;
– Космическая станция «Салют-6» – июнь 1982 г;
– ИСЗ «Космос-1402» – август 1982 г;
– Космическая станция «Салют-7» – февраль 1991 г.

Как правило, комплекс привлекался к этим работам для получения и выдачи Центру контроля космического пространства точной координатной и некоординатной (сигнальной) информации для уточнения параметров орбиты, определения ориентации в пространстве и, в конечном счёте, для предсказания района падения аварийного КА. Однако, коллектив разработчиков комплекса не только разрабатывал и внедрял методики радиолокационных наблюдений аварийных КА, но и с энтузиазмом разрабатывал и опробовал по реальной информации свои оригинальные методы прогнозирования районов падения КА. Главный конструктор комплекса до сих пор не без юмора вспоминает, как после расчёта точки падения американской космической станции «Скайлэб» по только что полученной радиолокационной информации программист экстра класса Гаврилов (ныне – директор КБСП г.Гомель) ему заявил: «А, чёрт с ней, с Австралией!». Все ахнули, когда менее чем через час средства массовой информации сообщили, что орбитальная станция рухнула на Землю в малонаселённых районах Западной Австралии.

Особенно памятна последняя подобная работа по прогнозированию падения неуправляемой (по специфической терминологии ЦУП некооперируемой) станции «Салют-7» в феврале1991года. К этому времени был накоплен значительный опыт подобных работ, привлечены квалифицированные кадры (Остапенко Н.К., Зимин И.В., Молотков Е.Л.), разработано программное обеспечение на ПЭВМ, позволяющее быстро и наглядно обрабатывать полученные при радиолокационных наблюдениях данные. При расчётах района падения удалось предусмотреть учёт солнечной активности. Точность прогноза точки падения станции «Салют-7» превзошла все ожидания.

Был проведён ряд работ по наблюдениям баллистических ракет Китайской народной республики, отстреливаемых в западную часть пустыни Такла-Макан. В результате этих работ были получены не только точные траекторные характеристики наблюдаемых целей, но также с использованием возможностей полного поляризационного приёма скорость прецессии головной части и геометрические размеры корпуса последней ступени и головной части.

Вокруг интереснейших работ, проводившихся на измерительном комплексе «Аргунь-И», в течение 20 лет сложился уникальный творческий коллектив, который не за страх, а за совесть обеспечивал не только функционирование комплекса в процессе исследовательских работ, но и его непрерывную модернизацию. В течение всего периода эксплуатации аппаратура радиолокатора непрерывно дорабатывалась в связи с:

– усложнением обстановки и появлением новых задач;

– появлением новых технологических решений и элементов аппаратуры, позволяющих улучшить основные тактико-технические характеристики станции;

– устранением неудачных решений, принятых при разработке.

Первоначально, при разработке станции на этапе НИР, предполагалось, что обнаружение сигналов будет осуществляться по сигналам в парциальных угловых кагалах, которых в станции с приемом сигналов двух поляризаций было 8. Такое решение оказалось очень неудобным как с точки зрения разработки программ обнаружения, так и поляризационного распознавания наблюдаемых объектов.

Предложение сформировать два суммарных канала (левой и правой поляризации) было встречено разработчиками приемного тракта (начальник отдела Шамаев С.И.) в штыки, так как приводило к усложнению приемного устройства. Однако, при содействии Генерального конструктора вопрос о формировании суммарных каналов был решён положительно, и все дальнейшие работы подтвердили правильность этого решения.

Другим вопросом, также неудачно решённым на этапе НИР, был облик передающего устройства. Первоначально предполагалось, что в составе станции будут функционировать два разных канала: основной и дополнительный. Дополнительный канал обеспечивал работу с импульсами меньшей, чем у основного длительностью и большей частотой повторения. Он рассматривался как средство обмана и подавления импульсной шумовой помехи и возник

под влиянием приятных воспоминаний о том, как удалось вывести из строя передатчик импульсной помехи в одной из работ по теме «Крот». Григорий Васильевич называл этот способ «подначкой источника помех».

Создавать дополнительный канал только для парирования такого экзотического вида помех, как импульсная шумовая, казалось излишним, в то же время стало ясным, что для измерения полной поляризационной матрицы рассеяния наблюдаемого объекта необходимо облучать его сигналами обеих поляризаций. Это привело к созданию передающего устройства имеющего два одинаковых канала, работающих в разные моменты времени и обеспечивающих излучение сигналов в двух ортогональных поляризациях.

Это решение было охотно принято разработчиками передающего устройства (начальник отдела Гренгаген Е.П.) поскольку оно упрощало разработку устройства, такая структура передающего устройства оказалась очень органичной и удобной.

Доработки станции начались сразу же после поставки аппаратуры на объект монтажа-площадку 38 полигона. Аппаратура должна была быть смонтирована в здании, первоначально предназначавшемся для радиолокатора канала цели системы А-35. Реконструкция здания оказалась достаточно глубокой, и при размещении аппаратуры возник целый ряд нестыковок. Руководил доработками здания старший лейтенант Косаван, вероятно это была первая самостоятельная работа в его славной последующей карьере. Строители совместно с разработчиками и монтажниками «Спецстальконструкции» МУ-25 оперативно разрешали подчас непростые вопросы, используя в необходимых случаях для ускорения работ «универсальную валюту» полигона – спирт.

В процесс более чем 20-летней эксплуатации аппаратура станции непрерывно дорабатывалась, в частности необходимо отметить:

– коренную модернизацию приемного устройства (92 шкафа), разработанного главным образом на электронных лампах, на полупроводниковую аппаратуру;

– замену дисперсионных ультразвуковых линий на более совершенные линии на поверхностных акустических волнах (ПАВ);

– коренную модернизацию криогенно-гелиевого оборудования с целью повышения его надёжности;

– доработку видеотракта с заменой вакуумных электронных трубок оцифровки сигналов на полупроводниковые схемы и внедрение более перспективных схем памяти, позволивших увеличить промежуточную память и значительно сократить объём аппаратуры;

– расширение сектора электронного сканирования и доработку конструкции поворотной части антенны массой около 600 тонн с целью поддержания её жесткости;

– доработку передающего устройства с заменой двух первых каскадов усиления на один входной каскад с ЛБВ «Цикада», имеющей больший коэффициент усиления.

В 1986-1987 годах был проведён капитальный ремонт всего спецтехнического оборудования комплекса «Аргунь-И» (радиолокатора «Истра» и командно-вычислительного пункта), отработавших в нелёгких условиях полигона почти 20 лет. Одновременно с этим были заменены ЭВМ 5Э92б и согласующие устройства на более быстродействующие ЭВМ Д-890 разработки НИИДАР. Естественно было доработано программно-алгоритмическое обеспечение, всё это подготовило основу для создания двухдиапазонного комплекса, включившего в себя кроме РЛС «Истра» ещё и мощную РЛС миллиметрового диапазона волн «Руза».

РЛС «Руза»

К середине восьмого десятилетия стало очевидно, что решение основной проблемы создания эффективной системы противоракетной обороны, проблемы выделения боевых блоков на фоне других элементов баллистической цели на безатмосферном участке траектории полета, как с помощью радиолокационных, так и оптических измерений, дело

очень сложное и проблематичное. В этой связи обострился интерес к созданию высокоточных радиолокационных средств, способных решать эти задачи в верхних слоях атмосферы, а также к увеличению избирательности этих средств с целью повышения устойчивости их работы в сложной помеховой обстановке. Представлялось, что эти проблемы могли бы быть эффективно разрешены с помощью радиолокационных средств миллиметрового диапазона волн (ММДВ).



РЛС «Руза»

В 1977 году перед Минрадиопромом и Академией наук СССР была поставлена задача исследования возможности создания высокоэнергетических многоканальных РЛС в ММДВ, способных сопровождать современные баллистические ракеты и их элементы, а также ИСЗ на дальностях в несколько сот километров в интересах создания информационных средств для перспективных систем ПРО.

При этом были сформулированы неслыханно высокие требования по энергетике, точности и помехозащищенности таких РЛС, недостижимые не только в своей совокупности, но даже и по отдельным параметрам в освоенных радиолокационных диапазонах. Сложность задачи заключалась в том, что не существовало необходимых предпосылок к созданию таких РЛС ни в области фундаментальных знаний (в части, об условиях распространения на протяженных трассах, выходящих за пределы тропосферы,

статистики затухания, работы в условиях повышенной ионизации атмосферы, о характеристиках рассеяния объектов в этом диапазоне), ни в разработанной элементной базе (не было мощных когерентных источников СВЧ-энергии в этом диапазоне, малошумящих усилителей, апертурных фазовращателей и др.; не существовало даже общего представления о том, какую именно элементную базу надо развивать для средств этого типа), ни в области системотехнических задач (каков должен быть облик таких станций, структура управления и обработки, программное обеспечение). Зарубежный опыт в этой области отсутствовал.



Басистов А.Г.

Головным предприятием по этой тематике стал НИИ радиоприборостроения – директор Михайлов Н.В., Генеральный конструктор Басистов А.Г. Руководителем работ по этому направлению и в дальнейшем Главным конструктором средств был назначен Толкачёв А.А. Заместителем главного конструктора стал Левитан Б.А., который взял на себя большую часть работ по техническому руководству и организации. В 1986 году коллектив разработчиков был переведен в НИИ радиофизики, в настоящее время ОАО «Радиофизика», где и была завершена разработка этой станции, проведены испытания на полигоне Сары - Шаган и последующие натурные исследования. Басистов был одним из инициаторов этой работы, всегда проявлял к ней большой интерес и поддерживал ее, хотя для него – руководителя работ по созданию системы А-135 – она не могла иметь первостепенного значения.

Одним из существенных вопросов, в значительной мере определявших возможность создания радиолокационной станции ММДВ для обслуживания объектов в ближнем околоземном Космосе, был вопрос оценки влияния затухания миллиметровых волн диапазона Ка (34 ГГц) на эффективность работы РЛС. Дело в том, что для радиолокационных станций традиционно используемых диапазонов волн, где энергетические потери на затухание в атмосфере незначительны, расчет энергетических характеристик ведется для наиболее неблагоприятного с точки зрения погоды случая, то есть закладываются в расчет максимально возможные потери. Для миллиметрового диапазона волн, где потери, связанные с затуханием в тропосфере, сравнимы или даже больше, чем потери связанные с эффективностью использования антенны, неоптимальностью обработки и другими факторами, такой подход оказался неприемлемым. Автором этой статьи было предложено использовать некоторую вероятностную оценку – «метеорологическую надежность», которая позволила бы оценить надежность работы средства, включая эксплуатационную надежность аппаратуры, вероятность обнаружения и другие факторы. Метеорологическая надежность была определена как вероятность того, что принятый в станции запас в энергетическом потенциале обеспечит компенсацию затухания в атмосфере, при расположении средства в заданном районе Земного шара, при заданных углах места наблюдения целей, в заданное время года или в среднем за год. Применительно к рассматриваемой задаче предполагалось, что объект находится за пределами тропосферы, а станция располагается на уровне моря.

Серебрянниковым В.И. и Озниевым Н.К. была разработана методика расчета метеорологической надежности и рассчитаны ее значения для ряда районов Земного шара. В частности, выяснилось, что в умеренных широтах – средней полосе России – метеорологическая надежность составляет для диапазона Ка в среднем за год 0,95 при углах места 20 градусов и запасах энергетического потенциала 8 – 9 Дб. Аналогичные расчёты были выполнены в ИРЭ АН СССР и дали близкие результаты. Позднейшие экспериментальные работы подтвердили правильность предварительных оценок.

Разработчики ясно представляли, что исследования не будут иметь завершенного характера, если не будут продемонстрированы возможности мощной РЛС ММДВ в натурных условиях. С этой целью была разработана первая в мире мощная РЛС с фазированной антенной решеткой в ММДВ – «Руза».

Кооперация по разработке и изготовлению аппаратуры в основном сохранилась той же, что и при создании РЛС «Истра», за исключением того, что головным заводом по созданию антенного устройства стал Гомельский механический завод.

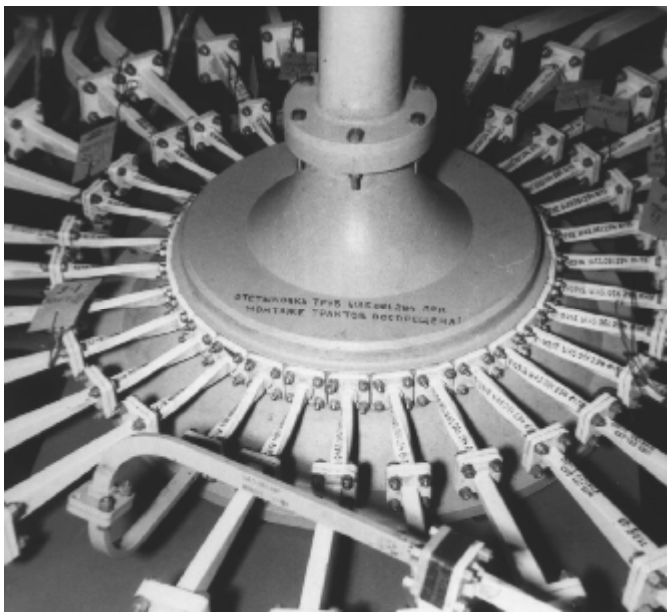
Для ускорения работ были использованы здания и некоторые конструкции (в частности, опорно-поворотные устройства антенны) радиолокатора канала противоракеты многоканального стрельбового комплекса «Аргунь». Собственно, миллиметровая СВЧ часть антенны, которая изготавливалась на Гомельском механическом заводе, должна была быть размещена поверх существующих металлоконструкций опорно-поворотного устройства, изготовленного несколько десятилетий ранее на Горьковском механическом заводе.

Непростая задача стыковки конструкций массой более 40 т и площадью около 60 кв. м, которые должны были быть размещены на высоте более 20 метров на ранее не предназначавшемся для этих целей сооружении, была решена следующим образом. Полотно ФАР было разделено на 4 сектора – модуля. Модули были собраны в единую конструкцию на заводе и состыкованы по механическим и электрическим связям, а затем разобраны и с помощью транспортных самолетов типа «Руслан» перебазированы на полигон, где конструкция была смонтирована в короткие сроки с использованием штатных строительных механизмов.

Одним из основных отличий этой станции было использование в выходных каскадах специально разработанных для этой цели в Институте прикладной физики АН СССР (директор академик Гапонов-Грехов А.В.) и НИИ «Титан» (Главный конструктор Мясников В.Е.) мощных гироклистронных усилителей, работающих с криомагнитами. Охлаждение криомагнитов осуществлялось с помощью криогенной системы замкнутого типа. Использование двух параллельно работающих гироклистронов с импульсной мощностью около 500 кВт каждый и скважностью 10 позволило обеспечить высокую энерговооруженность станции и одновременно породило ряд проблем. Это был первый случай использования в радиолокационной станции гироприборов, причем не генераторного (гиротронов), а усилительного типа (гироклистронов).

Высокие импульсные и средние мощности потребовали разработки специальных технических решений, связанных с канализацией СВЧ-энергии на большое поворотное антенное устройство, при общей длине волноводного тракта более 40 м. До этого существовал опыт использования гиротронов для нагрева плазмы, где канализация энергии производилась квазиоптическими, лучеводными методами. В силу ряда причин такой способ представлялся неприемлемым для РЛС разрабатываемого типа.

Для канализации энергии был разработан круглый многомодовый волноводный тракт с волной типа H_{01} диаметром 80 мм с полным комплектом элементов, включая оригинальные делители мощности 1:31 из круглого волновода в обычные одномодовые прямоугольные волноводы (разработчик Скляр Л.М.) Разработка этого тракта и его элементов доставила массу хлопот, особенно долго решалась проблема потерь на квазиоптических угловых изгибах.



Делитель 1:31 из круглого в прямоугольные волноводы

Для отработки волноводных элементов в НИИ радиофизики был создан специализированный стенд. В результате отбраковки некондиционных элементов и некоторой модернизации (Гольберг Б.Х, Корженков П.Н.), удалось снизить потери в «уголках» до 0,15 – 0,2 дБ, что было решающим моментом в создании волноводного тракта высокого уровня мощности с приемлемыми потерями, а последующие работы на объекте по модернизации волноводного тракта (Денисенко В.В., Смирнов В.В.) позволили довести суммарные потери в тракте до 2,5 – 3,0 дБ.

Другой проблемой было обеспечение эффективного сложения мощности двух гироклистронов, которые запитывали антенное устройство, разделенное на две части по двум волноводным трактам. В процессе работ выяснилось, что начальная фазировка трактов на передачу недостаточна и требует подстройки в процессе проведения работ. В короткие сроки Любавиным В.Г. в лабораторных условиях был разработан амплитудно-фазовый детектор на несущей частоте, который совместно с электромеханическим фазовращателем обеспечивал непрерывную автоматическую фазировку трактов в процессе работ.

Фазированная решетка с небольшим сектором электронного сканирования была выполнена по пассивной схеме на передачу и активной на прием. В качестве малошумящих усилителей использовались твердотельные параметрические усилители, разработанные в НИИ «Салют». Такие же усилители были использованы во входных цепях приемного устройства.

Для оперативного контроля технического состояния ФАР и её элементов, прежде всего исправности и фазовых характеристик входных параметрических усилителей, была разработана программа автоматического измерения радиотехнических параметров – АИ РТП, использование которой радикально ускорило процесс контроля и настройки ФАР.

Программно-алгоритмическое обеспечение было создано и внедрено в рекордно короткие сроки на базе программно-алгоритмического обеспечения радиолокатора РЛС «Истра». Все это значительно ускорило ввод в строй РЛС «Руза» и уменьшило стоимость ее создания. Уже в декабре 1989 года РЛС вышла в эфир и обеспечила наблюдение искусственных спутников Земли. В станции был реализован ряд рекордных технических характеристик, в частности:

– коэффициент усиления фазированной антенны составил около 60 дБ;

– дальность действия по объекту с поверхностью рассеяния 1 кв.м – 1200 км;

– среднеквадратическое значение ошибки измерения угловых координат 12 угл. сек.

В процессе дальнейших работ технические характеристики РЛС «Руза» были значительно улучшены за счет:

– увеличения выходной мощности передающего устройства путем применения модернизированных гироклистронов;

– уменьшения шумовой температуры апертурных усилителей;

– снижения потерь в волноводных трактах.

Все это позволило увеличить дальность действия РЛС «Руза» более чем в два раза. Большие сложности возникли при обеспечении работы сверхпроводящих магнитных систем гироприборов. Для станции была разработана НИИ «Гелиймаш» система криогенного обеспечения замкнутого типа с турбодетандерной установкой КГУ 150/4 и разветвлённой системой трубопроводов, обеспечивающих охлаждение четырёх криостатов и сбор испаряющегося гелия. Конструкторские испытания и четыре года работы показали невысокие эксплуатационные характеристики криогенной системы. Было принято решение о модернизации этой системы с применением автономных охладителей рефрижераторного типа на каждом криостате, разработан макетный, а затем и опытный образец охладителя. Однако доработка станции проведена не была в связи с общей ситуацией в стране, приведшей в 1993 году к приостановке финансирования работ.

В то время вне Советского Союза существовала только одна мощная РЛС ММДВ, способная наблюдать космические объекты. Это созданная в США и развернутая на полигоне Кваджелейн на несколько лет раньше радиолокатора «Руза» одноканальная РЛС ММДВ с зеркальной антенной диаметром 13,7 м и передающим устройством на двух ЛБВ VTA 5700 с общей импульсной мощностью 60 кВт. Судя по имеющимся публикациям, эта высокоэнергетическая РЛС ориентирована на сопровождение только одиночных объектов. Утверждается, что эта станция по точности измерения координат и избирательности является наилучшей из всего комплекса РЛС, расположенных на полигоне Кваджелейн. В силу этих причин «РЛС ММДВ является наилучшим кандидатом для распознавания объектов в реальном времени». Легко видеть, что РЛС «Руза», обладая теми же преимуществами, имеет возможности одновременного обнаружения и сопровождения многих объектов и имеет значительно большие возможности.



Соловьев Г.К.

Работы по созданию РЛС проводились командой тематиков, где большой вклад внесли Левитан Б.А., Соловьев Г.К., Васильев А.Ф., Кирильчук Л.С., Корелин В.Д., Белова А.Ф., Соколинский А.Г. Программно-алгоритмическое обеспечение адаптировали к новой станции и новым вычислительным средствам сотрудники НИИ радиофизики Фарбер В.Е., Золотарев М.М. Говорин В.А., Топчиев С.А. и программисты КБСП Гаврилов Ю.А., Афанасьев А.П., Минкин Я.С., Фроленков А.М., Кривцов М.А. и другие.

Большой труд был вложен в разработку аппаратуры Макотой В.А., Денисенко В.В., Николаевым А.М.– в части создания антенного устройства, Левитаном Б.А., Колосом В.И., Доминюком Я.В., Кияко В.И., Зубенко А.В., Тюриным Б.И., Рыбаковым В.М., Беловодским О.В. и другими – в части передающего устройства, Гуровицем А.С., Бруевичем А.Н., Мурзиным В.Н. – в части приемной аппаратуры. Большая работа была выполнена монтажными организациями объекта, офицерами полигона, строителями. В большой степени успех работ был обеспечен ответственным представителем на объекте Попхадзе Г.В.

В качестве источника целеуказаний для РЛС «Руза» использовался радиолокатор «Истра», совместно с командно-вычислительным пунктом (КВП) образовавший двухдиапазонный измерительный комплекс (ДРЛК).



Двухдиапазонный радиолокационный комплекс.
Слева – радиолокатор «Истра», справа – «Руза»

Успешные наблюдения космических объектов в близком околоземном космосе показали большие возможности радиолокационных средств в этой области и дали необходимые основания для пересмотра отношения к средствам ММДВ, как к средствам тактического назначения малой дальности. Можно предположить, что к таким же выводам пришли или придут разработчики в США в процессе испытания своих средств на полигоне «Кваджелейн».

В заключении нельзя не отметить, что проведение осмысленных, технически интересных работ на полигоне кроме технического аспекта имело и другую – чисто человеческую сторону. Здесь, как нигде, неоднократно подтверждалась крылатая фраза «Кадры решают все». На протяжении многих лет работали большие коллективы разработчиков, изготовителей, монтажников в тесном содружестве с личным составом войсковой части. Работали много, самозабвенно, не считаясь с личными интересами и временем. Многие представители промышленности проводили целые годы в командировках, наведываясь в места своей основной прописки, как говорится, «помыться и детей сосчитать». И конечно такая общая работа, общие неудачи сплачивали отдельные группы в единый коллектив, увлеченный одной общей целью.



Группа разработчиков: сидят – Макота В.А., Фарбер В.Е., Левитан Б.А., Толкачёв А.А. Золотарёв М.М., Кобельков Г.П., стоят – Белоглазов В.В., Говорин В.А., Мурзин В.Н., Кирильчук Л.С., Доминюк Я.В., Вейцель В.В., Соловьев Г.К.

При образе жизни надо было как-то обустраивать свой быт. Как правило, жили «колхозами» в составе от двух до десяти человек, питались стряпней собственного приготовления (редко кто, в основном одиночки, приехавшие на короткий срок, пользовались военторговской столовой). Так как работы на объекте проводились зачастую в три смены, всегда была возможность взаимовыручки в бытовых вопросах. Праздники, а чаще местные трудовые победы, встречали, конечно, тоже вместе. Редкие дни и часы досуга проводили в основном или на озере, или в степи. Озеро Балхаш особенно манило к себе и летом и зимой заядлых рыбаков, а летом просто купающихся и загорающих. Степь особенно была привлекательна во второй половине апреля – первой половине мая, когда непонятно каким образом на каменных почвах, используя каждую расщелину, появлялись целые поля цветущих тюльпанов. В остальные времена года в степь можно было ходить «собирать камни». Иногда попадались целые россыпи горного хрусталя и аквамаринов. Но все это было только некоторым скрашивающим фоном, а в основном это работа, работа и еще раз работа. Конечно, никто не отменял законов о труде, о них просто забывали, помня только один термин: «ненормированный рабочий день». Иногда даже сутками не выходили с объекта, умудряясь час-другой поспать, склонившись на пульт управления или пристроившись за шкафами аппаратуры.

В 1994 году финансирование работ на двухдиапазонном радиолокационном комплексе было прекращено, уникальные радиолокационные средства были оставлены без охраны и разграблены.

10.2. ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И ЗАЩИТА ОТ ПОМЕХ В РЛС «ИСТРА»

Кобельков Г.П.

Одной из важнейших задач, которые ставились перед РЛС «Истра», было распознавание элементов баллистической цели на безатмосферном участке траектории ее полета по поляризационным характеристикам рассеянного сигнала. Для этой цели была разработана уникальная аппаратура радиотракта, обеспечивающая возможность измерения всех параметров поляризационной матрицы рассеяния (ПМР) целей, которые обусловлены геометрической формой наблюдаемого объекта и его ориентацией.

Первоначально задачу селекции головной части предполагалось решать путем определения скорости прецессии наблюдаемых объектов. Считалось, что объекты осесимметричны и по измерениям элементов поляризационной матрицы рассеяния предполагалось определять текущий наклон оси симметрии в картинной плоскости, а по зависимости наклона от времени – скорость прецессии. Соответствующие теоретические расчеты были проведены Толкачевым А.А. и Айтхожиным Н.А.

Однако к концу 60-х годов появились боевые ракеты, в состав которых включались в большом количестве разного рода ложные цели, в том числе, надувные легкие ложные цели, которые не имели осевой симметрии, вследствие чего метод селекции головной части по скорости прецессии перестал отвечать задаче выделения головных частей из множества целей в составе БР.

Экспериментальные исследования вопросов распознавания многоэлементных целей по массивам измеренных ПМР начались в НИИРП в 1973 году, в основном, силами коллектива, руководимого автором. Нам пришлось искать другие признаки для распознавания этих элементов, основанные на зависимости параметров ПМР от геометрической формы наблюдаемого объекта, которая определяет индивидуальную форму объемной диаграммы обратного рассеяния и, далее, интегральные поляризационные характеристики.

Процесс распознавания, заложенный в алгоритмах работы РЛС, состоял из трех этапов. На первом этапе формировались единичные замеры ПМР по наблюдаемым элементам. На втором – производилась предварительная их обработка, включавшая, в частности, отбраковку недостоверных замеров и приведение достоверных замеров к стандартным условиям измерений. На третьем, завершающем этапе, по приведенным замерам выполнялись расчеты некоторых интегральных характеристик. Процесс распознавания считался успешным, если выборочные оценки интегральных параметров попадали в границы многомерного эталона одного из предварительно заданных образов.

Для получения устойчивых параметров ПМР первичные замеры приводятся к так называемым «стандартным условиям измерений». При этом часть неинформативных параметров исключается, а другая часть фиксируется на некотором условном уровне. Например, все замеры по амплитуде приводятся к фиксированной дальности, к углу места 90°, к нулевому значению угла отклонения линии визирования цели от равносигнального направления и т.д. Это обеспечивает одинаковые условия измерения и, следовательно, возможность сравнивать между собой интегральные поляризационные параметры. Параметры образуют многомерное пространство, в котором каждый объект отмечается некоторым многомерным значением – «образом».

Конечность времени наблюдения объектов обуславливает ограниченность выборок получаемых замеров поляризационной матрицы рассеяния, что, наряду с другими причинами, приводит к разбросу «образов» в многомерном пространстве. Размер области разброса значений конкретного «образа» определяет степень устойчивости его оценок и, в конечном счете, вероятности правильного распознавания объекта. Процедура распознавания

объекта относит его, после обработки полученных по нему замеров, к одному из заранее выбранных классов по признаку попадания в многомерную область в пространстве признаков, соответствующую конкретному классу, называемому эталоном данного класса. Понятно, что надежность распознавания (не перепутывания) объектов определяется вероятностью попадания полученной оценки образа в границы своего эталона. Надежность распознавания определяет информативность выбранной группы параметров. За время проведения исследований на РЛС «Истра» в НИР были исследованы несколько групп поляризационных параметров, в том числе, параметров, использованных, по данным в открытой печати, зарубежными исследователями и параметров, предложенных нами. Исследования различных групп интегральных поляризационных параметров велись нами с целью поиска наиболее информативных, обеспечивающих максимальную вероятность распознавания, групп параметров и продолжались в течение многих лет.

Если учесть то обстоятельство, что вычислительные возможности ЭВМ, которые управляли работой РЛС были сравнимы с возможностями, пожалуй, первых персональных ЭВМ, ну, если и не ХТ, то АТ (думаю, что многие начинали на таких вот «монстрах», которые тогда нам казались просто чудом), то понятно, что сложнейшая обработка многомерных массивов не могла быть обеспечена в реальном времени и выполнялась после проведения наблюдений по зафиксированной информации.

Далеко не все шло гладко. Результаты в начале исследований давали нам много поводов для огорчений, ну и для разных обидных шуток со стороны коллег. Успех наметился только в конце наших исследований. Нами была предложена группа параметров, которая обеспечивала высокую надежность отнесения наблюдаемых элементов к своим классам, то есть правильное распознавание. К слову сказать, мне не встречались публикации о такой группе параметров, названной нами вектор вероятности формы (ВВФ), ни в отечественных, ни в зарубежных печатных изданиях даже до сего времени.

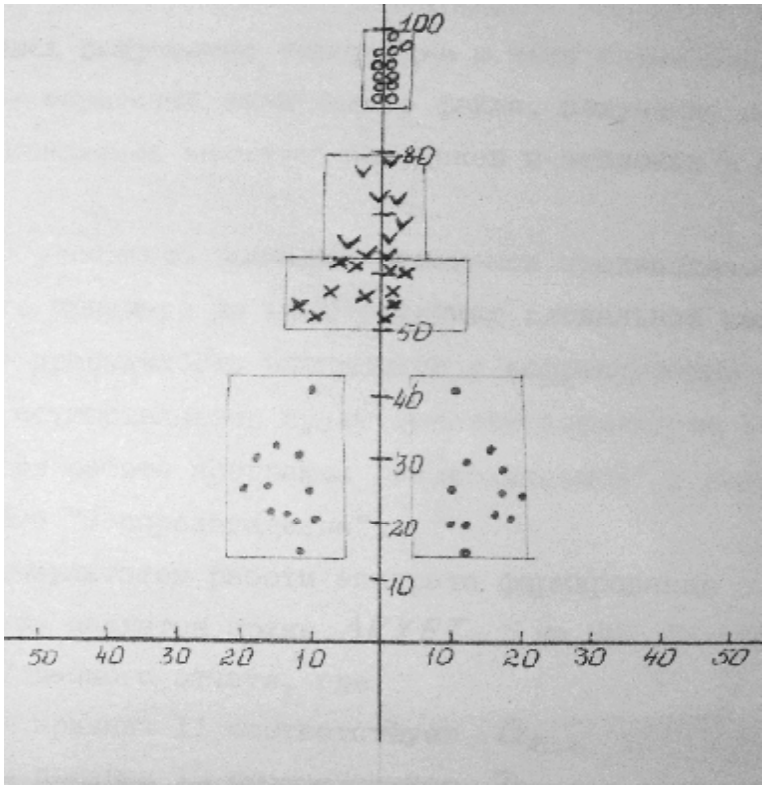
Отлаженная технология обработки замеров позволила выполнить еще ряд интересных работ, которые базировались на возможности выполнять по приведенным замерам ПМР не только распознавание объектов, но и определять текущую проекцию пространственной ориентации осесимметричных тел на так называемую «картинную плоскость», то есть плоскость ортогональную линии визирования. Эти возможности были заложены еще Генеральным конструктором Кисунько в начале 60-х годов прошлого столетия.

По данным, полученным в результате наблюдений на РЛС «Истра», был выполнен ряд работ по определению параметров прецессии осесимметричных тел. Например, нами были рассчитаны параметры собственного движения вокруг центра масс падающего энергетического блока ИСЗ. Были определены ориентация оси конуса прецессии в пространстве, раствор (угол при вершине) конуса прецессии, скорость обхода оси блока по конусу прецессии. Эти данные, определенные по массивам замеров ПМР, полученным при наблюдении одного витка, совпали с данными, полученными на многих витках Грошевым В.Я. из НТЦ ЦНПО «Вымпел» по данным однополяризационных станций с точностью до единиц градусов. Далее, для сравнения, был выполнен теоретический расчет зависимости от времени амплитуды сигнала, отраженного от объекта, с геометрическими параметрами энергетического блока и с параметрами прецессии, определенными в результате предыдущего анализа полученной в процессе наблюдения этого блока реализации замеров. Лепестковая структура сигнальных реализаций, полученных по данным наблюдений и в результате расчета, совпали с такой точностью, что Главный конструктор Толкачев не поверил и принялся проверять расчеты в отдельных выборочных точках на своей логарифмической линейке, после чего сомнения в достоверности расчетов отпали.

Наименование эл-тов / Кол-во участков	Правильный результат распознавания	Класс
МСЗ (сферич.) / 100	100 %	07
К / 56	100 %	01
НЗО / 15 *)	87 %	03
МЦП / 42	100 %	08

*) Примечание: на первых двух участках распознавания в работе от 4.03.92 вычисленный вектор признаков по элементу НЗО оказался вне границ эталона, т.к. $m\beta_2 > 0{,}1$. При этом выяснилось, что в 13 % замеров $\Delta m\beta_2 > 0{,}1$. Можно предположить, что на этих участках НЗО наблюдался в ракурсах, при которых его форма значительно отличалась от сферической.

Результаты распознавания КО различных классов по сигнальным поляризационным параметрам



Результаты распознавания КО различных классов по параметрам вектора вероятности формы

Надо сказать, что в те времена о настольных компьютерах и даже электронных калькуляторах никто даже и не мечтал, и расчеты большого объёма выполнялись на электромеханических калькуляторах фирмы «Мерседес». Упомянутый расчет очень большого объема был выполнен на этих грохочущих «Мерседесах» группой расчетчиц по моему заданию и под контролем ведущего инженера Наталии Гришечкиной. В связи со сжатыми сроками на выполнение этой работы при очень большом объёме расчётов, напряжение в работе было очень большим. Работу выполнили в срок, но, помнится, не обошлось таки без слез.

Еще один блестящий пример применения анализа поляризационной информации был продемонстрирован при обработке реализаций ПМР, зафиксированных в проводке элементов БР, запущенной на территории соседнего государства. В проводке наблюдались два элемента. Один элемент сопровождался 100 секунд, другой – 13 секунд. Группу анализа зафиксированной информации возглавил Главный конструктор РЛС «Истра» Алексей Толкачев. В результате проведения анализа, группе удалось определить форму, линейные размеры, параметры прецессии, т.е. ориентацию оси прецессии в пространстве, раствор конуса прецессии, скорость обхода конуса прецессии для обоих наблюдавшихся элементов. Впоследствии, оценки формы и линейных размеров были подтверждены данными из зарубежной печати (Aviation Week and Space Technology, v.113, №8, 1980, August 25).

Интересно вспомнить, как была получена эта информация. К работам по этому объекту мы начали готовиться давно. Предусмотрено было практически все, вплоть до порядка побудки расчета специалистов разных ведомств, которые должны были в короткий срок прибыть на объект, запустить РЛС и начать поиск целей. Я, как ответственный представитель главного конструктора на объекте на тот момент, был разбужен одним из первых около 2 часов ночи резким трезвоном специального телефона. По цепочке были подняты остальные члены расчета. Помню, как мы быстро собрались, как бежали в темноте на объект. Помню, как рядом со мной топали по степи Золотарев М.М. и Фарбер В.Е. Последний, в соответствии с расчётом, тащил бобину с магнитной лентой, на которой был записан вариант рабочей программы для работы по этой цели. Флэшек и «сидюков» тогда не было, и программы записывались на магнитные ленты на огромных катушках (бобинах) весом не меньше, наверное, 3 – 4 кг. После того, как расчет занял свои места, началась работа. Были проведены необходимые контрольные проверки по сокращенному Х-плану[1], и в заданное время РЛС вышла в режим излучения высокой мощности и начала обзор сектора поиска.

На пульте управления собралось, кажется, все командование объекта. Напряжение собравшихся было очень большим, не было привычных разговоров, все впились глазами в экраны индикаторов пульта. Слышались только отрывистые команды главного оператора станции. Прошло 10 минут, никаких отметок целей не было видно на экранах. Прошло 20 минут в полной тишине. Когда прошло 30 минут, кто-то предложил прекратить поиск и идти по домам досыпать. Я категорически стал возражать, сказав, что стоило ли так долго готовиться и напряженно ждать сигнал из-за каких-то еще, может быть, 20 – 40 минут. В результате короткого обмена мнениями предложение «прекратить обзор» не было принято, и поиск продолжался. И только через 40 минут раздался громкий возглас оператора станции: «Есть обнаружение!» и на экране засветилась яркая отметка цели. Цель автоматически была взята на сопровождение, а вокруг этой движущейся цели РЛС продолжала поиск других целей. Через восемьдесят с лишним секунд была обнаружена вторая цель, которая сопровождалась 13 секунд. Нашей радости – ну просто не было предела! Все-таки наши длительные напряженные ожидания в течение полугода и большая подготовка увенчались успехом. Конечно, это был большой успех в работе всего состава: и разработчиков РЛС, и

Примечание редактора.

[1] Х-план, это порядок проверки при включении средств в работу из выключенного состояния.

смежников, обслуживающих ее аппаратуру, и военных специалистов. Через дежурного по предприятию по спецсвязи «Бахча» информация «эзоповским» языком была передана мной, разбуженному по такому случаю, Главному конструктору.

Вставало солнце, когда мы, закончив работу, шли в городок. А это время, на восходе солнца, там просто великолепно, если кто не видел! Наше состояние тогда, наверное, можно сравнить с состоянием членов сборной России по футболу, которая только что выиграла матч аж у сборной Англии!

Надо отметить еще одно важное качество РЛС «Истра», которое обеспечивалось ее способностью вести прием сигналов на двух ортогональных поляризациях. РЛС «Истра» имела возможность обнаруживать сигналы от целей даже в случае, когда цель была закрыта активной помехой, совмещенной по направлению, т.е. находящейся в пределах главного лепестка, что не могут делать РЛС с одной поляризацией. Экспериментально, с использованием разработанного по нашему заданию имитационного комплекса, размещенного на измерительной вышке, было показано, что при уровне мощности помехи, превышающем уровень сигнала в 100 раз, РЛС «Истра» специальными поляризационными компенсаторами автоматически подавляла шумовые сигналы помех и обнаруживала сигнал цели.

По результатам этих исследований, в составе программно-алгоритмического обеспечения РЛС «Истра», был разработан пакет программ работы при наличии в ее составе помехоносителя. Пакет был отработан в режиме имитации. К сожалению, в реальных работах этот пакет не успели использовать, так как началась перестройка. Работа по созданию этого пакета была выполнена комплексной бригадой, в которую входили разработчики алгоритмов Золотарев М.М., Кобельков Г.П., Гришечкина Н.П., Генералов А.М., Касаткин В.В. и программисты КБСП: Афанасьев А.П., Эйсымонт М.В., Кукевич А.В., Пытлев О.И., Незамутдинова Т.Н.



Гришечкина Н.П.

Уникальные свойства РЛС «Истра» произвели большое впечатление на комиссию во главе с тогдашним директором НИИРП Бурлаковым Ю.Г., которая прибыла однажды на наш объект, по дошедшим до нас слухам, с целью закрытия работ на «Истре». Но после всего увиденного, к нашему огромному удивлению, Бурлаков спросил Алексея Алексеевича, чем необходимо нам помочь. Мы все просто онемели от неожиданности. Ничем не выдав своего крайнего изумления, Алексей Алексеевич деловым тоном начал перечислять наши нужды. Свита Бурлакова быстро всё записывала. Я потом долго думал о причинах такого неожиданного поворота событий и, в конце концов, решил, что в данном эпизоде истинный инженер Бурлаков победил администратора Бурлакова.

Не могу не вспомнить приятный финал этой истории. После отъезда комиссии Алексей Алексеевич съездил на нашем «Газике» в Приозерск и привез ящик отличного местного вина «Семиозерское». А поскольку на полигоне в это время действовал строгий сухой закон, то Алексей Алексеевич объяснил нам, что это ни для каких-то там несовместимых с упомянутым законом мероприятий, а исключительно в целях «борьбы с холерой», о которой к нам дошли слухи. Холера, сами понимаете, это холера! Какие тут шутки!

Скажу еще о тех людях, самоотверженным трудом которых в течение многих лет выполнялась эта гигантская работа по переработке больших массивов информации, зафиксированных в работах по реальным многоэлементным целям. Были разработаны алгоритмы обработки сигнальной информации и проверены на модельной информации. Затем разработаны соответствующие программы обработки, отлаженные и проверенные по контрольным данным и затем длительное время эксплуатировавшиеся при обработке информации, зафиксированной в процессе наблюдения. Параллельно шла их постоянная доработка.

Вся подготовительная работа по разработке алгоритмов делалась в Москве, и только

отлаженные по имитированной информации алгоритмы внедрялись на объекте.

В разработке алгоритмов обработки информации, отладке, модернизации и эксплуатации программ обработки в разное время принимали участие сотрудники нашей лаборатории Дмитрий Чучин, Энесса Ибрагимова, Надежда Морозова, Сергей Лобанов, Вера Ремизова, Александр Генералов, Виктор Касаткин и другие. Сменяя друг друга, мы непрерывно обеспечивали работу в течение года. Помогали нам в этом наши техники Галина Канищева, Галина Маслова, которые в силу обстоятельств, находились там почти постоянно. Разработку программ обработки на разных этапах и их дальнейшую эксплуатацию выполняли в разное время профессионалы высокого класса из КБСП. Особо хотелось бы отметить замечательного труженика Ивана Андреевича Антонова, который вел комплекс программ обработки зафиксированной информации. Работалось с ним легко благодаря его огромному опыту, нацеленности на результат и, безусловно, большому личному обаянию. Вспоминаются, также, более молодые, но не менее талантливые программисты Олег Быковский, Олег Пытлев, внесшие также существенный вклад в разработку комплексов программ распознавания.



Мусланов В.Г.



Лобанов С.С.



Морозова Н.А.



Ремизова В.Н.



Канищева Г.

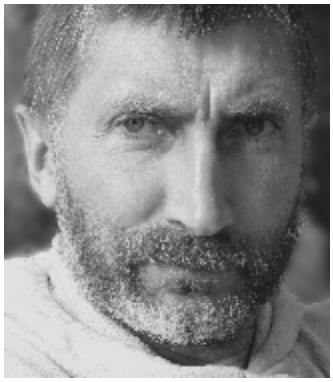


Маслова Г.

Алгоритмы обработки ПМР в целях достижения большей точности определения интегральных параметров распознавания постоянно нами совершенствовались. Например, нами была поставлена и выполнена большая теоретическая работа по методам компенсации ошибок определения элементов ПМР, возникающих за счет неидеальности параметров поляризационного базиса приемо-передающей системы, таких, как эллиптичность ортов кругового базиса, не равная единице, неортогональность осей эллипсов ортов базиса. Основные расчеты были выполнены нашими сотрудниками Валерием Муслановым и Сергеем Лобановым. Надо отметить, что за участие в этой работе Сергей Лобанов стал лауреатом премии Ленинского комсомола. Мог бы стать им и Мусланов В.Г., равноправный участник этой работы, если бы его возраст на тот момент не превысил бы порог для получения этой премии – 35 лет. Внедрить результаты этой интереснейшей работы в комплексы обработки, к сожалению, не удалось, так как началась перестройка.

Хочется остановиться еще на одном направлении нашей работы, которая была связана с обработкой информации, зафиксированной на киноленту с экрана многоканального осциллографа, куда выводились отраженные сигналы от всех наблюдаемых на атмосферном участке целей. Сигналы выводились с выходов двух суммарных поляризационных каналов. Обработка кинолент, содержащих по 20000 кадров, представляла собой каторжный труд для двух десятков сотрудниц, которые вручную «склевывали» по точкам на специальных аппаратах значения напряжения сигналов с каждого кадра. Труд их был очень тяжел, т.к. требовал большой сосредоточенности в течение рабочей смены, и столь же неэффективен. В течение месяца удавалось снять информацию со значительными ошибками с нескольких небольших участков киноленты. Перед нами встала задача автоматизировать эту работу с тем, чтобы обеспечить обработку всей зафиксированной информации, ускорить ее и ликвидировать ошибки, неизбежные при ручном труде.

За разработку такой аппаратуры, по нашему заданию, взялся небольшой коллектив специалистов из Кольского филиала Академии наук СССР. Был построен макет установки, который неплохо расшифровывал имитированную информацию. Когда же вставляли киноленту с реальными данными, аппарат упорно с расшифровкой не справлялся. Разработчики разводили руками. Похоже, что они зашли в тупик, опустили руки и покорно ожидали, что после некоторых неизбежных разборок неработающую аппаратуру заберут, подписав акт приемки, либо оставят у них, не заплатив остаток денег. Нас не устраивал ни тот, ни другой вариант. Благополучный исход дела был обеспечен после того, как в «бой» был брошен наш ведущий программист высокого класса Андрей Власов. Он довольно быстро разобрался, в чем дело и радикально изменив программу, написав фактически другую с учетом характеристик реальной информации, заставил таки работать капризный аппаратно-программный комплекс.



Власов А.



Левятов И.



Ермаков В.

С помощью этого комплекса, названного нами «Система «Кадр», работавшего под управлением малой ЭВМ СМ-4, тяжелейшая задача – обработка кинолент, стала решаться легко и просто. Кроме автоматического съема информации со всей длины лент, «Кадр» приводил замеры к стандартным условиям измерений, производил калибровку, вычислял элементы ПМР, рассчитывал интегральные поляризационные параметры и вычерчивал двумерные картины разлета элементов сложной цели. Вся картина поведения элементов сложной цели при входе в плотные слои атмосферы и при движении в этих слоях могла быть воспроизведена в целом. Это, можно сказать, было кардинальное решение проблемы, превзошедшее по возможностям наши ожидания. Сравните, ручной съем информации не более чем с 10% объема лент за месяц работы, да еще с ошибками и 100% объема (40000 кадров) с полной последующей обработкой, без ошибок, за 8 часов! Наш труд был щедро вознагражден полученными новыми интересными результатами. Мы увидели, где сгорают надувные отражатели, другие элементы СБЦ, как ведут себя облака диполей при входе в атмосферу, до какой высоты сопровождались тяжелые элементы и многое другое. Кроме Андрея Власова, который в значительной степени усовершенствовал программу обработки, много времени и сил вложили в исследование вопросов прохождения элементами БР атмосферы и другие сотрудники нашей лаборатории, среди которых хотел бы отметить Илью Левятова и Валерия Ермакова.

Много времени и сил вложили в упомянутые выше (экспериментальные) исследования поляризационной компенсации активных помех наши сотрудники – талантливый инженер Валерий Мусланов и инженер-программист Ирина Емельянова. Были получены очень полные результаты по количественным характеристикам компенсации при воздействии непрерывных помех с самыми различными мощностью, параметрами эллипса поляризации помех и его (эллипса) ориентацией в пространстве, которые полностью подтвердили результаты предварительно проведённых нами теоретических расчётов.

Большой вес в работе коллектива нашей лаборатории занимала тематика электромагнитной совместимости (ЭМС), то есть защита от несанкционированных помех. Было выполнено не меньше десятка экспериментальных научно-исследовательских работ, которые были использованы при разработке норм и стандартов по характеристикам ЭМС РЭС. Большой вклад в выполнение этих работ внёс старейший сотрудник нашей лаборатории Арсений Клечковский. Отмечу, что эти нормы и стандарты действуют в России до сего времени. По этой тематике в разные годы на «отлично» защитили дипломные работы и опубликовали статьи мои студентки-практикантки из МАИ, ставшие после защиты дипломов нашими сотрудницами: Вера Ремизова, Татьяна Родионова и Анна Ластовецкая.

Были выполнены работы по развязке РЛС «Неман» и РЛС «Истра», так, чтобы они могли работать одновременно, не создавая помех друг другу. РЛС «Неман» была защищена от излучения РЛС «Истра» с помощью специального фильтра, сконструированного по нашему заданию и изготовленного на нашем производстве. А для защиты РЛС «Истра» от излучения РЛС «Неман» отделом Золотарева М.М. был разработан специальный алгоритм временной развязки, который был внедрен в программу, управляющую работой РЛС «Истра».

Безусловно, я упомянул далеко не всех, с кем пришлось сотрудничать на полигоне Сары-Шаган в течение около сорока лет даже из коллектива своей лаборатории, которая, кроме других проблем, традиционно была ориентирована на исследование вопросов защиты от помех – активных, пассивных и взаимных. Событий за эти годы произошло так много, что все их описать и даже вспомнить не получается в рамках небольшого рассказа.

11. ОБЗОРНЫЕ РЛС МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Использование современной твердотельной элементной базы и эффективных цифровых методов накопления сигналов позволило создать небольшие обзорные станции с высокими эксплуатационными и радиотехническими характеристиками.

Пяткин А.К.



Топчиев С.А.

С конца 90-х под руководством неутомимого и неисправимого оптимиста Топчиева С.А., в то время начальника сектора, в НИО-1 стал складываться наш коллектив, ядро которого, состояло из молодых выпускников и студентов МФТИ. Нас привлекали интересные возможности практического приложения цифровой техники и программирования в радиолокационной области. Но главным было то, что коллектив строился на принципах создания теплых и даже дружеских отношений, в атмосфере доверия и взаимопомощи, а роль руководителя понималась как служение своим подчиненным путем создания наиболее благоприятных условий для их плодотворного творческого труда на общее благо. К рубежу 2003 – 2005 гг. наш коллектив стал способен на постановку и решение достаточно сложных и интересных задач в области, как системного синтеза РЛС вообще, так и цифровых первичной и вторичной обработки радиолокационных сигналов в частности.

Результаты бурного прогресса цифровой и вычислительной техники стали одним из главных ресурсов, на основе которых в настоящее время развиваются радиолокационные технологии и на которые опираются разработчики новейших РЛС. Пожалуй, наиболее интересной особенностью применения цифровой техники обработки радиолокационных сигналов является возможность использования квазинепрывных зондирующих сигналов – сигналов с низкой скважностью, когда длительности интервалов излучения и приема соразмерны. В ряде случаев, это позволяет иметь значительную длительность сигнала, а значит – невысокую импульсную мощность передатчика при сохранении необходимого энергетического потенциала РЛС. Может оказаться достаточным использование маломощного твердотельного передатчика с низковольтным источником питания, взамен лампового, например, на основе магнетрона, со всеми вытекающими отсюда преимуществами, выраженными в массогабаритных характеристиках, себестоимости в серийном изготовлении, надежности и простоте эксплуатации РЛС. В дополнение к этому – длинные квазинепрерывные когерентные сигналы имеют большую информативность и помехозащищенность, благодаря возможности разрешения объектов по доплеровской скорости, фильтрации объектов на фоне отражений от местных предметов, земли или водной поверхности.

Реализация идеи создания импульсной цифровой когерентной обзорной РЛС «Арго» с маломощным, в несколько ватт, твердотельным передатчиком, как качественно новый этап развития традиционных навигационных некогерентных ламповых обзорных РЛС была выполнена нашим коллективом – молодежной бригадой дочернего предприятия ОАО «Радиофизика» – НТЦ «Конус-Р» в течение двух лет, в период с 2005 по 2007 годы. Для РЛС

«Арго» был выбран 8-ми миллиметровый диапазон волн, как наиболее перспективный, с точки зрения обеспечения высокого азимутального разрешения при ограниченном на уровне 1,8 м длине апертуры приемопередающей антенны РЛС. При выборе диапазона в первую очередь учитывался опыт, накопленный в ОАО «Радиофизика» в области создания радиолокационных систем миллиметрового диапазона. Узконаправленное излучение миллиметрового диапазона также помогало реализовать необходимый энергетический потенциал и высокое разрешение по доплеровской скорости. Эхо-сигнал, полученный с помощью нескольких ватт импульсной мощности твердотельного передатчика предстояло накапливать на длинном временном интервале в несколько миллисекунд с помощью цифровой аппаратуры. Это позволяло достичь эквивалентной импульсной мощности в несколько киловатт характерной для короткого импульса магнетрона длительностью в доли микросекунды.

Технологический задел для разработки РЛС «Арго» создавался в предшествующие годы. Это, в первую очередь, сердце системы, модуль цифрового формирования и обработки сигналов – программируемый специализированный вычислитель с возможностью синтеза, дискретизации и первичной обработки сигналов большой длительности с шириной частотной полосой до 20 МГц в режиме реального времени. Основа построения цифрового модуля, а также миллиметрового приемопередающего конвертера с твердотельным усилителем мощности в передающем канале и малошумящим усилителем в приемном канале была заложена и апробирована в ходе совместного выполнения ОАО «Радиофизика» и ее малых дочерних предприятий НИР «Радиомодуль». Сложность цифровой обработки была связана с параметрами зондирующего сигнала. Была выбрана композитная когерентная пачка немодулированных и нелинейно – частотно модулированных импульсов с полосой 20 МГц, полной длительностью 2 мс и скважностью 12. Голова системы – модернизированный универсальный компьютер со встроенными устройствами автоматики и управления модулями РЛС использовался для вторичной обработки сигналов, отображения выходной информации на мониторе и приеме команд от оператора РЛС. Была использована недорогая серийная зеркальная антенна с шириной диаграммой направленности 0,33 на 10 градусов, соответственно в азимутальной и угломестной плоскостях, установленная на опорно-поворотном устройстве, вращающимся с периодом в 4 секунды.



Разработчики цифровых РЛС
В первом ряду: Топчиев С.А., Кучков Г.П.,
Во втором ряду: Липатьев Р.С., Никитин К.В., Никитин М.В., Пяткин А.К.



Шаров А.И.

Деловая, но при этом доброжелательная и дружественная атмосфера царили в ходе разработки РЛС «Арго». В системном проектировании ведущую роль играли Топчиев С.А., Ампилов О.В, Пяткин А.К. В организации всего процесса разработки и испытаний наиболее заметны были Топчиев С.А. и Никитин М.В. Разработку аппаратуры производила группа под руководством энергичного Шарова А.И. Конструкция и дизайн РЛС определялись усилиями Радченко В.П. и Гращенкова В.И. из НИО-2. Алгоритмами и программами первичной обработки занимались Пяткин А.К., Никитин М.В., Липатьев Р.С., вторичную обработку (траекторное автосопровождение) и отображение разрабатывали Никитин К.В., Кучков Г.П.

Проектирование, производство и настройка приемопередающего конвертера производилась в отделении, руководимом Очковым Д.С. Однако, в ходе работ, трудно было выделить «руководителей» и «подчиненных» в общепринятом смысле – это была одна команда, подчиненная общему делу, объединенная стремлением к достижению конечного результата. Основные системные и наиболее сложные частные вопросы подвергались общему обсуждению с выработкой оптимального решения. Благодаря самоконтролю и самоорганизации каждого члена коллектива все работы слились в едином творческом процессе. В дополнение к этому, простота конструкции и проверенные ранее основные технические решения позволили изготовить функциональные узлы, программное обеспечение и произвести полную сборку двух опытных образцов РЛС за полтора года. В ходе работ, конечно, случались и локальные неудачи, получались курьезные результаты, например первое тестирование приемного конвертера, показало шумовую температуру в десятки раз (!) большую требуемой. Однако малошумящий миллиметровый усилитель, прозванный за это малошумящим аттенюатором, был быстро исправлен.

Испытания и окончательную отладку программного обеспечения РЛС «Арго» решено было провести на полигоне НИИР Альтаир «Большая Волга». Размещение полигона на берегу Иваньковского водохранилища (Московского моря) недалеко от города Дубна, всего в двух часах езды от Москвы, замечательно подходит для испытаний навигационных РЛС.

Было принято решение не выезжать на полигон до тех пор, пока в лабораториях ОАО «Радиофизика» не будет достигнуто исчерпывающего уровня готовности аппаратуры и программного обеспечения, которое только можно достичь путем проведения тестов и измерений в лабораторных условиях. Это, кстати, резко контрастирует с традиционным подходом, часто применяющимся, к сожалению, и в ОАО «Радиофизика», когда на полигоны вывозится мягко говоря «сырая» аппаратура и программное обеспечение, а потом путем огромных моральных, физических и материальных затрат в полевых условиях, испытывая лишения и проявляя массовый героизм, добиваются каких-то положительных результатов.[1]

Впрочем, инфраструктура полигона оказалась в превосходном состоянии. Свежий евроремонт и просторные номера в гостинице. Ландшафтный дизайн и пруды безупречных геометрических форм на территории. Практически бесплатная «домашняя кухня» в столовой. Доброжелательный персонал. По вечерам, почти олимпийский бассейн и горячая сауна были к услугам утомленных испытателей РЛС. Дополняли это великолепие свежий воздух кристальной чистоты и звенящая тишина. Впору было говорить не о полевых, а о санаторно-курортных условиях проживания специалистов, работающих на полигоне.

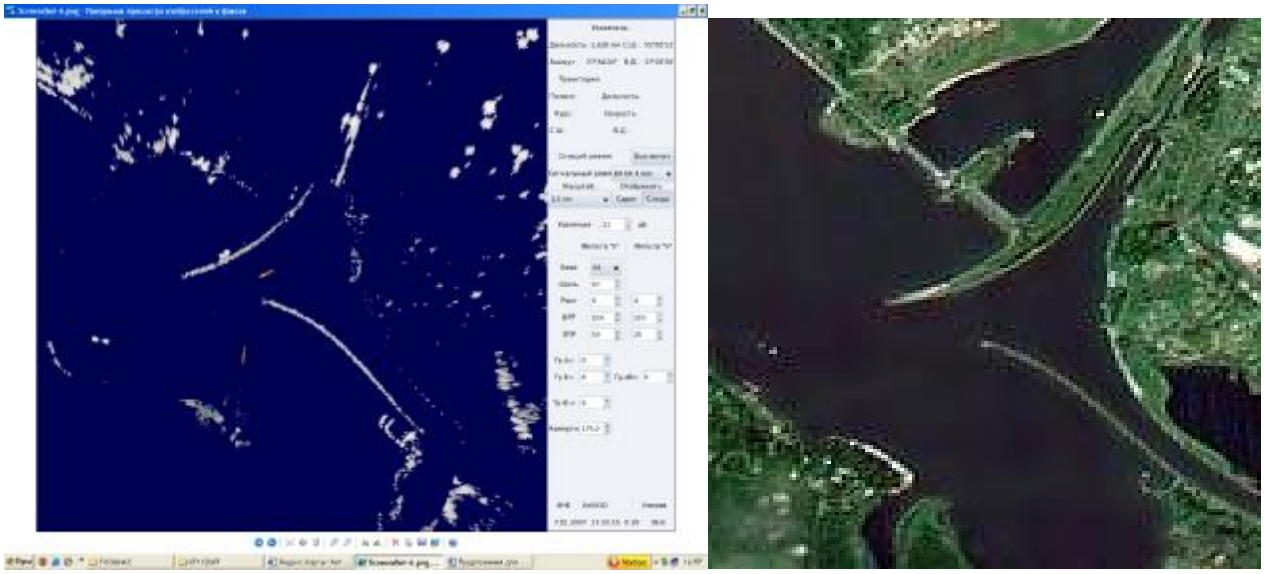
Всего три дня испытаний и доводки РЛС в натурных условиях поздней осенью 2007 года потребовалось на полигоне «Большая Волга» для получения 99% результата! Радиолокационная карта местности была удивительно похожа на соответствующие спутниковые и топографические карты. Во всей красе были видны характерные элементы местности: акватория водохранилища, линия плотины, канал им. Москвы, пристань

[1] *Примечание редактора*. Это замечание не вполне правомерно, поскольку аппаратура больших РЛС разрабатывается и изготавливается на десятках различных КБ и заводов. Поэтому при выезде на полигон проведение стыковочных работ является необходимым.

полигона, бакены, памятник Ленину, ветряки, линии электропередач, шлюзы, высотные здания в Дубне.



РЛС «Арго» на полигоне «Большая Волга»

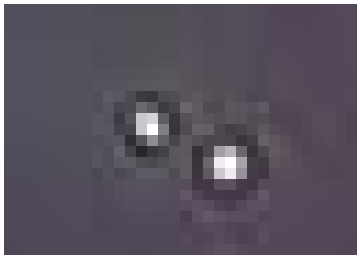


Радиоизображение окрестностей полигона «Большая Волга» на мониторе места оператора РЛС «Арго» и соответствующая космическая съемка

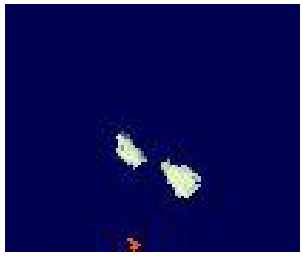
Укрепил веру в наши силы старый капитан, работающий на пристани полигона «Большая волга» и заходивший посмотреть на результаты нашей работы. По его словам, за свою долгую жизнь и службу на Северном флоте, он повидал множество обзорных некогерентных РЛС. Наша система, обладая очень высокими дальностным и азимутальным разрешениями, высоким темпом обновления радиолокационной информации, не только не уступает известным ему серийным навигационным РЛС, но и превосходит их качеством получаемой «картинки». РЛС «Арго» представляет собой чрезвычайно нужное и полезное средство для навигации судов в сложных погодных условиях. Высокие оценки и рекомендации со стороны «прожженного радиолокационного практика» имели для нас большое значение, как мнение эксперта, который олицетворяет собой тех людей, кто должен будет пользоваться результатами нашей работы в будущем.



а) цифровая фотография



б) космическая съемка



в) радиоизображение РЛС «Арго»

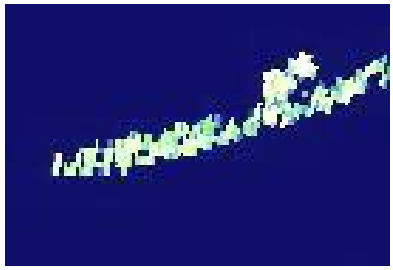
Изображения 2-х понтонов на Иваньковском водохранилище



а) цифровая фотография



б) космическая съемка

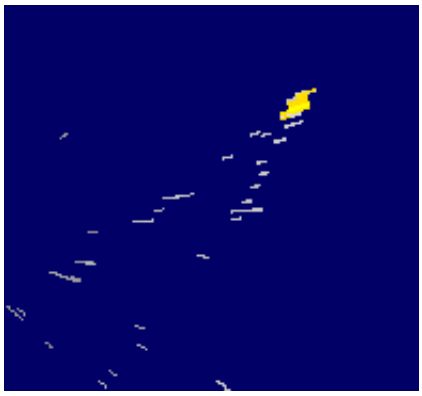


в) радиоизображение РЛС «Арго»

Изображения памятника Ленину на дамбе Иваньковского водохранилища



а) цифровая фотография



в) радиоизображение РЛС «Арго», видны водяные гребни

Изображения катера на Иваньковском водохранилище

Последующая работа на полигоне была направлена на измерение достигнутых тактико-технических характеристик и исследование работы РЛС в разнообразных погодных условиях. Сильное впечатление производили радиолокационные изображения катеров, которые приставали или отправлялись с пристани полигона «Большая Волга», находившейся в непосредственной близости от места установки РЛС. Если оператор устанавливал максимальную чувствительность приемного тракта, то на небольших дальностях были видны не только сам малоразмерный катер и его отдельные элементы, но и расходящиеся водяные гребни от винта! Это достигалось не только благодаря высокому разрешению обеспечивающимся широкой 20-ти мегагерцовой полосой зондирующих импульсов и узким 0,33 градусным миллиметровым лучом, но и широким динамическим диапазоном грамотно рассчитанного приемного аналого-цифрового тракта, позволяющим наблюдать суперпозицию эхо-сигналов, различающихся по ЭПР до 60 дБ.

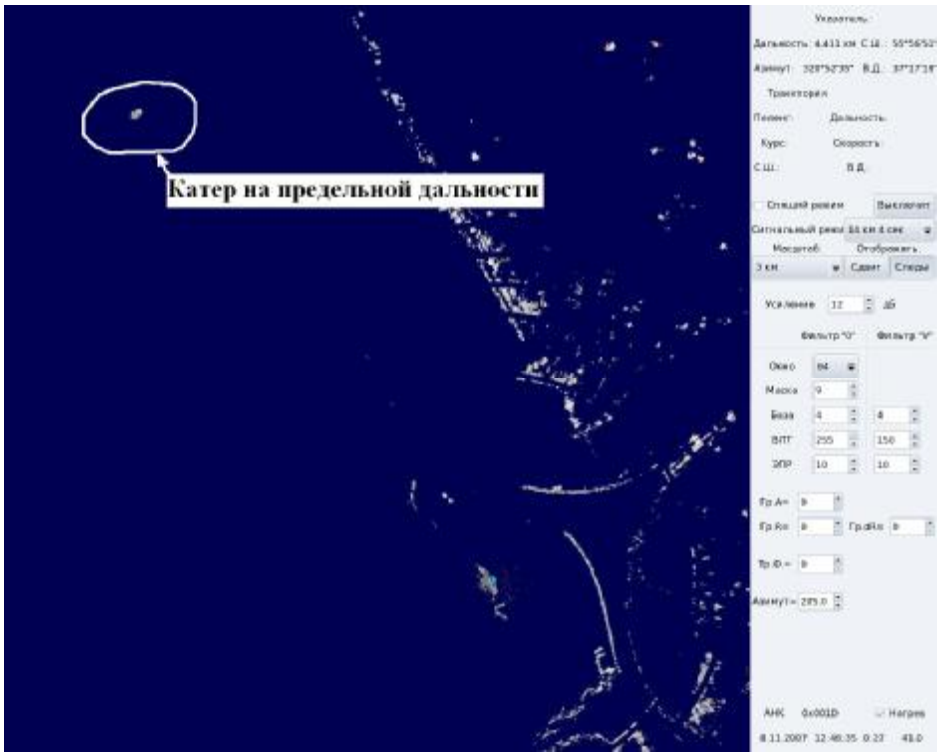
Пожалуй, самый волнительный эксперимент был связан с обнаружением и сопровождением малоразмерного катера на предельной дальности, в этом случае мощность принимаемого эхо-сигнала была в сотни раз меньше мощности шумов малошумящего приемного конвертера РЛС. И здесь в полной мере должны были проявиться возможности цифровой обработки сигнала. Если на выходе АЦП можно наблюдать только шум конвертера, то на выходе цифрового согласованного фильтра, производящего накопление энергии протяженного во времени сигнала, можно увидеть чудесное преображение. Сжатый после обработки импульс, в трехмерном пространстве амплитуда-дальность-доплеровская скорость, на фоне шумов, оставшихся где-то ниже, на фоне помех от местных предметов на земле или волн на водной поверхности находящихся в других элементах разрешения по доплеровской (радиальной) скорости, «отодвинутых» в сторону, готов для обнаружения. Далее, анализируя параметры импульса, производится вычисление координат того маленького и далекого объекта, от которого произошло отражение направленной на него миллиметровой радиоволны. Все это мы неоднократно наблюдали и в процессах математического моделирования, когда сигналы и обработка не покидали пределы компьютера и в лабораторных тестах, в которых использовался имитированный эхо-сигнал, но обрабатываемый на реальных устройствах.



Вид на Иваньковское водохранилище с места установки РЛС «Арго»

Однако, критерий истины – практика. Катер, стартовавший с пристани и пройдя мимо стоящей на горке, около самого берега водохранилища, РЛС «Арго», пустился в плавание ради определения максимальной дальности обнаружения. Четко включилось автоматическое траекторное сопровождение. Еще раз насладившись изображением катера и водных гребней, мы сконцентрировали внимание на экране монитора, на котором с периодом вращения антенны в 4 секунды менялись траекторные данные о дальности катера. Дальность быстро

увеличивалась, наше напряжение возрастало. Первыми исчезли водяные гребни, потом катер, превратившийся на экране монитора в одну точку, начал чуть заметно «гулять» по дальности и азимуту вокруг вычисляемой сглаженной траектории – следствие «подбирающихся снизу» шумов приемного конвертера. Прошли отметку 4 километра, потом 5 километров, постепенно обнаружение становилось все более нерегулярным, но траектория держалась еще весьма уверенно. Отметка в 6 километров показала, что мы вышли на расчетные параметры! На отметке 6 километров 300 метров, звонок по сотовому телефону с борта катера: «Дальше двигаться нельзя – опасность мели». Этот и подобные натурные эксперименты показали, что РЛС «Арго» с твердотельным передатчиком мощностью 5 Вт по дальности обнаружения не уступает заявленным величинам обзорных РЛС миллиметрового диапазона волн «Балтика» и «Атлантика» на основе магнетронных передатчиков с мощностью 10 кВт.



Изображение на мониторе места оператора РЛС «Арго» при измерениях максимальной дальности обнаружения

Вплоть до Нового 2008 года, с перерывами, мы занимались испытаниями и мелкими доводками программного обеспечения РЛС «Арго». Мы стали использовать катер на воздушной подушке, двигающийся по ледяной поверхности скованного льдом водохранилища. Радиолокационное изображение окружающей местности практически не изменилось, однако лед, давая более мощный отраженный сигнал, выглядел на экране монитора заметно светлее, чем вода осенью. Потенциально это дает возможность четко «видеть» кромку льда, что является важнейшим условием для морской навигации. В первые дни, когда установился лед, мы не могли понять, что за серые точки появились на его фоне, которых с каждым днем становилось все больше. Оказалось, что это зимние рыбаки, сидящие на льду и выглядевшие на экране как «неподвижные объекты», причем наиболее близкие из них позволяли определить отдельных людей, дальние же показывали группу сидящих рядом рыбаков. Наряду с этим были продемонстрированы возможности когерентной РЛС «Арго» по обнаружению движущихся объектов на фоне подстилающей поверхности. Были отлично «видны» отдельные автомашины, на участках дорог Дубны, находящихся в условиях прямой видимости РЛС.

На примере разработки обзорной РЛС «Арго» видно, что за прошедшие годы наш коллектив в достаточной степени овладел технологиями создания цифровых устройств и программ обработки радиолокационных сигналов, вокруг которых могут строиться современные большие и малые цифровые радиолокационные системы. Достаточно интересным оказался опыт организации процесса разработки и создания трудовых отношений внутри коллектива.

Новая задача, стоящая перед нашим коллективом – это углубление и расширение достигнутых результатов цифровой обработки радиолокационных сигналов, что должно привести к появлению принципиально новых радиолокационных систем, реализация которых была невозможна на основе аналоговой техники. Это будут полностью цифровые РЛС, не содержащие механических элементов. Функциональность этих систем будет определяться развитым и сложным программным обеспечением, при предельно простой и дешевой аппаратной реализации. При этом себестоимость цифровых РЛС практически полностью будет зависеть только от технологий производства печатных плат и цифровой элементной базы, возможности которой продолжают расти, а стоимость уменьшается с каждым годом, что открывает широкие возможности по внедрению радиолокационной техники в новые области ее применения. Создание принципиально новых систем – это не только удовлетворение инженерного интереса и профессиональных амбиций, но и суровая необходимость, продиктованная ужесточающейся конкуренцией в области разработки и производства пусть и высокотехнологичных, но при этом известных радиолокационных систем. Конкурентоспособные цифровые РЛС, как реальные и недорогие источники информации, которую невозможно получить более дешевыми способами должны занять достойное место в глобальном информационном пространстве.

В настоящее время наш коллектив практически полностью втянулся в широкий фронт работ, развернутый в ОАО «Радиофизика» по созданию больших радиолокационных систем и активных фазированных антенных решеток. Однако опыт, полученный при разработке малых цифровых РЛС внутри нашего творческого коллектива, в рамках малого предприятия, может быть использован и в работах большого предприятия. На наш взгляд, необходимым условием проведения успешных и при этом экономически эффективных инновационных разработок является переход к принципиально новым производственным отношениям. Только работа сравнительно небольших творческих самоорганизующихся квалифицированных групп разработчиков, применяющих самые передовые методы и средства производства, свободных от формального, бюрократического подхода к делу, заинтересованных и четко осознающих свое место в достижении конечного результата, не требующих внешних элементов контроля отдельных их участников может привести к успеху.

Немногим людям в жизни выпадает «счастливый билет» – возможность работы в коллективе единомышленников, объединенных решением нужной и полезной обществу задачи, для решения которой необходима высочайшая квалификация и максимальное напряжение творческих сил. Все стадии этого процесса – от первоначального замысла до получения положительного конечного результата приносят огромное моральное удовлетворение, расцвечивают жизнь новыми красками и придают ей главную составляющую – смысл.

12. ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Летом 1965 года Генеральный конструктор системы противоракетной обороны Кисунько Г.В. поручил молодому коллективу лаборатории Толкачева А.А. тематическое руководство разработкой многоканальной радиолокационной станцией с фазированной антенной решеткой «Истра». Эта станция должна была стать основным информационным средством в многоканальном стрельбовом комплексе (МКСК) перспективной системы противоракетной обороны. Стрельбовый комплекс получил название «Аргунь».

При всей беспрецедентной сложности создания аппаратуры для такого средства, оно все же опиралось в значительной мере на опыт создания аппаратурных комплексов для одно- и двухканальных радиолокаторов с зеркальными антеннами и сложившиеся коллективы разработчиков аппаратуры, в то время как разработка принципиально нового и сложного программно-алгоритмического обеспечения на вычислительных средствах с очень ограниченными вычислительными возможностями не опиралось на такие преимущества. Все надо было создавать заново в условиях известной недооценки сложности этих задач и недопонимания необходимости их постановки и решения руководством головного министерства – Министерства радиопромышленности.

Разработчики программ РЛС комплекса «Аргунь» в процессе ее разработки трижды обновлялись руководством Министерства радиопромышленности, по-видимому, по инициативе заместителя министра Маркова В.И., что, конечно, не способствовало ускорению работ по станции. Достаточно сказать, что если аппаратура станции была проверена на соответствие техническим условиям в 1969–1970 годах, первый удачный выход в эфир по наблюдению искусственного спутника Земли состоялся только в июне 1973 года, а первые успешные работы по баллистическим целям были проведены в 1974 году.

Однако нет худа без добра. Огромная работа, проведенная программистами НИИ радиоприборостроения, КБ системного программирования, Головного производственно-технологического предприятия, Научно-производственного объединения «Каскад», привела к созданию комплекса работоспособных программ многоканальных РЛС, которые легли в основу последующих разработок программного обеспечения РЛС «Руза», «Атолл» и ряда других. Вот, что рассказывают об этом непосредственные участники разработки.

12.1. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЛС С ФАР

Золотарев М.М., Фарбер В.Е.

Перед коллективом молодых сотрудников НИИ радиоприборостроения, выпускников МГУ, МИФИ, МФТИ, МАИ и других столичных вузов была поставлена задача создания мощной многоканальной радиолокационной станции (МРЛС) «Истра» сантиметрового диапазона волн (СМДВ) с ФАР, которая должна была прийти на смену обычным РЛС с зеркальной антенной. Кроме аппаратурных проблем, естественно, возникли вопросы создания принципиально нового программно-алгоритмического обеспечения (ПАО) для такой РЛС.

Существовавшие в то время радиолокационные средства с зеркальными антеннами не позволяли обеспечить одновременное обслуживание многих объектов и имели аналоговые системы управления. Деление ресурсов радиолокатора по обнаружению и сопровождению объектов осуществлялось путем последовательного назначения импульсов передающего устройства и интервалов приема на обнаружение и сопровождение наблюдаемых объектов независимо от их пространственного расположения, обработка информации об объектах осуществлялась без учета особенностей их пространственного расположения и других факторов. При небольшом количестве разрешенных по углам или дальности объектов это слабо влияло на результирующие характеристики радиолокационных средств, но резко упрощало процедуры их управления и обработки информации, что позволяло использовать простые управляющие устройства.

Разработка радиолокаторов с ФАР потребовала иного подхода к задаче. Появилась необходимость рассматривать ресурсы радиолокатора по поиску и сопровождению как общие ресурсы для всех объектов, находящихся в его рабочей зоне, а также ресурсы цифрового вычислительного комплекса как общие ресурсы для обработки информации, получаемой от всех радиолокационных объектов, и управления ресурсами радиолокатора, в том числе введение регулирования интенсивности входного потока информации по величине очереди на ее обработку и времени простоя процессоров. Увеличение количества объектов, появление плохо разрешенных объектов, групповых объектов и пространственно протяженного помехового фона (как активного, так и пассивного) потребовали более гибкого управления ресурсами и обработки радиолокационной информации с учетом изменяющейся радиолокационной обстановки. Все это, а также возможность использования высокопроизводительных цифровых вычислительных средств потребовало нового подхода к разработке программно-алгоритмического обеспечения радиолокационных средств с ФАР.

Стало целесообразным проектировать программно-алгоритмическое обеспечение радиолокационных средств с ФАР как систему массового обслуживания как в части заявок на использование ресурсов РЛС (импульсов передатчика и интервалов приема для реализации обнаружения, сопровождения радиолокационных объектов и помех, служебных операций по оперативному контролю и юстировке аппаратуры), так в части обеспечения выделения времени для реализации заявок на обработку радиолокационной информации, получаемой в процессе реализации заявок на использование ресурсов РЛС.

Учитывая, что вычислительные средства того времени имели небольшие по современным понятиям ресурсы быстродействия и памяти, решение такой задачи требовало огромных усилий, мастерства и упорства от разработчиков алгоритмов и программ. Разработка ПАО МРЛС «Истра» трижды передавалась новым коллективам программистов, что, конечно, не способствовало быстрому решению сложнейшей задачи – созданию эффективного ПАО. В то же время – нет худа без добра – она обеспечила некоторую этапность в этой работе.

Первая программа, получившая название «Общая боевая программа-1» (ОБП-1), была написана в кодах вычислительной машины. Распределение оперативной памяти было строго детерминировано, являлось первым шагом по созданию программы и осуществлялось на основании опыта и интуиции коллектива программистов. ОБП-1 обеспечивала сопровождение парной цели (корпуса ракеты-носителя и головной части). Эта программа не обладала гибкостью, необходимой для работы по множественной цели в слабо детерминированных условиях, в связи с отсутствием механизмов адаптации программного обеспечения к изменению интенсивности входного потока сигналов и ограничением количества одновременно обнаруживаемых и сопровождаемых объектов. Программа ОБП-1 была разработана и отлажена в режиме имитации аппаратуры коллективом программистов НИИ радиоприборостроения в составе Стафеева В.И., Железнова В.В., Вьюнышева В.А., Клещельского Д.И., Вороновой А.В. и др. Затем работа была передана другой группе программистов, основу которой составляли Кучеренко А.И., Буглай В.И., Баталкин С.С. Отработка проводилась в составе станции и по реальным целям в 1973–1974 годах. Первый выход в эфир и сопровождение ИСЗ были обеспечены в середине 1973 года.

Вторая программа, получившая название «Общая боевая программа-2» (ОБП-2), была разработана программистами Конструкторского бюро системного программирования (КБСП) Сибирского отделения Академии наук СССР и предназначена для сопровождения многоэлементной цели в сложных и заранее не определенных условиях. При создании программного обеспечения потребовался переход от программирования в кодах на программирование в автокоде на языке «СИСП». Программа ОБП-2 включала в себя систему массового обслуживания (СМО) как в части обслуживания заявок на использование ресурсов РЛС (импульсов передатчика и интервалов приема эхо-сигналов, служебных операций по оперативному контролю и юстировке аппаратуры РЛС), так и в части обеспечения обслуживания заявок на обработку радиолокационной информации. Построение системы обработки информации и управления в виде СМО позволило легко отлаживать систему и легко ее дорабатывать путем введения новых заявок на использование ресурсов РЛС и новых групп программ обработки информации.

Обе программы были реализованы на вычислительном комплексе 5Э57А, разработанном в ИТМ и ВТ имени академика С.А.Лебедева. В состав комплекса входили две ЭВМ 5Э92б, оборудованные каналами обмена, и комплект внешних устройств (магнитные барабаны, магнитофоны, устройство ввода и вывода с перфокарт, быстрая печать, алфавитно-цифровое печатающее устройство, графопостроитель). Базовая ЭВМ 5Э92Б представляла собой универсальную вычислительную машину с двумя процессорами с общей памятью. Центральный процессор (М-500) обладал быстродействием до 500 тысяч одноадресных операций в секунду. Вспомогательный процессор обеспечения обмена информацией (М-100) – до 100 тысяч. На одной ЭВМ 5Э92Б была реализована первичная обработка радиолокационной информации, включая обнаружение сигналов, обнаружение и отождествление траекторий, и формирование по обнаруженным сигналам единичных замеров координат сопровождаемых объектов. На другой ЭВМ 5Э92б были реализованы траекторная обработка, включая распределение единичных замеров координат по сопровождаемым объектам, текущую оценку параметров траекторий их движения и планирование работы МРЛС.

В интересах создания ОБП-2 Кисунько содействовал организации в Академгородке г.Новосибирска специализированного предприятия – Конструкторского бюро системного программирования (КБСП). В начале 70-х годов в КБСП сформировался дееспособный коллектив выпускников Новосибирского университета, большинство членов которого прошли офицерскую военную службу после окончания университета. Коллектив этот представляют: Балаш Б.А., Деревянкин С.Б., Минкин Я.С., Григорьев Ю.Н., Эйсымонт М.В., Афанасьев А.П., Гаврилов Ю.А. и др. Возглавлял это КБ Нечипуренко М.И., затем Моисеенко В.Н. Позднее КБСП было переведено в г.Гомель и работает в настоящее время под руководством Гаврилова Ю.А.



Эйсымонт М.В.

При создании ОБП-1 и ОБП-2 коллективы программистов тесно сотрудничали с разработчиками алгоритмов – Толкачевым А.А., Айтхожиным Н.А., Комаровым А.В., Марковым В.А., Золотаревым М.М., Фарбером В.Е., Чебаненко В.В., Говориным В.А., Квашиной Т.И., Белоглазовым В.В. и др.

Позднее, начиная с 1983 г., коллектив разработчиков аппаратуры и алгоритмов МРЛС НИИ радиофизики совместно с коллективом программистов КБСП создавал ПАО двухдиапазонного радиолокационного комплекса (ДРЛК), построенного на базе двух МРЛС различных диапазонов волн: МРЛС СМДВ «Истра» и МРЛС миллиметрового диапазона длин волн (ММДВ) «Руза». Это ПАО реализовалось на новых вычислительных средствах, построенных на базе шести специализированных вычислительных машин Д890 (СЦВМ Д890), разработанных конструкторским бюро НИИ дальней радиосвязи (НИИДАР) и имевших производительность порядка $3 \cdot 10^6$ операций в секунду каждая. Задачи РЛК решались на вычислительных средствах МРЛС и командно-вычислительном пункте (КВП). На каждой МРЛС и КВП располагалось по две ЭВМ. На МРЛС на одной ЭВМ была реализована первичная обработка радиолокационной информации, а на другой ЭВМ – планирование работы МРЛС. На одной ЭВМ КВП были реализованы совместная траекторная обработка радиолокационной информации обеих МРЛС, на другой ЭВМ – алгоритмы формирования данных, необходимых для организации работы этих МРЛС.

ПАО этого радиолокационного комплекса было способно обеспечивать обнаружение и сопровождение до нескольких десятков радиолокационных объектов. При этом были реализованы следующие принципы построения ФПО:

- запаздывание по реакции на изменение радиолокационной обстановки до 2...3 периодов следования зондирующих импульсов;
- радиолокационные наблюдения объектов на любой развертке дальности, определяемой диапазоном ее изменения за счет введения конвейера временных дискретов, в котором размещаются временные связки с длительностями, во много раз превышающими средний период излучения зондирующих сигналов;
- реализация траекторной обработки информации от двух МРЛС на одной ЭВМ в реальном масштабе времени, обеспечившая возможность совместной обработки информации двух МРЛС.



Внешний вид СЦВМ Д890



Пульт управления СЦВМ Д890

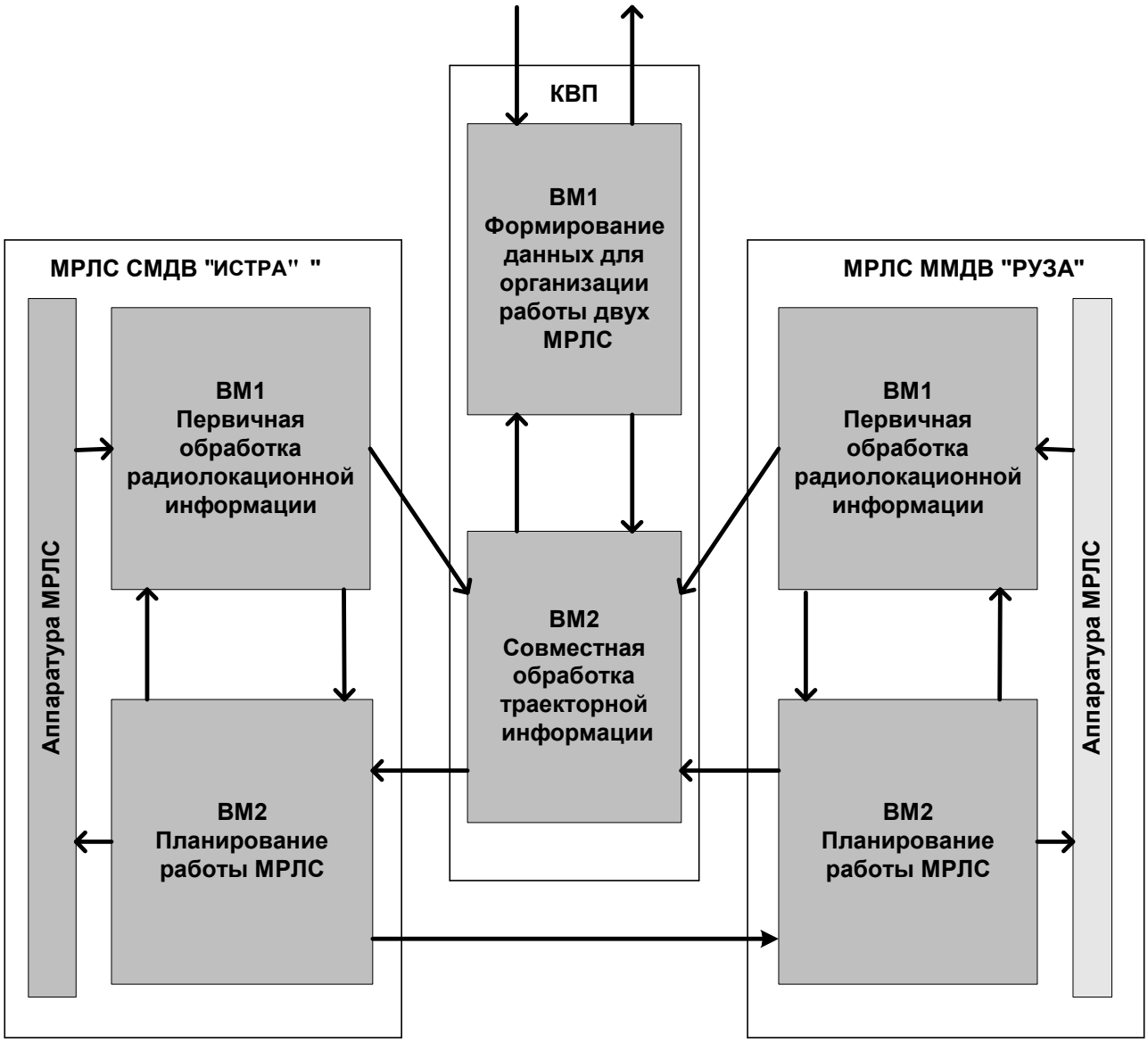


Схема распределения задач на вычислительных средствах МРЛС и КВП

Унификация комплексов первичной обработки информации и реализации заявок на использование ресурсов аппаратуры средств ДРЛК позволили в дальнейшем провести испытания МРЛС «Руза» в кратчайшие сроки, используя МРЛС «Истра» в качестве макета для отработки программ.

При создании ПАО МРЛС и ПАО радиолокационного комплекса были отработаны методы отладки, проверки и испытаний ПАО, в том числе с использованием созданного базового функционального имитатора, позволяющего испытывать все комплексы программ и обеспечивающего отработку их взаимного функционирования в реальном масштабе времени, а также их стыковку с аппаратурой МРЛС. Для отладки и испытаний ПАО были разработаны система кадров фиксации информации в каждом комплексе программ, фиксации хода прерываний (след прерываний) вычислительного процесса, а также программное обеспечение обработки кадров фиксации.

Для расширения возможности обработки кадров, зафиксированной на магнитных дисках СЦВМ Д89О информации, осуществлена ее стыковка с персональной ЭВМ (ПЭВМ) ЕС-1841. Это позволило создать систему обработки зафиксированной информации в

процессе радиолокационных наблюдений и испытаний ПАО на базе существующей библиотеки стандартных программ ПЭВМ.

В создании системы обработки на ПЭВМ ЕС 1841 наибольший вклад внесли Бурьяница В.В., Никаноров Д.М., Топчиев С.А., Ампилов О.В. и др.

Необходимо отметить, что длительное содружество коллективов алгоритмистов и тематиков ОАО «Радиофизика» и программистов КБСП обеспечило эффективную отладку ПАО в режиме имитации и с аппаратурой МРЛС и отработку самой аппаратуры в процессе стыковки с ПАО.

ПАО МРЛС «Истра» состоит из функционального программного обеспечения (ФПО), технологического программного обеспечения (ТПО) и алгоритмов.

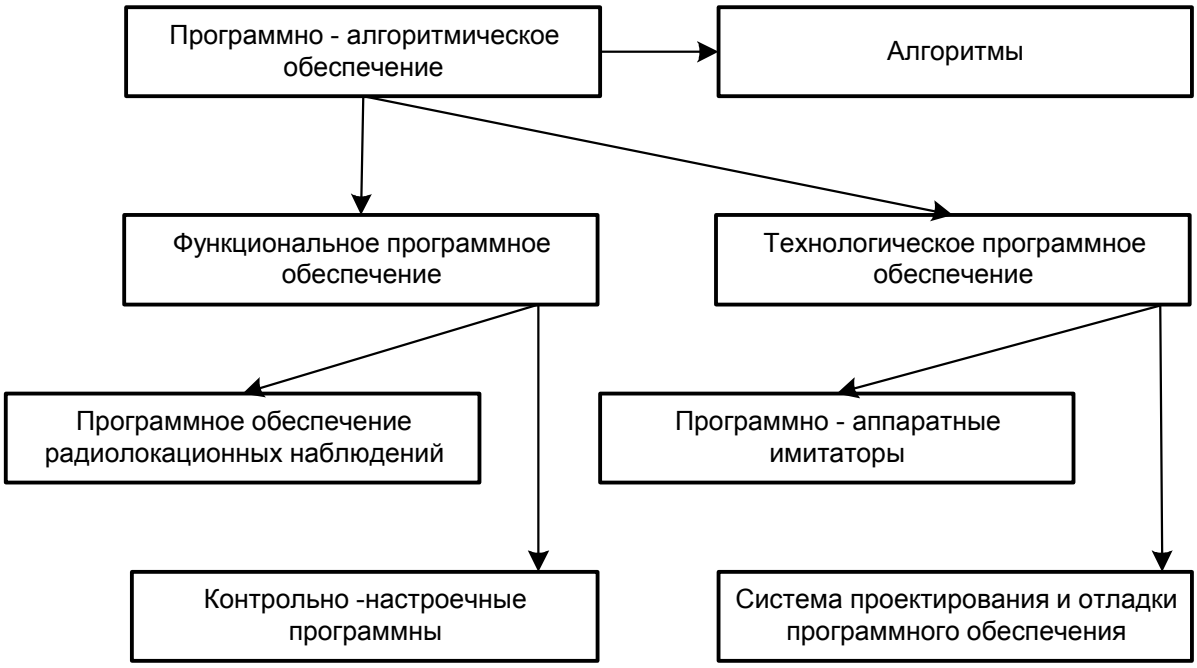
ФПО включает в себя следующие программы:

- программы обеспечения радиолокационных наблюдений;
- контрольно-настроечные программы.

ТПО включает в себя следующие программы:

- программно-аппаратные имитаторы;
- исследовательские программы.

Коллективом разработчиков МРЛС разработана алгоритмическая документация, являющаяся заданием на создание ФПО. Разработано методическое обеспечение испытаний МРЛС и ее составных частей, в том числе ФПО.



Структура программно-алгоритмического обеспечения

Кроме общих боевых программ на станции был разработан комплекс программ контроля, поддерживающих систему автоматического контроля состояния станции, и включавший в себя следующие программы:

– программу автоматического непрерывного контроля состояния аппаратуры (АНК), функционировавшую во всех основных видах работы параллельно с основной программой;

– программу контроля основных характеристик станции (КТХ) – специализированную программу, работающую в промежутках между основными работами, главным образом, при подготовке станции к очередному сеансу работ;

– программу контроля технического состояния устройств станции (КТСУ) – специализированную программу для контроля характеристик основных устройств станции и поиска неисправностей.

Алгоритмы и программы контроля были разработаны коллективами алгоритмистов в составе Маркова В.А., Кобецкого Е.Ю., Фомичева В.А., Газаряна Э.Г., Беспрозванного В.А., Потехина В.Г. и программистов ЦНПО «Каскад», среди которых особо следует отметить Малашкина В.П.

МРЛС «Истра» обеспечивала измерения поляризационной матрицы рассеяния (ПМР) радиолокационных объектов. С учетом этой возможности в программно-алгоритмическом обеспечении МРЛС были реализованы программы распознавания элементов сложной баллистической цели (СБЦ) по их поляризационным признакам. В процессе испытаний СБЦ были получены многочисленные результаты обработки измерений поляризационных матриц рассеяния различных элементов и определены возможности их распознавания в пространстве различных поляризационных параметров. Получены статистические характеристики результатов распознавания элементов СБЦ, подтвердившие эффективность поляризационной селекции.

В программно-алгоритмическом обеспечении ДРЛК в реальном масштабе времени реализована траекторная обработка результатов измерения координат, сопровождаемых сантиметровой и миллиметровой РЛС элементов СБЦ с оценкой их баллистических коэффициентов. Как показали результаты многочисленных работ, оценки баллистического коэффициента позволили эффективно классифицировать входящие в атмосферу элементы СБЦ на основные и элементы помехового фона. Регулирование интенсивности входного потока информации обеспечивало устойчивость сопровождения при перегрузках сигнальной информацией, связанных с фрагментацией элементов и появлением спутного следа.

Построение программно-алгоритмического обеспечения в виде системы массового обслуживания с реализацией заявок на использование ресурсов МРЛС с запаздыванием, равным длительности нескольких тактов излучения зондирующих сигналов, позволило реализовать автономное обнаружение в РЛС «Истра» в областях до сотен квадратных градусов с использованием двухэтапной процедуры обнаружения сигналов, отраженных от объектов наблюдения. Заявки на выполнение второго этапа этой процедуры в каком-либо угловом направлении формировались по результатам первичного обнаружения сигнала в этом угловом направлении, и реализовались как самые приоритетные, через время, за которое объект не успевает выйти из этого углового направления. Указанная процедура позволяла резко снизить вероятность ложного обнаружения объекта за счет незначительной траты зондирующих сигналов на реализацию второго этапа описанной процедуры по обнаружению сигнала.

На фоне размещаемых с заданным периодом на временной оси заявок автономного обнаружения реализовалось размещение заявок сопровождения обнаруженных объектов на различных «развертках» дальностей с учетом спланированного распределения ресурсов зондирующих сигналов. Это обеспечивалось путем размещения интервалов формирования диаграммы направленности ФАР, настройки приемного устройства, излучения зондирующих сигналов и приема отраженных сигналов, обеспечивающих реализацию заявок на сопровождение объектов, на временной оси с использованием непрерывного отображения текущего отрезка времени, разбитого на равные дискреты, на память вычислительных средств в виде конвейера временных дискретов (КВД). Размещение интервалов, реализующих выполнение очередной заявки, осуществлялось из условия их непересечения с уже размещенными на КВД интервалами выполнения других заявок.

Реализация режима автономного обнаружения позволила успешно осуществлять радиолокационные наблюдения потерянных ИСЗ, крылатых ракет, баллистических ракет, запускаемых другими государствами в условиях наличия большой неопределенности в целеуказаниях по времени и в пространстве.

Используя опыт создания ФПО МРЛС «Истра», программисты КБСП с участием разработчиков алгоритмов в интересах унификации разработали отраслевой стандарт «Обеспечение программное функциональное систем военной техники автоматизированных. Правила оформления» ОСТ В107.460088.001-88.

Опыт разработки программного обеспечения на РЛС «Истра» и РЛС «Руза» был широко использован разработчиками программ при разработке программного обеспечения других РЛС («Неман», «Дон», «Атолл» и др.).

12.2. ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ АППАРАТУРЫ РАДИОЛОКАТОРА «ИСТРА»

Марков В.А.

Значительное увеличение объема аппаратуры многоканального радиолокатора с ФАР по сравнению с традиционными одноканальными средствами потребовало обеспечения более глубокого и, главное, автоматизированного контроля радиотехнической аппаратуры. Поскольку основные контрольные режимы реализовывались вне времени работ по радиолокационным наблюдениям целей, это позволило использовать вычислительные ресурсы станции для целей контроля работоспособности средств и локализации неисправностей.

Состав задач, решаемых радиолокатором, требования по обеспечению высоких показателей готовности и безотказной работы в течение боевого цикла привели к увеличению объёма аппаратуры за счёт резервирования частей, наиболее сильно влияющих на указанные показатели. Обеспечение заданных характеристик надёжности требовало:

- объективной оценки работоспособности аппаратуры в течение короткого времени;
- определение отказов аппаратуры во время проведения работы;
- фиксации характеристик контролируемой аппаратуры при выходе на работу по реальной цели и после проведения регламентных работ.

Для выполнения перечисленных требований в аппаратуру был внедрён автоматический непрерывный контроль правильности её функционирования, предусмотрены функциональные связи для контроля составных частей, а также разработаны специальные программы, размещенные вместе с функциональным программным обеспечением на одном и том же вычислительном комплексе. Задачей этих программ было: быстрое и объективное установление факта работоспособности радиолокатора, определение места неисправности и регистрация характеристик радиолокатора и его составных частей при выходе на работу. По контролируемым параметрам формировались признаки «исправно», «предупредительный», «отказ», а также конкретное значение параметра, например, уровень шума и крутизна амплитудной характеристики приёмных каналов, среднеквадратические ошибки преобразователей напряжение–цифра, временное положение сигналов, выдаваемых резервируемыми комплектами аппаратуры и другие. Признаки исправности и характеристики аппаратуры отображались на пульте управления в виде кодов и графиков, фиксировались на магнитных носителях и могли быть зафиксированы на бумажном носителе по команде оператора.

Набор программ контроля включал:

- диспетчер программ контроля работоспособности;
- контроль технических характеристик радиолокатора по вышке;
- контроль радиотехнических характеристик антенного устройства по вышке;
- контроль технического состояния аппаратуры оцифровки;
- контроль технического состояния приёмного устройства;
- контроль технического состояния передающего устройства;
- контроль технического состояния силового следящего привода;
- автоматизированный контроль радиотехнических параметров фазированной антенной решётки.

Алгоритмы и программы контроля были созданы группой энтузиастов из лаборатории, которой руководил автор: Кобецким Е.Ю., Фомичёвым В.А., Газаряном Э.Г., Беспрозванным В.А., Потехиным В.Г., и специалистами ЦНПО «Каскад» – Малашкиным В.П., Воронцовой Н., Холиной Л.

Решение этих задач было обеспечено:

- введением в состав устройств радиолокатора контрольной аппаратуры, формирующей воздействия, правильная отработка которых позволяла делать вывод об исправности аппаратуры, участвующей в отработке воздействий;
- применением вычислительной техники, оснащённой соответствующим программным обеспечением, для управления контрольной аппаратурой, формирующей контрольные воздействия на аппаратуру, решающую задачи по назначению;
- использованием программного обеспечения для контроля отработки заданных воздействий;
- использованием аппаратуры одних составных частей, в том числе контрольной, для контроля других частей радиолокатора;
- созданием имитаторов целевой обстановки;
- непрерывным контролем исправности аппаратуры;
- наглядным отображением результатов контроля и состояния работоспособности аппаратуры.

Работа программ контроля работоспособности происходила следующим образом: с пульта управления любой ЭВМ запускался диспетчер программ контроля работоспособности. На пульте управления радиолокатора высвечивалась надпись «Диспетчер КР», после чего управление последовательностью и объёмом контроля возлагалось на Главного оператора радиолокатора. «Диспетчер КР» обеспечивал вызов программы контроля, заданной оператором, включение аппаратуры, участвующей в работе, двусторонний обмен с аппаратурой радиолокатора, в частности, информацию, запрашиваемую оператором.



Внешний вид вышки

Для контроля приёмного и антенного устройств, устройства оцифровки сигналов, а также функционального программного обеспечения, в качестве имитационного воздействия использовался сигнал генератора, формирующего зондирующий сигнал.

Сигнал подавался на вышку, расположенную в дальней зоне (на удалении 2200 м), откуда он мог излучаться с антенн, расположенных на высотах 75 и 150 метров. Обработка сигналов, излучаемых с вышки, позволяла проверять характеристики диаграмм направленности фазированной антенной решётки и ошибки выставки их в заданные направления, ошибки измерения угловых координат и дальности, разрешающую способность по дальности. Для проверки поляризационных характеристик диаграмм направленности и определения возможности измерения характеристик прецессии осесимметричных целей (боевого блока или корпуса последней ступени) с использованием антенн вышки излучались сигналы линейной поляризации, ориентация которой задавалась отдельно для каждой антенны и могла быть вертикальной, горизонтальной, наклонной под углом ± 45 градусов к горизонту. Также было предусмотрено непрерывное изменение ориентации поляризации со скоростью 2 оборота в минуту. Формирование заданного количества сигналов с определённым расстоянием между ними позволяло имитировать многоэлементную цель, выстроенную в «спицу».

Через прецизионный поляризационный аттенюатор сигнал поступал на вход антенны или непосредственно в тракт приёмника. Изменение амплитуды сигнала позволяло контролировать амплитудные характеристики каналов приёмного устройства совместно с аппаратурой оцифровки. По команде оператора характеристики каналов отображались на индикаторе с длительным послесвечением. Определение временного положения сигнала в каждом приёмном канале позволяло контролировать равнодлинность трактов от антенны до оцифровки. Равнодлинность каналов позволяла производить измерения угловых координат наблюдаемых объектов, зная временное

положение эхо-сигналов только в суммарном канале.

По команде в аппаратуре, предназначенной для оцифровки сигналов отражённых от целей, производилась оцифровка огибающей сформированного сигнала. Контролировались временное положение сигнала, длительность, амплитуда и амплитудные искажения.

Контроль аппаратуры оцифровки сигналов производился с использованием генератора эталонного напряжения, позволяющего формировать сигналы заданной амплитуды, длительности и временного положения. Сигнал заводился на все каналы оцифровки и позволял проверить монотонность и линейность оцифровщиков, правильность срабатывания порогов обнаружения сигналов и помех, правильность измерения временного положения принимаемых сигналов.

Контроль работоспособности передающего устройства производился путём анализа параметров огибающих входного и выходных сигналов, которые были заведены на вход аппаратуры оцифровки сигналов. Контролировались амплитуда, длительность, временное положение, длительность переднего и заднего фронтов, осцилляции огибающей. Если амплитуда огибающей была ниже определённого уровня, считался пропуск формирования зондирующего сигнала.

Характеристики силового следящего привода контролировались путём выдачи данных на перемещение антенны и анализа фактического перемещения антенны. Проверялось качество отработки заданных воздействий: максимальная скорость и ускорение, зона нечувствительности, динамические и статические ошибки. Проверялись также ограничения на зону перемещения антенны.

Для контроля работоспособности аппаратуры широко использовались свёртки по модулю семь и два. Модуль два использовался для контроля правильности хранения и передачи малоразрядных слов, модуль семь – многоразрядных. При обнаружении нескольких несовпадений свёрток в течение определённого промежутка времени формировался признак отказа аппаратуры.

Очень нагляден и интересен способ контроля исправности устройства управления фазовым распределением в раскрыве антенны и самих фазовращателей, предложенный и внедрённый Игониным Г.Ф. и Киреевой К.А.

В раскрыве антенны для изменения наклона фазового фронта было установлено около 10000 pin-диодных волноводных фазовращателей с дискретностью изменения фазы 90 град. Для контроля автоматически задавались коды управления, при которых каждый уровень каждого фазовращателя поочерёдно находился как в рабочем, так и в нерабочем состоянии. Состояние всех фазовращателей при прохождении теста контролировалось и отображалось на экране электронно-лучевой трубки. Изображение фазовращателей на экране трубки соответствовало их положению в раскрыве антенны. Неисправные фазовращатели отображались яркой точкой, исправные – бледной. Координаты неисправных фазовращателей в раскрыве антенны печатались на бумажном носителе. При числе неисправных фазовращателей более 10% формировался сигнал неисправности аппаратуры. Разводка цепей управления, различных номиналов питания по фазовращателям отличались друг от друга, так что по положению отказавших фазовращателей можно было указать причину и место отказа.

Отработка программ контроля далась нелегко. В первую очередь, это было вызвано несовпадением методик проверки соответствия характеристик аппаратуры заданным требованиям на заводах-изготовителях и в составе радиолокатора. Во вторую очередь, это параллельная работа сразу над всеми программами, которая вынуждала использовать непроверенную аппаратуру. И последнее, может быть самое важное, – недооценка необходимости знать фактическое состояние аппаратуры в каждый момент.



Стенд для контроля исправности устройства управления фазовым распределением в раскрыве антенны и фазовращателей

Оглядываясь назад, можно пожалеть, что последовательность отработки программ не предусматривала сначала отработку программ контроля, а потом программ обеспечения боевой работы. Такая последовательность сократила бы общую длительность отработки программного обеспечения и исключила бы трения между разработчиками и эксплуатационниками аппаратуры с одной стороны и разработчиками боевых программ с другой.

Из опыта разработки и эксплуатации контрольно-настроечных программ автор (для себя) сделал следующие выводы:

- в составных частях радиолокатора должны предусматриваться имитаторы воздействий, позволяющих контролировать правильность её функционирования и основные характеристики;
- управление имитаторами и анализ отработки должен производиться по специальным программам;
- проверка аппаратуры на соответствие техническим условиям, (по крайней мере, в составе радиолокатора), должна производиться по этим специальным программам;
- для передачи командной информации и результатов отработки должен использоваться интерфейс, используемый в радиолокаторе для обмена информацией;
- в регламентных работах должны использоваться программы, разработанные для проверки функционирования устройств;
- в радиолокаторе должны быть предусмотрены связи между составными частями, позволяющие наиболее полно контролировать его работоспособность;
- в разработке программ контроля и их отработке с аппаратурой должны участвовать программисты, разрабатывающие функциональное программное обеспечение радиолокатора;
- для отработки функционального программного обеспечения должна предоставляться аппаратура, проверенная в режимах, наиболее полно соответствующих её применению.

Конечно, выполнение этих рекомендаций требует финансовых и временных затрат, квалифицированного коллектива разработчиков и, самое главное, желания сделать хороший, работоспособный радиолокатор.

12.3. ПЕРВАЯ ПРОГРАММА ПЕРВОЙ РЛС С ФАР

Стафеев В.И.

С 1969 года по 1972 год коллектив программистов НИИ радиоприборостроения проводил разработку программного обеспечения (ПО) для первой в стране большой радиолокационной станции «Истра» с фазированной антенной решёткой (ФАР). На предприятии была в это время достаточно сложная обстановка (отстранение от дел Генерального конструктора Кисунько Г.В. и формирование структуры ЦНПО «Вымпел»). Возглавляемая автором лаборатория входила в отдел, руководимый сокурсником по мехмату МГУ Лапиным В.В. В отделе осуществлялись две программные разработки, предназначавшиеся для радиолокационных каналов стрельбового комплекса (СК) системы ПРО А-135: радиолокатор канала цели (РКЦ), разработка отдела под руководством Толкачёва А.А. и радиолокатор канала изделия, т.е. противоракета (РКИ), разработка отдела под руководством Ерёмина В.А..

К этому времени на предприятии уже сложился костяк опытных программистов в коллективе, руководимом Н.П.Нестеренко (выпускник мехмата МГУ 1951-го года). Лапин В.В. начинал свою деятельность программиста, возглавив в 1962-м году разработку первой на предприятии программы ПУПР (Программа управления противоракетой) для первой экспериментальной системы ПРО, «Системы А» на вычислительной машине М-40. А после 1964 года участвовал в создании программ стрельбового комплекса систем ПРО «Алдан» на вычислительной машине 5Э92б. Автор в 1960–1962 гг. детально изучал первую программу «Системы А" экспериментальной системы ПРО, созданную сотрудниками Института точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ). С 1962 года также вел программирование спецпрограммы ПУПР, реализовав разработанный им алгоритм определения пространственного положения объекта с помощью системы территориально разнесённых измерителей.

Кадровому укреплению коллектива программистов к 1969-му году способствовал также знаменитый набор Кисунько в 1968 году. Тогда по коридорам предприятия, образно говоря, бродила половина выпускников мехмата МГУ и физмата ГГУ (Горьковского государственного университета).

Всё это определило формирование достаточно сильных подразделений спецпрограмистов. Да и алгоритмисты отдела Толкачёва А.А. являлись опытными и высококвалифицированными специалистами (многие выпускники МГУ, Физтеха и других престижных вузов). Это Комаров А.В., Золотарёв М.М., Говорин В.А., Белоглазов В.В., Чебаненко В.В., Фарбер В.Е., Кузьминская М.И., Газарян Э.Г. А главные зубры радиолокации Толкачёв А.А. и Айтхожин Н.А. – выходцы из родной Alma-Mater. Автор считает, что кадровый состав разработчиков аппаратуры, алгоритмов, программ и определил в первую очередь успех создания первой РЛС с ФАР «Истра».

Наибольшую сложность представляла разрабатываемая нашей лабораторией программа, названная ОБП-1. Работы проводились на предприятии в Москве, а отладка программ – в вычислительном центре г.Химки. Первоначально, когда ВМ-5Э92б в Москве ещё не была смонтирована, мы ездили в 1969–1970-х годах для её освоения на 38-ю площадку полигона Сары-Шаган. Это были последние для автора заезды на озеро Балхаш, знакомство со строящимся там комплексом «Аргунь» и, как оказалось, завершение прекрасного Балхашского периода.

ОБП-1 реализовывалась на базовой ВМ-5Э92б, состоящей из вычислителей М-500 и М-100. Через М-100 эти машины комплексировались в связки. Программа МРЛС разрабатывалась для двухмашинного комплекса ВМ-5Э92б (ВК-5Э57А). Опыт разработки подобных программ совершенно отсутствовал. Это и организация работы в реальном времени как единое целое двух тесно взаимодействующих ВМ, в свою очередь состоящих из

двух самостоятельных вычислителей. Это и взаимодействие со сложным станционным оборудованием, поставляющим огромный поток информации, обрабатываемой по достаточно сложным алгоритмам.

На начальной стадии (1969–1970 гг.) проходило освоение программирования на новой ВМ-5Э92б, проработка заданий на программирование (алгоритмов), разработка идеологических и технологических подходов к программированию многоцелевой РЛС. Продумывалась и обсуждалась общая структура ОБП-1.

Первая управляющая ВМ (УВМ-1) в комплексе осуществляла первичную обработку радиолокационной информации, получаемой с аппаратуры МРЛС. Другая управляющая ВМ (УВМ-2) проводила вторичную (траекторную) обработку информации и управляла лучом и энергетикой ФАР, взаимодействуя с устройством управления станции.

Чудом уцелела рабочая структурная схема, разработанная автором для УВМ-1. Заштрихованные элементы схемы – программные модели имитационной среды отладки и стыковки с аппаратурой станции и смежной УВМ-2.

Идея создания системы первичной обработки информации (СПОИ) для многоканальной РЛС была разработана в 1970 году. Существенная зависимость загрузки ВМ в СПОИ от случайных параметров входных данных делала целесообразным постановку задачи общего синтеза программного обеспечения с позиций теории стохастических систем массового обслуживания (СМО).

Было предложено разбиение программной системы на операционную (ОСПОИ) и функциональную (ФСПОИ) части. Проведен анализ фаз обслуживания в СМО. Высказаны идеи адаптивного алгоритма принятия решений при считывании с БЗУ. Подобный алгоритм мог бы использовать, например, статистическую модель поведения (и прогнозирования) числа заявок в очереди, а также суммарной загрузки машинного буфера в условиях сохранения принятого регламента.

Технологическим новшеством явился параметрический подход к представлению показателей эффективности программных структур (времени реализации), их оценки при анализе и выборе различных вариантов без программирования (по подробным блок-схемам).

Самой сложной и трудоёмкой была программа выделения полезных сигналов на фоне шумов. Разброс времени реализации для различных структурных вариантов решения задачи оценивался в десятки раз. При ограниченности вычислительных ресурсов ВМ-5Э92б очень важно было найти наиболее эффективный («скоростной») способ обработки входных сообщений. Выбранный и реализованный вариант алгоритма и программы по указанной технологии уменьшил первоначальное время обработки в 12 с лишним раз. Погрешность оценки по блок-схеме даже для сложных структур не превышала 30%.Так, для некоторых конкретных значений параметров входного сообщения оценки времени работы программы имели следующие значения:

T_1=28,6 мсек – оценка по блок-схеме;

T_2=26,0 мсек – оценка по программному тексту;

T_3=22,0 мсек – реальное измерение работы программы на ВМ-5Э92б.

Для задач с большим разбросом показателей эффективности вариантов реализации проводилась интересная идея вложения критериев принятия решения. Поэтому в программе выделения полезных сигналов распаковка сообщений с БЗУ, требующая больших затрат времени, проводилась по хорошо отобранным с использованием особенностей кодирования и многократно сокращённым участкам оцифровки. При этом отборе информация о сигнале не терялась.

При анализе вариантов и экспериментальных оценках большой вклад внесли Железнов В.В. и Клещельский Д.И.. Они реализовали принятый вариант функциональной программы. В программах формирования и идентификации замеров нужно отметить вклад Вьюнышева В.А.

Железнов разрабатывал программы ОС СПОИ, проявив изобретательность и изощрённость в машинном программировании. Автор с удовольствием вспоминает время работы с этими способными ГГУ-шниками, неоднократно «дававшими прикурить» своему начальнику МГУ-шнику. Эта «состязательность» шла на пользу делу. С удовольствием вспоминаются «заседания» нашего квартета в средней точке трассы Сокол–Химки. Это был уютный ресторанчик в здании Северного Речного вокзала.

Работы на УВМ-2 были успешно реализованы благодаря настойчивости, трудолюбию и организационным способностям руководителя группы А.В.Вороновой (выпуск мехмата МГУ 1954 года). В её группе необходимо отметить вклад Емельяновой И.А. и Афониной Т.Р..

В этот период в нашем коллективе были решены следующие задачи:

– комплексирования и информационного взаимодействия ВМ-1 и ВМ-2;

– информационного взаимодействия ВМ-1 и ВМ-2 с аппаратурой РЛС, особенно с буферным запоминающим устройством (БЗУ) Е-42, поставляющим огромный поток радиолокационной информации;

– разработки технологии комплексной отладки в реальном времени программного обеспечения РЛС во внутренней имитационной среде без взаимодействия с реальным оборудованием, что позволяло в дальнейшем быстро состыковать программы с аппаратурой на объекте;

– разработки эффективной процедуры выделения полезных сигналов на фоне помех (одной из самых трудоёмких задач первичной обработки РЛ-информации);

– оценки показателей эффективности программных реализаций на ранних стадиях проектирования (по подробным блок-схемам) до написания и отладки программ.

Некоторые результаты впоследствии были доложены на конференциях по программированию.

К июню 1972 года программа ОБП-1 была отлажена в имитационной среде на двухмашинном комплексе в ВЦ г.Химки. Начавшаяся на предприятии свистопляска в руководстве не позволила нам довести ОБП-1 до полигонных испытаний. Но основной задел был сделан, и переданные другим программистским коллективам программы послужили основой дальнейших разработок и развития ПО многоканальной РЛС с ФАР «Аргунь».



Балхаш перед вскрытием. Стафеев В.И.

Б А Л Х А Ш

Среди казахстанских степей
Под вечно безоблачным небом
Балхаш красотою своей
Искрится сверкающим Фебом.

Лазурь с изумрудом смешав,
Укрывшись седою вуалью,
Бескрайний, как степь – величав:
Он манит к себе своей далью.

Творенье причуды природы
С пустыней поспорить взялось:
Всплеснуло в гранит свои воды
И морем в степи улеглось.

Но всё же в пустыне не сладко,
И пресной, прохладной воде
Пришлось подсолиться порядком
В восточной своей стороне

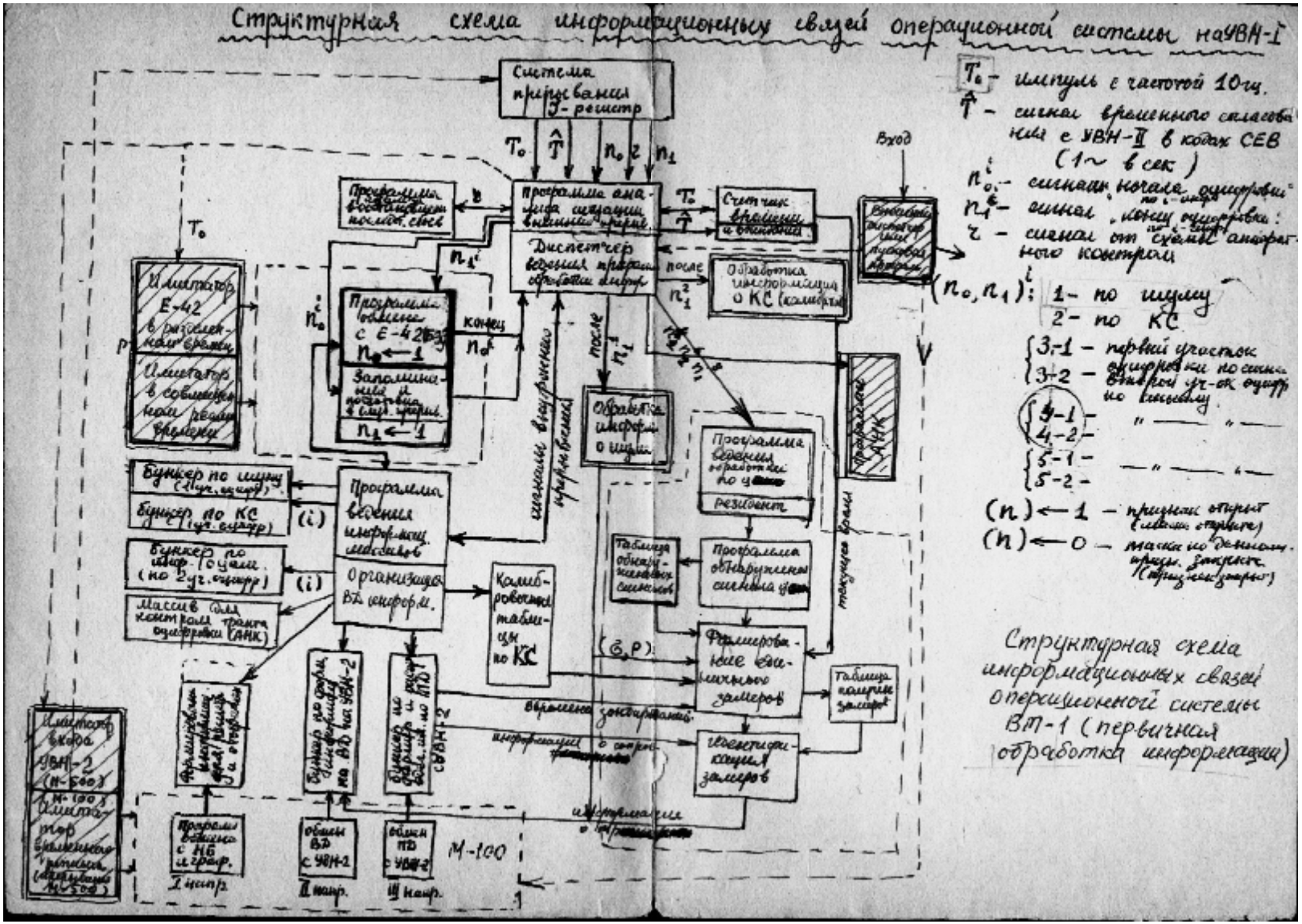
Как нравится мне это диво!
Люблю на крутом берегу
Стоять и глядеть – так красиво –
В стихах описать не могу.

Под жарким палящим ярилом
Прохладный Балхаш холодит.
Он кажется близким и милым,
Волною целуя гранит.

А ночью, под шалью вселенной
Космической вняв красоте
На Млечный глядя упоенно,
Стою на высокой косе.

Природа молчит сокровенно,
Лишь в тёплой ночной тишине
Вздыхает Балхаш откровенно,
Как будто сочувствует мне.

Стафеев В.И.


Структурная схема информационных связей операционной системы на УВН-1
Система прерываний 5-регистр
Программа анализа ситуации внешних прерываний
Диспетчер ведения прерываний обработки инф.
Программа обмена с Е-42
Запоминание и постановка в очер. прерыв.
Обработка информации о цели
Обработка информации о КС (калибрах)
Программа ведения обработки по целям
Программа ведения обработки по КС
Программа обнаружения сигнала цели
Таблица обнаруженных сигналов
Формирование единичного замера
Таблица номеров замеров
Идентификация замеров
Программа ведения информации каналов
Организация ВД информ.
Комбинированная таблица по КС
Бункер по целям (1 гр. сектор)
Бункер по КС (1 гр. сектор)
Бункер по целям (по 2 гр. сектор)
Массив для контроля тракта обработки (АНК)
Имитатор Е-42
Имитатор сигналов внешней среды
Имитатор входа УВН-2 (М-500)
Имитатор внешней среды (аппаратура М-500)
Программа обмена с НБ и граф.
Обмен ВД с УВН-2
Обмен ПД с УВН-2
Вход
Счетчик времени и синхронизации
Выработка сигнала пуска обработки
Программа восстановления после сбоев
Прерывание по концу обработки
Прерывание по приему данных от НБ
Прерывание по приему данных от ВД
Прерывание по приему данных от ПД

12.4. СТАНОВЛЕНИЕ КБ СИСТЕМНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Моисеенко В.Н.

История создания Конструкторского бюро (КБСП) Центрального научно-производственного объединения «Вымпел» (ЦНПО «Вымпел»), его становление и развитие непосредственно связаны с историей создания противоракетной обороны (ПРО) СССР. ЦНПО «Вымпел» являлся головной организацией Министерства радиопромышленности (МРП), ответственной за создание системы ПРО. ЦНПО было создано приказом МРП в январе 1970 г. Первым Генеральным директором и техническим руководителем ЦНПО был назначен по совместительству заместитель министра генерал Марков Владимир Иванович. Заместителем гендиректора по науке был назначен Генеральный конструктор систем ПРО генерал Кисунько Григорий Васильевич. До момента создания ЦНПО «Вымпел» работы в области ПРО (экспериментальная система «А» и «Алдан») велись кооперацией институтов и заводов МРП и других министерств под руководством Генерального конструктора ПРО Кисунько Г.В. По договоренности с председателем Сибирского отделения Академии наук СССР (СОАН) академиком Лаврентьевым Михаилом Алексеевичем для решения проблем создания программного обеспечения для перспективных средств ПРО с привлечением ученых Вычислительного Центра СОАН в 1969 году было создано КБ – 1 ВЦ СОАН в Новосибирском Академгородке, которое впоследствии было преобразовано в КБСП в составе ЦНПО «Вымпел» и переведено в Гомель в 1974 году.

Важнейшие комплексы программного обеспечения (ПО) для основных экспериментальных и боевых радиолокаторов (РЛС) и других средств системы ПРО начиная с 1973 года создавались коллективом сотрудников КБСП в тесном сотрудничестве с разработчиками алгоритмов и технических средств головных институтов ЦНПО – НИИРП, РТИ, КБРП, НИИДАР.

В числе важнейших разработок, выполненных специалистами КБСП в рассматриваемом периоде, были: программные комплексы полигонных РЛС «Истра», «Руза», «Неман», «Дон 2НП», а также боевых РЛС:

- ПО для многофункциональной секторной РЛС «ДОН-2Н» подмосковного стрельбового комплекса ПРО «Амур»;
- функционального ПО корабельной системы морского базирования «Коралл» и РЛС «Атолл»;
- РЛС «Волга» в системе предупреждения о ракетном нападении (СПРН) в Белоруссии (г.Ганцевичи).

Первая разработка из этого перечня для очередной системы ПРО комплекса «Аргунь» началась по существу с апреля 1973 г. группой энтузиастов – молодых специалистов в основном выпускников Новосибирских вузов 1971 – 1972 гг. под непосредственным руководством Балаша Б.А., и, в небывало короткий срок, к марту 1974 года доведена до успешных конструкторских испытаний. Этим этапом работ ПО «Аргуни» и закончился Новосибирский период деятельности предприятия, поскольку было принято решение на перевод КБ в Гомель. На этой работе впервые коллективом программистов получен ценный опыт организации и взаимодействия ПО 2-х вычислительных комплексов на базе ЭВМ 5Э92б в реальном времени в такте работы 2-х радиолокаторов по многоэлементной цели в условиях ограниченных технических ресурсов ЭВМ. На этом опыте сложился и вырос коллектив профессионалов-программистов, составивший будущий тематический костяк предприятия в процессе его дальнейшего развития.

По признанию Генерального директора ЦНПО «Вымпел Маркова В.И.: «На базе этого коллектива, усиленного молодыми специалистами, было создано первое в стране высококвалифицированное Конструкторское бюро системного программирования».

С апреля 1974г. предприятие вступило в сложную полосу своей деятельности, связанной с передислокацией, а сотрудники перешли в режим «чемоданной» жизни по треугольнику: Новосибирск, Гомель, Балхаш. Этот процесс длится практически до осени 1976 г., когда основные специалисты были обеспечены жильем в Гомеле. Дополнительные трудности заключались в увеличении объема задач в необходимости строительства и создания с нуля технической и социально-бытовой базы на новом месте. Все это было пройдено, пережито благодаря самоотверженному труду сотрудников, в основном молодых, фактически бездомных специалистов, их вере и надежде на достойную оценку и востребованность результатов этого труда, на изменение их жизни к лучшему. Я, как директор, который имел честь руководить этим предприятием, остро ощущал свою ответственность за реализацию их веры и надежды. Это чувство ответственности перед коллективом было одним из главных побудительных мотивов в моей работе.

Предлагаемые воспоминания охватывают период с апреля 1970 по 1988 год моей службы в КБСП и рассчитаны на тех, кто получил путевку в жизнь в стенах этого предприятия и интересуются его историей.

О себе

Родился в 1928 г. на Черниговщине в семье лесотехника, занимавшегося посадкой леса в разных лесничествах Черниговского полесья. За ним по местам его работы кочевала семья – жена и трое малолетних детей. Последнее место работы – Крюковский лесхоз. В 1937 г. отец был арестован и решением тройки расстрелян в Черниговском ОГПУ. (Реабилитирован посмертно в 1959 г.). Потеря кормильца загнала семью на родину родителей в колхоз с. Новые Боровичи, где я пережил войну, оккупацию и первые годы послевоенной разрухи.

До войны окончил 6 классов, после освобождения территории от немцев в 1943 году возобновил учебу в школе, затем поступил в Киевскую артиллерийскую спец.школу, которую закончил в 1947 г. С осени 1947 г. по август 1950 г. – курсант Киевского артиллерийского училища на Воздухофлотском шоссе (ныне Национальная Военная академия Украины). С 1950 по июль 1954 гг. – проходил службу командиром взвода в 126 арт.полку 55 гв. СД в г.Гродно. С 1954 по 1959 гг. – слушатель инженерного радиолокационного факультета Военной академии связи в Ленинграде (ВКИАС).

После окончания академии в звании «Капитан» с дипломом «военного инженера по радиолокации» получил назначение на должность старшего инженера-испытателя на противоракетный полигон (ГНИИП-10) в Сары - Шаган, где и прослужил до апреля1970 года. Возникает любопытный вопрос: как мне с отметиной «сын врага народа» удалось в общей сложности почти 10 лет провести в стенах военно-учебных заведений, получить высшее образование и служить на самом секретном объекте Минобороны? Это отдельная история, полная драматизма, упорного труда и счастливых случаев, однако мало касающаяся темы настоящих воспоминаний.

Вообще, подводя итог предшествующей жизни, надо сказать, что она закалила мою волю, и в КБ я пришел достаточно подготовленным и зрелым человеком. Как-то в 1984 г. на праздничном ужине в новом корпусе ВМК КБ в честь 15-летия КБ и 10-летия его переезда в Гомель бывший Генеральный директор ЦНПО «Вымпел» и будущий заместитель Министра обороны России Михайлов Николай Васильевич сказал, что, будучи главным инженером Гомельского радиозавода, во время нашего переезда в Гомель думал: «…этот директор дурак или авантюрист, взявшийся за непосильную задачу перевезти и развернуть работу предприятия, обремененного незавершенными работами, на пустом месте. Однако, глядя на достижения предприятия на сегодняшний день, я понял, что эти категории оценки деятельности руководителя не подходят». Я благодарен Николаю Васильевичу за оценку, за помощь и доброе отношение к предприятию и ко мне лично на протяжении всей нашей совместной работы.

Полигон Сары - Шаган

В КБСП я попал случайно, но как говорят, не с улицы, а после почти 12-летней службы в системе ПРО. В октябре 1959 года в числе 30-ти «самых веселых и находчивых» выпускников 5-го факультета ВКИАС я направился из Ленинграда в неведомую мне в/ч 03080 ТуркВО к новому месту службы. За окном вагона потянулась унылая картина российской осени: Вологда, Урал, Курган, Караганда и, наконец – Сары - Шаган! Бесконечная голая степь, обшарпанные щитовые дома-лачуги, казахи, замызганная детвора, верблюды, водка-арака – тяжелое впечатление после жизни в Ленинграде. Единственное на чем отдыхал взгляд – бирюзовая гладь Балхаша во время штиля. Это было мое первое и последнее путешествие поездом. Все последующие путешествия на протяжении всей службы были на самолетах ТУ-104 или ИЛ-18, чартерными рейсами из Москвы на аэродром 7-я пл., впоследствии, «Камбала». Встречи никакой, на попутке добрался до так называемого полуострова – городка строителей. Штаб в/ч в одном бараке со штабом строителей. Оказалось, что я явился одним из первых из Ленинграда. Нас не то, чтобы не ждали, а физически не в состоянии были принять наплыв офицеров-выпускников вузов (ВКИАС, КВИРТУ, АРТА и др. училищ), пачками отправляемых на Балхаш московскими кадровиками. Первый постоялый двор – клуб-барак строителей, где хватало мест на двухъярусных койках. Народ размещался поперек 2-х коек. Моя первая ночь прошла на рояле с чемоданом под головой, за что утром получил взбучку от начальника клуба за непочтение к предмету искусства. С этого клуба-барака людей распихивали на строящиеся площадки полигона. Все ленинградские выпускники были определены на 4-ю площадку в испытательные управления ПРО, ПВО (будущий ГКВЦ экспериментальной системы «А»).

Города Приозерска еще не было, от первой палатки изыскателей на территории будущего полигона прошло всего три года. Не мог я в ту пору себе представить, что судьба повяжет меня с этим местом на последующие 29 лет жизни, вплоть до ухода на пенсию. Полигон представлял одну большую стройку на громадной территории. Строились общежития, дома, дороги, госпиталь, водозабор и прочие технологические объекты. Моя первая должность – начальник смены на КОД-1 – комплексе обработки внешне-траекторных измерений системы «А» на базе ламповой ЭВМ М-20 (М-205), Главный конструктор – Антонов Вениамин Степанович. Машины еще не было, помещение достраивалось, а сам вычислительный комплекс находился на площадях будущего НИИЦЭВта на улице Правды в Москве, возле Белорусского вокзала. Вот туда и отправили выпускников ВКИАС на освоение аппаратуры и программирования ВК М-205.

Обучение будущих программистов сводилось к изучению численных методов и программированию в кодах ЭВМ. Так что мое пребывание в бараке- распределителе длилось не более 2-х недель. В Москве поселились в гостинице Московского Военного Округа на ул. Песчаной (м. «Сокол»). Освоение и настройка ВК шли круглосуточно, посменно. Свободное от смен время использовалось, как всегда в армейских условиях, для политических занятий в группах при ЦДСА и спорта. Так продолжалось с ноября 1959г. по март 1960г. В марте после плавания в открытом бассейне «Москва» (на месте нынешнего храма Христа Спасителя) меня хватанул менингит (Бог наказал), и я провалялся в госпитале имени Бурденко больше месяца. На Балхаш вернулся в мае в разгар строительно-монтажных работ, перевоза ВК из Москвы на ст. Сары - Шаган, цветения тюльпанов и рыбалки на сазана, маринку и белого балхашского окуня – вот такая была в то время в Балхаше рыба. Незабываемо впечатление от расцвета пустыни желтыми и красными тюльпанами, от рыбалки на сазана.

К этому времени была введена гостиница, и я обрел место в комнате на двоих на 2 последующих года холостой жизни. Жена с детьми оставалась в Минске. Настройка лампового комплекса М-205 шла тягостно из-за жестких требований по климату в условиях казахстанского лета. На персонал военных из штата М-205 легли обязанности наладки

системы охлаждения и кондиционирования, за которые отвечал полигон. Помнится, что одно время я не вылезал из подвала, регулируя распределение воздуха от кондиционеров между стойками аппаратуры ВК, подгоняя их по температуре и потоку под требования ТУ.

4 марта 1961 г. на 10-м ГНИИП средствами экспериментальной ПР системы «А» был произведен перехват головной части баллистической ракеты, подтвердивший реальную возможность создания ПРО с использованием управляемой противоракеты и осколочного заряда. Мне довелось быть свидетелем и участником эйфории по этому событию – это было величайшее достижение советской оборонной науки, промышленности и Министерства обороны. По сведениям Кисунько Г.В., приведенным в его книге "Секретная зона», системой «А» было осуществлено 11 успешных перехватов баллистических ракет с уничтожением противоракетами их боеголовок. Темп испытаний с условными и реальными пусками противоракет определялся временем обработки и анализа результатов предыдущего пуска, что в свою очередь определялось устойчивостью работы средств обработки, в т.ч. и внешне-траекторных измерений на комплексе М-205. Длительность процессов обработки была предметом взыскательного внимания начальства. Помнятся изматывающие смены, работы по поиску причин сбоев и поломок и ремонту ламповой аппаратуры ВК.

Осенью 1961г. на полигоне средствами системы «А» были проведены пуски противоракет, оснащенных атомными боевыми зарядами, с подрывом их на высотах от 100 до 300 км. для проверки устойчивости работы РЛС при ядерных взрывах. Я был свидетелем появления ядовито-салатовых светящихся облаков в ночном небе на западе, вызывавших жуткие неземные ассоциации.

В 1964 г. испытания системы «А» были завершены, однако мне не пришлось работать на КОД-1 до их завершения. В 1962 году я был переведен на КОД-2 комплекс обработки внутристанционных измерений для полигонного образца боевой системы ПРО – «Алдан» (А35).

Основу КОД-2 составляла ламповая ЭВМ М-50 с расширенными внешней памятью на магнитных барабанах и контрольно-регистрирующей аппаратурой. На них записывалась вся информация, циркулирующая в системе передачи данных (СПД) и которая по схеме кольца связывала все элементы «Алдана»: ГКВЦ, РКИ, РКЦ, стартовую, позицию противоракет. На мою долю в качестве начальника КОД-2 выпал период установки, монтажа, настройки и ввод в эксплуатацию этого комплекса. Все эти работы были выполнены в основном коллективом молодых лейтенантов выпускников военных вузов 1962-1963 гг. выпуска, на год раньше, чем была смонтирована вся система полигонного «Алдана». Как выразился директор ИТМ и ВТ Бурцев В.С, проектировавший КОД-2, «мне осталось только получить премию». Программисты отдела обработки во главе с Буряком И.А. получили год времени для отработки программ обработки.

Следует отметить, что в вышедших в последнее время изданиях, посвященных воспоминаниям о разработках и испытаниях средств ПРО, нигде, ни одним словом не упомянуты проблемы создания и обеспечения испытаний средствами обработки внешне-траекторных и внутристанционных измерений при создании систем «А», «Алдан», «Амур». Все эти проблемы были решены усилиями офицеров полигона, ответственных за эту важнейшую часть работы, без которой немыслимы испытания вообще.

Весной 1966г. умер начальник ГНИИП-10 генерал-майор Дорохов Степан Дмитриевич. Полигон возглавил заместитель начальника по науке генерал Трофимчук Михаил Игнатьевич. В результате связанной с этими событиями должностной подвижки меня назначили заместителем начальника 9-го управления (гл. инженер в/ч 06543), занимавшегося организацией, настройкой, испытаниями и эксплуатацией аппаратной части ГКВЦ систем «Алдан» и «А». В состав ГКВЦ входили ВК 5Э92б – 2 комплекта, аппаратура командного пункта, система передачи данных и аппаратура службы единого времени. В этой должности я проработал весь период настройки и испытаний системы «Алдан» с 1966 по 1970 год.

В 1968 г. на полигон прибыла группа выпускников военной кафедры – лейтенантов двухгодичников из Новосибирского университета (НГУ). В числе прибывших был только

один человек, который имел некоторый опыт работы после окончания НГУ в ВЦ СОАН. Этим человеком был Балаш Борис Александрович, единственный, которого я выбрал для работы в нашем управлении. Мог ли я тогда предположить, что с этим человеком мне придется совместно работать два десятилетия! Я его определил в 3-ий отдел, который профессионально занимался испытаниями вычислительной техники системы «Алдан». В числе прибывших также находились Деревянкин С.Б., Минкин Я.С., Григорьев Ю.Н., и др., впоследствии после демобилизации осенью 1970 г., поступившие на работу в КБ-1 ВЦ СОАН.

Еще раньше в бытность моей работы на КОД-1 я имел шапочное знакомство с программистом ИТМ ВТ Нечипуренко М.И., будущим директором КБ-1 ВЦ СОАН. Именно в то время в тяжелых бытовых условиях командировок на Балхаш он получил хорошую антиполигонную прививку, что и определило в бытность его директором КБСП его негативное отношение к работе на полигоне и к тематике ПРО вообще. Вот таков вкратце путь, пройденный на полигоне, без отвлечения на описание сопутствующих служебных, технических и бытовых проблем, с которыми приходилось сталкиваться на протяжении почти 12-летней службы.

Я не касаюсь тех интриг и противостояний МРП и Минобороны в верхах, которые мне были известны и довольно полно и красочно описаны Кисунько Г.В. в книге «Секретная зона» и в других изданиях. Они существенно отражались на взаимоотношениях персонала полигона с представителями промышленности, главными конструкторами и руководителями 4 ГУМО , что, в общем, не способствовало четкой и слаженной работе.

КБ-1 ВЦ СОАН СССР

После испытаний экспериментальной системы ПРО «Алдан» на базе управляющей ЭВМ М-40 и полигонного 2-х канального комплекса ПРО «Алдан» на базе управляющего ВК 5Э92б перед разработчиками со всей очевидностью стала сложная проблема разработки функционального ПО для перспективных более сложных систем ПРО.

Сложность задач многократно усиливалась в связи с необходимостью борьбы с массированным налетом баллистических целей, с преодолением активных и пассивных помех, с организацией ПРО по всем азимутам. К этим сложностям добавлялись отсутствие специальных вычислительно-моделирующих стендов на базе штатных ЭВМ, что не позволяло вести ПО параллельно с разработкой технических средств, вследствие чего существенно затягивался процесс создания систем ПРО. Принимая во внимание все эти проблемы, Генеральный конструктор Кисунько Г.В. и начальник полигона Сары - Шаган Трофимчук М.И. обратились за помощью к руководству СОАН СССР и за год до создания ЦНПО «Вымпел», летом 1969 г. совершили поездку в Новосибирский Академгородок. Единственным документальным свидетельством этого визита и решения обсуждавшихся вопросов взаимодействия является фотография в вышеупомянутой книге Кисунько Г.В., хотя в тексте об этом не сказано ни слова. По опубликованным воспоминаниям я не нашел ни одного свидетельства о документальном подтверждении договоренностей. На фотографии на фоне Обского моря в летнее время четко запечатлены:

- от ОКБ-30 – Кисунько Г.В., Свечкопал Н.К., Закамский В.И.,
- от полигона Трофимчук М.И., Кулаков А.Ф., Голубев Б.И
- от СОАН – Марчук Г.И. и его представители.

По-видимому, в общих чертах договорились, что при ВЦ СОАН СССР создается КБ-1 на средства Минрадиопрома, как филиал ОКБ-30, которое возглавлял Кисунько Г.В. Минрадиопром финансирует строительство технологического корпуса под вычислительно-моделирующий стенд на территории ВЦ СОАН, поставляет комплект ЭВМ 5Э92б (других не было). Руководство филиала назначается из числа военных от полигона, которые будут прикомандированы к МРП. Научное и методическое руководство от СОАН возлагается:

общее – на Марчука Г.И., конкретное – на Ершова А.П. МРП финансирует долевое строительство жилья для сотрудников КБ-1.

Свидетельством таких договоренностей являются такие дальнейшие события. Полигон представил на должность начальника КБ-1 заместителя начальника научно-исследовательского управления, полковника, кандидата технических наук Кулакова Александра Федоровича, на должность главного инженера – подполковника Кочеткова Владимира Ивановича, начальника КОД-1, моего однокашника. Пока шло оформление прикомандирования их к МРП, временно функции директора выполнял от ОКБ –30 Московский. Он оперативно организовал соответствующее постановление ЦК и Совмина, а также соответствующий приказ Минрадиопрома, печать, счет в банке и другие атрибуты предприятия. Он же пробил проект технологического корпуса и его привязку на территории ВЦ СОАН, а также финансирование начала строительства на 1970 год.

Потенциальное руководство КБ-1 в лице Кулакова А.Ф. и Кочеткова В.И. в сентябре 1969 года появилось в Академгородке. По рассказам Кулакова, назначенный к этому времени заместителем начальника КБ-1 по науке от СОАН, доктор физико-математических наук Ершов Андрей Петрович, от имени СОАН изложил свою позицию в отношении руководства КБ-1: тематическая направленность и руководство от СОАН полностью возложено на него – зам. директора по науке. И он видит задачу КБ в исследовании проблем и разработке общего и технологического программного обеспечения. Кулаков понял, что тематику КБ будет определять Ершов, а отвечать за функциональное ПО для средств ПРО и за работу предприятия в целом придется ему – директору. Он сразу же отказался от предложения возглавить КБ-1. К этому времени вышел приказ об их прикомандировании к МРП. Кулакова вернули обратно на полигон, а Кочеткова определили в ОКБ-30, где он и получил жилье в Москве. В дальнейшем Трофимчук вместе с Кулаковым были переведены в Киев, в КВИРТУ и назначены: первый – начальником училища, второй – начальником кафедры программирования.

Следующим добровольцем-соискателем должности директора КБ-1 ВЦ СОАН по инициативе Кисунько Г.В. стал Тоболев Ким Васильевич – полковник, кандидат технических наук, выпускник Артакадемии им.Дзержинского, начальник отдела испытаний программ на системах «А» и «Алдан». На должность главного инженера Тоболев пригласил Буряка Игоря Александровича – подполковника, заместителя начальника управления обработки результатов внешне-траекторных измерений полигона, моего однокашника по Ленинграду. Позиция руководства СОАН в лице Марчука и Ершова в отношении КБ-1 ВЦ оставалась неизменной. Так с самого начала при создании КБ-1 был заложен конфликт между интересами СОАН и МРП в вопросе тематической направленности в деятельности предприятия.

Тоболев ясно сознавал на что идет и пришел к компромиссу с Марчуком и Ершовым: он создает по своему усмотрению отделы функционального программного обеспечения (на очереди было неотложное ПО «Аргуни»), а отделы по общему ПО и их тематику по своему усмотрению формируют представители СОАН, в частности Ершов А.П. Оставалось в этой ситуации загадкой: кто будет заказывать это общее ПО и платить за его разработку? КБ-1 ВЦ СОАН представляло собой 4-х этажный 2-х подъездный многоквартирный жилой дом – «хрущевку» на открытой территории в жилом квартале Академгородка.

Для укрепления военной составляющей в тематике и администрации КБ Тоболев по настоянию Буряка организовал в начале 1970г. прикомандирование меня к МРП с использованием в должности зам. главного инженера, ответственного за ввод и техническую эксплуатацию создаваемого вычислительно-моделирующего стенда на базе ЭВМ 5Э92б. Как это обнаружилось впоследствии – это был роковой выбор для Буряка. Пока Буряк и Тоболев перебирались в Новосибирск, должность главного инженера оказалось уже занятой представителем ВЦ СОАН – Макаровым Геннадием Павловичем, и Буряку пришлось довольствоваться должностью зам. главного инженера – начальника отдела, а мне

впоследствии должностью его заместителя. Позже Буряк лишился титула «Зам. гл. инженера» и был просто определен как начальник 7-го отдела, а я – его заместитель.

Поскольку самой необеспеченной исполнителями работой оказалась очередная полигонная система ПРО «Аргунь», и среди перешедших в КБ-1 сотрудников ВЦ СОАН не нашлось охотников ею заниматься, то эта тема целиком досталась нашему 7-му отделу. Кроме этого отдела в КБ-1 уже существовало 6 отделов и несколько отдельных лабораторий, руководителями которых были: Катков, Поттосин, Кожухин, упоминавшийся выше, Нечипуренко, Енгибаров, Митрофанов, Чинин, Фомичев, Цанг, Курилов, Чистяков и др. (некоторые по совместительству). Все они в основном продолжали заниматься тем же, чем занимались до перевода из ВЦ СОАН в КБ-1. В числе тем, разрабатываемых в этих отделах в 1970-1972гг. числились Мир 9-301, 9-501, 9-502, 9-503, «Асу», «Стенд», «Корунд», «Аист». Впоследствии еще добавились «Фортран», «Айва», «Анализ», «3-57-72», «Структура», и др. Заказчиков на эти работы, равно как и технических заданий, не существовало, каждый занимался тем, чем хотел и на что был способен и ни перед кем не отчитывался. Отчеты складывались в библиотеку. Расходы на зарплату и арендное машинное время БЭСМ-6 в ВЦ СОАН регулярно оплачивались из соответствующих калькуляций. Для увеличения объемов работ и процента премий сотрудникам иногда приобреталось различное оборудование, которое порой не распакованное, но уже списанное лежало на складе. Интересно было бы получить ответ: какова судьба этих работ и кто из специалистов КБСП воспользовался впоследствии их результатами?

Перед вновь назначенным директором Тоболевым постоянно стоял неразрешимый вопрос: как приспособить то, чем занимались люди в этих отделах к реальным нуждам системы ПРО «Аргунь» и как оправдать расходы, составлявшие не менее 90% бюджета предприятия, на их содержание? Таким было мое впечатление о состоянии дел на предприятии КБ-1 ВЦ СОАН, куда я прибыл 28 апреля 1970 года.

Неудовлетворенные амбиции Буряка на руководящую роль вывели его из душевного равновесия и определили его дальнейшее поведение в КБ. Сначала он обрушился на Тоболева, что тот упустил должность Главного инженера, затем перешел к интригам, используя принцип – «чем хуже – тем лучше». Вверенный нам с ним 7-ой отдел до осени 1970 г. существовал только на бумаге, людей не было. Из сотрудников, переведенных из ВЦ СОАН в КБ-1, никто не хотел выходить из зоны влияния ВЦ СОАН и работать в 7-м отделе, ввязываться в работы, связанные с командировками. Тем не менее предпринимались попытки навязать некоторые работы, как полезные для темы «Аргунь» и влезть в ее престижную калькуляцию.

Тягостной для меня была жизнь в новых условиях. Неприятная деструктивная политика Буряка, трудности привыкания к новой психологической среде, в которой преобладал околонаучный снобизм, вольное обращение с рабочим временем, отсутствие заботы о востребованности результатов работ. Все оправдывалось научным поиском и тем, что в науке отрицательный результат – есть результат в пользу науки. К этому добавилась семейная трагедия, смерть 2-х младенцев-близнецов. Невольно приходила мысль о демобилизации по достижению выслуги 25 лет в 1972году. В этих условиях наша работа начальников по сути несуществующего отдела № 7 сводилась к наведению контактов с разработчиками РЛС комплекса «Аргунь», изучению и согласованию некоторых алгоритмов работы станций, к разработке технологических программ для стыковки и контроля технических средств и т. п. Положение с набором сотрудников в 7-ой отдел начало меняться к лучшему с осени 1970 года. Но об этом ниже.

Из-за противостояния с руководством СОАН осенью 1970 года Тоболев К.В. был переведен на работу в Москву на предприятие МРП. По представлению Марчука Г.И., приказом Генерального директора, образовавшегося к этому времени ЦНПО «Вымпел», в состав которого вошло КБ-1 ВЦ СОАН, переименованное на КБ системного программирования (КБСП), директором КБ назначен начальник отдела моделирования, кандидат технических наук, Нечипуренко Михаил Иванович.

После назначения нового директора тематическое противостояние МРП и СОАН не устранилось. Нечипуренко по-прежнему не хотел ввязываться в тематику, связанную с полигоном – «Аргунь», передал все заботы по этой работе в 7-ой отдел Буряка. Сам Нечипуренко мало вникал в то, чем и как занимаются сотрудники в остальных отделах, занимался в основном системой моделирования в рамках своих научных интересов и коррекцией тематических планов и графиков при их срывах, а также редакцией некорректных отчетов перед плановым отделом ЦНПО. Таким состоянием дел возмутилась начальник планового отдела Никольникова В.П. и потребовала партийного разбирательства. Ей было тягостно из квартала в квартал представлять «липу» (отчет, не отражающий действительность) и объясняться в ЦНПО «Вымпел». Осенью 1971 года партийная комиссия во главе с начальником 5-го отдела Митрофановым Ю.И. проверила работу самого проблемного 3-го отдела, возглавляемого Кожухиным Г.И., вскрыла полный развал в работе. Кожухину было объявлено недоверие как начальнику отдела. Самое интересное после «воспитательной» беседы с руководством ВЦ СОАН Митрофанов и Никольникова свои подписи под актом проверки и решением партбюро отозвали. Однако Кожухин не перенес стресс и вскоре скончался от сердечной недостаточности.

Пока руководство ЦНПО «Вымпел» в первый год своего существования было занято своими внутренними организационно-тематическими проблемами, связанными с противостоянием, между зам. министра – Генеральным директором Марковым В.И. и его заместителем по научной работе – Генеральным конструктором ПРО Кисунько Г.В. на внутренние конфликты в КБСП никто особого внимания из руководства объединения не обращал. Однако по мере стабилизации обстановки в ЦНПО в связи с принятием решения о проектировании системы Амур (А-135) в 1972 году вновь с особой остротой стала проблема разработки программного обеспечения для этой системы. К этому времени у руководства МРП и ЦНПО «Вымпел», благодаря политике Нечипуренко, поддерживаемой руководством СОАН, иссякли надежды на то, что к решению этих задач можно подключить КБСП в СОАН. Для разрешения конфликта весной 1972 года в Новосибирск прибыли два заместителя министра радиопромышленности – Плешаков П.С. и Марков В.И.

Предваряя описание принятого решения по результатам этого визита, следует сказать, почему было принято именно такое решение. Дело в том, что перед этим визитом Академгородок посетили директор ИТМ и ВТ Бурцев В.С. и один из его замов Бабаян Б.А. на предмет изучения возможностей разработки общего программного обеспечения для ЭВМ «Эльбрус». Руководство ВЦ СОАН и Нечипуренко, бывший программист ИТМ и ВТ, безоговорочно согласились включить в план КБСП эти работы. ИТМ и ВТ, разрабатывавший вычислительные комплексы для средств ПРО (М-40, М-50, КОД-2, 5Э92б), входил в состав 8-го главного управления МРП. Работы по теме «Эльбрус» и условия их выполнения (без командировок на полигон) вполне вписывались в идеологию участия ВЦ СОАН в оборонной тематике. Об этом мне рассказал Бурцев В.С., в приятельских отношениях с которым мы состояли до этого более 10 лет. Это предварительное согласие и появление в тематическом плане КБСП в 1971 году не директивной со стороны ЦНПО, а инициативной темы «Эльбрус» позволило руководству СОАН выработать свою жесткую позицию на переговорах с двумя заместителями Министра радиопромышленности.

В связи с этим, следует отметить неточности, которые допустил Марков В.И. в своих воспоминаниях: «С целью совершенствования системных программистов ЦНПО «Вымпел» совместно с СОАН СССР решил создать в Новосибирском Академгородке КБСП в составе ВЦ СОАН СССР. КБ должно было оказать помощь ИТМ и ВТ в отладке и программировании Эльбруса». Все было не так.

Во-первых, КБ-1 ВЦ СОАН было создано на год раньше, чем создано само ЦНПО «Вымпел» (1969), и не по инициативе ЦНПО «Вымпел», которого в то время еще не было, а по инициативе Кисунько, Генерального конструктора стрельбового комплекса ПРО на базе «Аргунь».

Во-вторых, по свидетельству Бабаяна Б.А., проект новой машины «Эльбрус» был задуман только в 1971 году, т.е. только через 2 года после создания КБ-1 ВЦ СОАН в 1972 году в ИТМ приступили к его разработке.

В-третьих, в проект технологического корпуса КБ-1 был заложен ВК 5Э92б, т.к. «Эльбруса» в то время и в помине не было.

Итак, в аэропорту «Толмачево» мы с Буряком как представители МО и МРП встречали двух генералов, от СОАН их встречал референт.

Буряк докладывает о состоянии дел по «Аргуни», в которой занято 10-15% численности КБСП. Однако генералов мало интересовал этот доклад, так как они были озабочены проблемами ПО для еще неведомой нам системы «Амур» на базе ВК «Эльбрус». На машине референта они направились в Академгородок. Дальше цитирую Маркова: «Встреча в Новосибирске началась товарищеским ужином с академиками Лаврентьевым и Марчуком». Но уже на следующий день выявились принципиальные разногласия сторон. Лаврентьев прямо заявил: «Мы не будем работать по вашим планам. У нас свои планы, и мы будем руководить этим КБ». Согласия достигнуть не удалось. Тогда я внес предложение разделить КБ на две части, одну из которых мы переведем на одно из предприятий ЦНПО «Вымпел», а другое останется под эгидой ВЦ СОАН и будет совместно с ИТМ и ВТ осваивать ЭВМ «Эльбрус». Это компромиссное предложение было принято. В результате этой договоренности был образован филиал ИТМ и ВТ при ВЦ СОАН с размещением его на площадях ВЦ СОАН. Директором этого филиала был назначен кандидат физико-математических наук Катков В. Вместе с отделом Каткова туда ушла большая часть сотрудников из тематических отделов, в том числе и зам. по науке Ершов А.П.

Оставшуюся часть никто никуда не переводил. Название КБСП, печать, счет в банке, т.е. предприятие по сути избавилось от тематического балласта и осталось существовать с прежним юридическим статусом в составе ЦНПО «Вымпел». На балансе КБ осталась незавершенная стройка технологического корпуса, а также весь административно – управленческий аппарат и большая часть из вышеприведенного перечня тем. Атмосфера в оставшейся части КБСП осталась прежней, хотя положение с ростом численности исполнителей темы «Аргунь» значительно улучшилось, но только не за счет сотрудников, перешедших в КБ из ВЦ СОАН. Так еще осенью 1970 года после увольнения из армии офицеров 2-х годичников, выпускников НГУ 1968 года и отслуживших 2 года на полигоне в КБ появились Деревянкин С.Б., Григорьев Ю.Н., Бусел А.И, Брейтганд И.С., Хмелевский М.Р., Борисов А.И., Сергеев А.С. и др. Среди них и мой старый знакомый подчиненный Балаш Борис Александрович. Все они были приняты в 7-ой отдел, а Балаш и первые 4 человека в непосредственно подчиненную мне группу. Осенью 1971 года наш отдел пополнился выпускниками НГУ и уральских вузов. Так в мою группу были приняты Эйсымонт М.В., Афанасьев А.П., Кулебакин В.Ф., Трегулова Н.А. и др., в 1972 г. – Высотина Е.И., Берсенева Н.В. и др. Все вновь прибывшие подключились к изучению системы программирования на СИСПе для ЭВМ 5Э92б, а также алгоритмов комплекса «Аргунь». Формальный руководитель разработки Буряк мало уделял внимания организации работы и взаимодействию между сотрудниками отдела, погряз в поддержании конфликта с Нечипуренко по причине старых обид за нереализованные претензии на должность гл. инженера.

Главный инженер КБСП Макаров Г.П. твердо занимал позицию интересов МРП и по этой причине тоже конфликтовал с директором. Нечипуренко оставался на прежних позициях, даже пытался продолжить работы над общим ПО для ВК «Эльбрус», хотя эти работы отошли НФИТМ и ВТ. В июне 1972 года Макаров был спровоцирован на скандал с Нечипуренко и его зам. по режиму Быковым в ресторане, куда последние пригласили его для выяснения отношений. В результате он получил 15 суток административного ареста, был снят с должности и оставался не у дел за штатом в КБ. Марков обещал устроить его в Москве, и только в апреле 1973 года он был переведен в Зеленоград. Перед Нечипуренко встал вопрос о назначении нового главного инженера КБ. Генеральный директор ЦНПО

Марков В.И. выдвинул условие: главным инженером должен быть один из прикомандированных военных (Буряк или Моисеенко) по его выбору. Руководство СОАН дальше не вмешивалось в этот процесс, поскольку его интересы были удовлетворены созданием НФИТМ и ВТ.

Нечипуренко выбрал из двух зол меньшее – назвал мою кандидатуру, поскольку я воздержался от активности в интригах Буряка. При этом мне заявил, что он – против, что ему меня навязал Марков, и он вынужден согласиться. Обиженный Буряк, потеряв всякий контроль над здравым смыслом, энергично протестовал, требовал, чтобы я отказался в его пользу. Мои уговоры о том, что в этой коллизии мы не игроки, игроки Марков – Марчук, а мы пешки, никакого воздействия на его поведение не возымели. Более того, он срочно организовал на имя директора анонимку – подметное письмо с целью скомпрометировать меня. Он подсунул это письмо через почтовый ящик Никольникова, военпреда в КБ, ярого сторонника Нечипуренко. Авторство анонимки тут же было установлено небезызвестным зам. по кадрам и режиму – кадровым сотрудником КГБ Быковым. Убывая в отпуск в июле 1972 года, Ничипуренко оставил меня, как кандидата на должность главного инженера, исполнять обязанности директора на время своего отпуска. По пути в Крым он доложил Маркову о деятельности Буряка в КБ и про его интриги с анонимкой. Во время отпуска Нечипуренко на предприятии было получено письмо ЦНПО, разрешавшее выплатить премию руководству предприятия по итогам работы II квартала 1972 года. Я в роли И.о директора на основании этого письма издал приказ о премировании руководителей, в том числе и Макарова Г.П., снятого к этому времени с должности главного инженера. Возмущению этим фактом вернувшегося из отпуска Нечипуренко не было предела, он срочно отозвал представление меня на должность главного инженера. Так закончилась не начавшаяся моя карьера в КБСП. Тут еще проявил инициативу первый секретарь райкома партии Яновский (впоследствии ректор Института марксизма-ленинизма при ЦК КПСС). При обмене партбилетов в августе 1972 он мне заявил, что бюро райкома решило новый партбилет мне не выдавать, и популярно объяснил мне, что решение партии – это решение бюро РК. Я ему возразил, что прикомандирован я распоряжением СМ СССР и работы, которые мы выполняем, находятся под контролем оборонного отдела ЦК, и предметом моей партийности будут разбираться в вышестоящих партийных органах. Он как-то подобрел, и я получил партбилет. Несколько успокоился и Буряк после неудавшегося моего выдвижения на должность, которая была предметом его вожделения. В сентябре 1972 года он подготовил на имя Марчука заявление о неполадках в КБСП и, ссылаясь на согласование этой акции с главным инженером ЦНПО Заволокиным Ф.И., заставил меня тоже подписаться под ним. Впоследствии Марчук в личной беседе уговорил меня забрать это заявление из райкома партии, как провокационное против СОАН, что я и сделал.

В ситуации, которая сложилась в КБ к осени 1972г. я почувствовал себя изгоем. С одной стороны озлобленный и обанкротившийся мой начальник Буряк, с другой стороны озлобленный директор КБ. Я решил уходить куда угодно, вплоть до увольнения из кадров армии. Написав на имя Маркова соответствующий рапорт с изложением причин, я явился к нему на прием. В процессе обсуждения моей просьбы он разрешил мне в положении прикомандированного к МРП трудоустроиться на предприятиях министерства и посоветовал съездить в Днепропетровск на ДМЗ. Присутствовавший при этом разговоре директор КБРП Бубнов Г.Г. предложил должность начальника КБ на Гомельском радиозаводе.

Директор ДМЗ Стромцов Л.Н. встретил меня доброжелательно и предложил должность начальника АСУП и квартиру. После Днепропетровска я заехал в Гомель на ГРЗ. Посидев в приемной директора во время его шумной планерки, я рассказал Хаминову зачем приехал и решил, что Гомель мне не подходит. Хаминов обрадовался моему решению, у него на примете был Старосельский П.Н., и я вернулся в Москву с окончательным выбором – Днепропетровск.

Маркова как подменили, он как будто забыл, что сам посылал на ДМЗ и отказал (нечего военному делать на гражданском заводе). Тогда я попросил разрешения на перевод в

ИТМ и ВТ к Бурцеву В.С., с которым у меня была предварительная договоренность. Марков согласился. Бурцев подготовил письмо Маркову на перевод и председателю Моссовета Промыслову – на разрешение прописки в Москве. Марков снова отказал. Тогда я поставил вопрос об откомандировании меня из МРП обратно в МО. Марков снова согласился. Я поехал в Киев к начальнику КВИРТУ – бывшему начальнику полигона Трофимчуку М.И. Последний принял меня хорошо, предложил должность начальника научно-исследовательской лаборатории в училище и сразу же подписал соответствующее письмо Маркову. Начальник отдела кадров ЦНПО показал мне это письмо с резолюцией Маркова: «Отказать. Кадры нужны МРП.»

Я понял, что все это была игра в «кошки-мышки», убедился, что из КБСП мне не вырваться и вернулся в Новосибирск с нулевым результатом. Эти неудачи, нервозная обстановка в КБ, также непомерные физические нагрузки (ежедневные вечерние лыжные гонки по освещенной трассе университета в Академгородке с целью отвлечения от навалившихся проблем) подорвали здоровье. В прединфарктном состоянии в январе 1973 года я был помещен в Новосибирский военный госпиталь. В госпитале меня навещал Макаров Г.П. В одно из его посещений в феврале он передал мне просьбу Маркова позвонить ему в Москву. Выписавшись из госпиталя, я через пару дней специально поехал в Новосибирск и связался с Марковым, который после короткого вступления: «Что, довели до госпиталя?», предложил мне возглавить КБСП: «Нечипуренко мы освобождаем и предлагаем вам должность директора КБ». Оказалось, что Нечипуренко заставили написать заявление об уходе, в противном случае он будет снят с работы по ст. «За развал работы». Подробности разговора Нечипуренко с Марковым мне не известны, очевидно, тут свою роль сыграл «Акт» проверки выполнения плана и финансового положения предприятия за 1971 и первое полугодие 1972 года комиссией ЦНПО «Вымпел».

Понимая, что в сложившейся ситуации работать будет трудно, я начал отказываться. Марков мне пригрозил: «А мы вас для этого и держали» и пообещал помощь. Деваться мне было некуда, я понял, что КБ – это мой крест. Единственное, чем я обусловил свое согласие – «только без Буряка». Я надеялся, что его, как и Тоболева, и Макарова пристроят где-нибудь в МРП. Марков сказал: «Понял». Через день Макаров принес мне правительственную телеграмму, где сообщалось приказом ЦНПО «Вымпел» №51 от 2 марта 1973 года Нечипуренко освобожден от должности начальника КБСП, назначен Моисеенко В.Н. Как Макарову, выведенному за штат и лишенного пропуска на предприятие, удалось перехватить эту телеграмму осталось загадкой.

Я сразу же издал приказ о своем вступлении в должность и вместе с копией правительственной телеграммы вывесил на доске объявлений. В КБ это вызвало переполох, и началось брожение. В процессе приема дел я по армейским правилам подготовил «Акт приема-передачи должности», где отразил состояние дел по НИР и ОКР, промстроительству технологического корпуса, финансово-хозяйственному состоянию предприятия на начало марта 1973 года примерно на 50 страницах. Подписал «Сдал» «Принял» и повез на утверждение Гендиректору. Марков, даже не открывая акт, утвердил его росписью на титульном листе. На мой недоуменный вопрос, почему он не смотрит дальше, ответил: «Я и без вас знаю, что в КБ бардак, мы вас и назначили директором для того, чтобы исправить все то, что тут написано».

Брожение в умах и душах сотрудников КБСП перешло в движение: кто куда. Кто в ВЦ СОАН, кто к Каткову в НФИТМ и ВТ, кто остается в КБСП, а из тех, кто не хотел продолжать работу на предприятии и кого никуда не взяли – просто уволились. Вскоре, почти одновременно, на предприятие поступило два приказа МО. Одним из них Буряк уволен в отставку, другим – мне присвоено звание «инженер-полковник». Разыгралась драма, достойная пера Шекспира. Амбициозный Буряк был уволен с предприятия, а его группа, занимавшаяся «через пень-колоду» алгоритмами и программами «Аргуни», рассеялась. Был очищен тематический план предприятия от балласта, а административно-

хозяйственный аппарат от интриганов. В тематическом плане КБ осталась одна единственная директивная тема «Аргунь».

И вот на этих руинах необходимо было произвести консолидацию среди сотрудников на базе оставшейся опытно-конструкторской работы по разработке функционального программного обеспечения системы «Аргунь», считавшейся в то время очередным (после «Алдана») опытным образцом стрельбового комплекса ПРО. Моей главной опорой и надеждой в решении проблемы была группа уволенных с полигона офицеров 2-х годичников и молодых специалистов, выпускников 1969-1972 гг. во главе с Балашом Б.А. Мне хочется перечислить их поименно и выразить свое искреннее признание за оказанное мне доверие и самоотверженный труд в той непростой обстановке.

Вот они:

Балаш Борис Александрович (НГУ 1966г.)
Григорьев Юрий Николаевич (НГУ 1968г.)
Деревянкин Сергей Борисович (НГУ 1968г.)
Минкин Яков Самуилович (НГУ 1968г.)
Бусел Александр Иванович (НГУ 1968г.)
Фомина Нина Анатольевна (СГУ 1969г.)
Гаврилов Юрий Александрович (НЭТИ 1970г.)
Гурьянов Александр Иванович (НЭТИ 1970г.)
Эртель Самуил Мозейлевич (НГУ 1970г.)
Эйсымонт Михаил Вячеславович (НГУ 1970г.)
Кулебакин Валерий Федорович (НГУ 1970г.)
Кондратьев Валентин Павлович (НЭТИ 1970г.)
Афанасьева Людмила Андреевна (НГУ 1970г.)
Полетаева Ольга Петровна (НГУ 1970г.)
Киндалева Людмила Семеновна (НГУ 1970г.)
Трегулова Наталья Айсовна (НГУ 1970г.)
Афанасьев Анатолий Петрович (НГУ 1971г.)
Славницкий Евгений Викторович (МГУ 1970г.)
Высотина (Балаш) Елена Ивановна (НГУ 1972г.)
Берсенева Наталья Владимировна (КГУ 1972г.)
Молоков Александр Григорьевич (НЭТИ 1971г.)
Энтина Раиса Вульфовна (НГУ 1974 г)
и другие.

Благодаря успешному завершению работ по теме «Аргунь» предприятие снискало себе деловой авторитет, что и способствовало его дальнейшему развитию. За эту работу я был награжден орденом «Знак почета».

Программное обеспечение стрельбового комплекса «Аргунь» – первый шаг в становлении КБСП

Малоканальность стрельбового комплекса «Алдан», испытания которого проводились на полигоне во второй половине 60-х годов, не давала оснований Генеральному конструктору Кисунько Г.В. надеяться на развитие второй очереди системы А-35 на принципах, которые были заложены в его основе. Так возникла идея создания многоканального стрельбового комплекса на базе сантиметровой РЛС «Истра», эскизный проект которой был выполнен в 1965 году. В его состав планировались: радиолокатор канала цели РКЦ-35, радиолокатор противоракеты РКИ-35, стартовая позиция с пусковыми установками на 24 противоракеты, командно-вычислительный пункт на базе вычислительных комплексов 5Э92б. В 1971 году закончились монтажно-настроечные и стыковочные работы на средствах полигонного образца на 51 площадке, состоящего из радиолокаторов РКЦ-35, РКИ-35 и командно-вычислительного пункта на базе ВМ 5Э92б.

Антенна РКЦ представляла собой фазированную отражательную решетку, смонтированную на поворотных механизмах. Это обеспечивало работу РЛС во всей верхней полусфере с электронным сканированием лучом в любом ее положении. Главным конструктором в это время был Омельченко Иван Дмитриевич, затем его сменил Толкачев Алексей Алексеевич.

По свидетельству Толкачева А.А. за три года руководство ЦНПО «Вымпел» трижды меняло кооперацию по разработке сложнейшего по тем временам программно-алгоритмического обеспечения на вычислительном комплексе, состоящем из пяти вычислительных машин 5Э92б. Эта работа затянулась. Последняя успешная кооперация сложилась в марте 1973 года благодаря привлечению в ее состав совершенно новой выше перечисленной группы программистов КБ системного программирования во главе с Балашом Б.А. Благодаря их энтузиазму и самоотверженному труду в тяжелых бытовых условиях командировок работа была выполнена в небывало короткий срок. К осени того же 1973 года станция вышла в эфир. После успешных проводок и построений траекторий искусственных спутников земли (ИСЗ) в декабре 1973 года система была представлена на конструкторские испытания.

Помню экстремальную ситуацию с вывозом сотрудников с полигона в самый канун Нового 1974 года. Чартерные авиарейсы с полигона были только до Москвы. Перед Новым годом они были просто недоступны. Мне с большим трудом удалось в Новосибирском аэропорту арендовать АН-24, добиться для летчиков допуска на секретный объект, через дежурного по командному пункту ПВО страны посадить самолет в аэропорту Приозерска и вывезти всех с 51 площадки к самолету. АН-24, полный уставших и счастливых людей, к полудню 31 декабря приземлился в аэропорту Толмачево в Новосибирске.

К сожалению, не обошлось и без трагедий. В январе 1974 года скоропостижно скончался от белокровия один из виднейших программистов предприятия 25-летний Гурьянов. Существовало мнение, что причиной болезни явилось облучение СВЧ высокой энергии на 51 объекте вследствие пренебрежения сигналом опасности. Возможно и так. Перед включением высокого напряжения на передатчик РКЦ всегда раздавался сигнал сирены, и загорался красный фонарь. По этим сигналам все должны были укрываться в экранированных помещениях объекта или в помещениях жилой зоны города.

С помощью комплекса «Аргунь» была проведена большая работа по изучению радиолокационных характеристик отечественных баллистических ракет, крылатых ракет и космических аппаратов, в том числе и американских, элементов сложных баллистических целей, по пуску китайской баллистической ракеты. В 1975 году работы на многоканальном стрельбовом комплексе были свернуты, и радиолокатор «Истра» переведен в разряд измерительных средств полигона. Эти работы сопровождались совершенствованием и наращиванием ПО под новые специальные задачи. Выполнялись они в отделе Гаврилова Ю.А., впоследствии преобразованного в НИО, а в дальнейшем в отделе Афанасьева А.П. в составе этого НИО.

На базе радиолокатора РКИ-35 была создана станция миллиметрового диапазона «Руза», программное обеспечение для которой успешно разрабатывалось под руководством начальника отдела Афанасьева А.П.

Перевод КБСП в Гомель

По поводу перевода предприятия из Новосибирского Академгородка в Гомель, по выбору нового места дислокации и инициаторов перевода существовало много домыслов и легенд. На самом деле идея перевода предприятия принадлежит заместителю гендиректора ЦНПО «Вымпел» по капитальному строительству, светлой памяти, генерал-майору береговой службы в отставке Лебедю Ивану Алексеевичу. Как уже упоминалось выше, после выделения из КБСП НФИТМ и ВТ (Новосибирский филиал института точной механики и вычислительной техники) на балансе первого осталось незавершенное строительство технологического корпуса для размещения ЭВМ 5Э92б и сотрудников предприятия, общей

площадью около 15 тыс. кв.м. За его ввод в эксплуатацию отвечал я, как директор КБСП. Корпус непосредственно примыкал к зданию ВЦ СОАН. По истечении года моей работы в Академгородке в должности директора КБСП, в апреле 1974 года я появился в кабинете Ивана Алексеевича для решения вопроса финансирования завершения строительства и ввода в эксплуатацию этого корпуса в 1975 году. Иван Алексеевич начал с лирики. Оказывается, он меня любит, так как его покойная жена тоже имела фамилию Моисеенко. Где-то в мемуарах военно-морских ветеранов приведен факт, как наша подводная лодка подобрала на плаву жертв торпедной атаки немцев на судно, увозившее людей, покидавших то ли Одессу то ли Севастополь, и среди этих жертв вынырнул здоровенный майор строитель Лебедь. Иван Алексеевич отличался богатырским телосложением и доброй душой. Вот в этот визит к нему он и поведал мне о своих проблемах: «У меня – говорит 2 горя, одно в Гомеле, где требуют деньги на завершение строительства учебного корпуса для технического училища в интересах радиозавода (на самом деле под Политехнический институт), а другое – в Новосибирске. Я, говорит, уверен, что одно и другое у нас отберут. Первое – Гомельские власти под политех, второе – сибирские академики под свои нужды. Как бы сделать так, чтобы 2 горя свести к одному, т.е. не стоит ли вам переехать в Гомель и разместиться в том корпусе, на ввод которого у меня постоянно требуют деньги». Я сразу согласился, памятуя о жутком положении с жильем для молодых сотрудников, которые в основном полулегально занимали койко-место в общежитии НГУ или жили на частных квартирах.

Перспективы в этом вопросе в условиях СОАН были безнадежные. Выделяемые Минрадиопромом средства на строительство жилья или полностью не принимались или не осваивались полностью. А если и осваивались, то квартиры выделялись НФИТМ и ВТ. За год мне удалось выбить всего одну 2-х комнатную квартиру только для семьи Балаша, а также в освобождаемую мною 2-х комнатную квартиру (после получения трехкомнатной) поселить семьи Деревянкина и Минкина.

Лебедь тут же сообщил свое предложение Маркову и тот сразу же потребовал меня. Он задал только один вопрос: «Согласятся ли сотрудники?» Я ответил утвердительно. Он засомневался, велел вернуться в Новосибирск, изучить вопрос и позвонить. Балаш встретил эту весть с восторгом и к вечеру, переговорив с сотрудниками, сообщил, что все, кто участвовал в работе по «Аргуни», готовы к переезду – благо им терять нечего. Единственной потерей, как выяснилось потом, был отказ Трегуловой Н. по семейным обстоятельствам. Об этом я доложил Маркову, который через несколько дней, согласовав вопрос в Минске, вызвал меня в Москву для поездки в Гомель и решения на месте вопросов, связанных с передислокацией. Это был апрель 1974 года.

В Гомеле нас встретил директор ГРЗ Хаминов Г.З. Мы побывали в обкоме, горкоме и облуправлении КГБ. Марков, представляя меня, обрисовал перспективы достройки корпуса, оснащения техникой и т.п. Хаминов пообещал осенью для моей семьи выделить 4-х комнатную квартиру. Марков потребовал от него предоставить КБ 1 этаж вводимого осенью общежития радиозавода, а также помещения столовой под рабочие места для сотрудников. Хаминов без энтузиазма внимал указаниям. Мне не без труда впоследствии приходилось добиваться обещанного.

Передо мною в Академгородке стала задача – избавиться от всего недвижимого имущества, числящегося на балансе предприятия, в том числе и строящегося технологического корпуса с оборудованием и др. имущества, разбросанного по арендуемым складам и приобретенного еще при предыдущем директоре. Опасность заключалась в том, что его могли под шумок просто разворовать. Кое-что пришлось списать, а основные ценности включить в передаточный акт Каткову в НФИТМ и ВТ.

При подписании у Марчука передаточного акта, включая балансовую стоимость корпуса, он назвал решение о переводе КБ в Гомель гениальным. Известие о нашем переезде в Гомель быстро облетело Академгородок. Началась вторая волна брожения и движения, но уже не в КБСП, а в ВЦ СОАН и НФИТМ и ВТ. Многие хотели вырваться из Сибири в Европу, пожалели о некорректном отношении ко мне в прошлом. Тем не менее отдельные

сотрудники решились на это, в частности сотрудник ВЦ СОАН канд.тех.наук Максимей И.В. тайно встретился со мной и попросил за себя и за группу сотрудников, решивших присоединиться к КБСП. Я дал согласие. Так у нас появились Максимей, Коваль, Лаврентьев, Полежаев, Сулейманов, Фохт. Некоторые договорились через Балаша (Цветков, Чистяков, Федорущенко, Кожихин) или обращались ко мне непосредственно (Ларченко, Стрельченко).

Всех выше перечисленных я включил в список на переезд, а главное, в первую очередь на жилье в Гомеле. Список у меня затребовал первый секретарь Советского РК партии г.Гомеля Башилов. Мне были с его стороны поставлены условия – перевозить в Гомель только специалистов по программированию и эксплуатации вычислительной техники, остальных сотрудников общих профессий набирать в Гомеле. Мне пришлось согласовывать с ним этот список, доказывая его правомерность с помощью личных дел сотрудников. Я вынужден был отказать сотрудникам общих профессий на включение в список на перевод, за исключением главного бухгалтера Макаровой Т.П., кандидатуру которой мне пришлось с большим трудом позже согласовать в горкоме партии. Не будучи уверенным, в том, что мне удастся согласовать, я сразу взял знакомого мне Моцара В.Т. на должность зам. главбуха для обеспечения правильности бухгалтерского учета при разделении и перевозе имущества предприятия. Некоторые сотрудницы, молодые лаборантки, не включенные в указанный список, сами, в частном порядке, приехали в Гомель, прописались, и как ни в чем не бывало, вышли на работу (Вдовина, Потокина и другие). Я не имел ни морального права, ни юридических оснований от них избавиться. Для переведенных наступили тяжелые времена. Место работы – буфет ГРЗ или 51 площадка в Сары-Шагане, место жительства – неопределенное, общежития НГУ, общежитие радиозавода в Гомеле или у родителей. Основного средства работы – ЭВМ в Гомеле нет. Такое положение продолжалось в течение 1974-1975 гг., пока осваивались деньги на строительство жилья в Гомеле.

С 1976 года предприятие регулярно получало квартиры. В первую очередь заселялись семейные сотрудники. Одинокие специалисты селились по 2 человека в 2-х комнатные квартиры или в общежитие, арендованное у военных по ул. Сосновой. Очередь на жилье на предприятии по гомельским меркам оказалась сравнительно короткой. Учитывая требования жилищного кодекса того времени, где очередь считалась «священной коровой», КБ постоянно испытывало давление от наплыва «энтузиастов», желавших работать на предприятии и стать в очередь на жилье, а также от властных структур города, знающих положение предприятия с зарплатой по 1-ой категории и перспективой по жилью. И это в условиях, когда необходимо было на месте сформировать административно-управленческий аппарат, а также набрать специалистов общих профессий. Приходилось при приеме на работу разными способами ограждать очередь на жилье. Предстоящие работы по профилю предприятия и по созданию и эксплуатации вычислительно-моделирующих стендов требовали ежегодного приема молодых специалистов не менее 50 человек в год, и для них необходимо было резервировать перспективные места в очереди на жилье.

Заканчивая тему жилья, следует сказать, что за последующие годы удалось построить для сотрудников предприятия более 200 квартир. Кроме этого удалось в середине 80-х совместно с начальником КБ ГРЗ Старосельским П.Н. ввести в строй 2 корпуса малосемейных квартир для молодых специалистов, добиться долевого участия в строительстве детского сада, пионерлагеря и др. объектов соцкультбыта.

Одной из тяжких проблем предприятия, разработки которых внедрялись на удаленных объектах, было обеспечение жильем и бытовыми условиями проживания командированных сотрудников. КБСП приходило на объекты последним, после того, как на них завершались монтажные и пусконаладочные работы технических средств. К нашему приходу все гостиницы – общежития были заняты, причем ими распоряжались второстепенные лица, не отвечающие за успех общего дела. В этих условиях нередко приходилось решать проблемы жилья для своих сотрудников через заместителя министра Маркова В.И., а впоследствии Лосева О.А. В условиях полигона пришлось к началу 80-х годов построить и ввести в

эксплуатацию собственную гостиницу «Беларусь» на берегу озера Балхаш, что существенно облегчило положение сотрудников на полигоне. Были ошибки в подборе кадров. Большого напряжения стоило избавление от бездельников и интриганов, от профессионально непригодных, блатных высокого ранга, дискредитировавших себя на предыдущей работе, протежируемых властными структурами города на высокие должности в КБ (три заместителя по общим вопросам, два заместителя по кадрам и режиму и других несостоявшихся изыскателей высоких должностей). В этом вопросе большую помощь мне оказывал секретарь парторганизации к.т.н. Антонов И.А.

Создание технической базы предприятия

После перевода КБ в Гомель предстояло решить проблему создания технической базы предприятия, а также рабочих помещений для сотрудников. Начало этой работы было положено финансированием и завершением строительства в 1975 г. бывшего долгостроя, учебного корпуса Гомельского политехнического института (ГПИ), общей площадью около 13 тыс. кв. м. на проспекте Октября. Причем, по его первоначальному проекту учебного заведения не предусматривалось размещение вычислительной техники и сложного энергетического оборудования (кондиционеров, холодильных машин, преобразователей частоты).

Ввод в эксплуатацию этого корпуса был голубой мечтой экспансивного ректора Гомельского политеха (ГПИ) Романа Рутто, поскольку этот институт ютился на задворках Гомсельмаша. Под давлением Рутто и секретаря обкома партии Леточевского Марков согласился отдать 2/3 корпуса ГПИ и 1/3 – КБСП после его ввода в эксплуатацию. На схеме была проведена разделительная линия, под которой и расписались договаривающиеся стороны. Мне как заинтересованному директору выпала роль толкача с одной стороны, не очень заинтересованного ОКСа ГРЗ, выступавшего в качестве заказчика, с другой стороны подрядчика – стройтреста Песковского. Главным осведомителем гомельской власти о ходе работ и моей роли толкача был Роман Рутто, создававший напряженную ситуацию на ежеквартальных партийно-строительных разборках.

На 1976 год предприятию был выделен один комплект ЭВМ БЭСМ-6. И нам предстояло после ввода корпуса, выделенную нам часть помещений, переоборудовать для установки ЭВМ и энергетики. В течение 1975г. нам удалось хозяйственным способом выполнить проект реконструкции и утвердить его в ГУПИКсе Минрадиопрома. После этого со своими расчетами о недостаче площадей, я появился у секретаря горкома Яковлева В.Н. Выслушав мои доводы, что без развития КБСП и обеспечения его участия в важнейших оборонных заказах, не может быть и речи о новом капстроительстве для предприятия и как следствия вклада МРП в инженерно-социальную инфраструктуру города. Яковлев вызвал Рутто, который повел себя крайне вызывающе, грубил, демонстрировал схему разделения, подписанную Марковым и Ляточевским. Его поведение пошло нам на пользу. С решением от имени горкома партии о разделе корпуса пополам, с соответствующей отметкой на той же схеме, я ушел с этого необычного совещания.

В дальнейшем в течение 1976-1977 гг. нам удалось провести дальнейшую реконструкцию 1-го этажа и установить там еще 2 ЭВМ: ЕС1050 и ЕС1030. На этом стенде из 3-х ЭВМ в режиме интерпретации ВК «Эльбрус» отрабатывались алгоритмы и программы для будущей РЛС «Дон», а также обретали опыт молодые специалисты (выпуски 1973-1980 гг.).

Большой вклад в проектирование и переоборудование подвалов и учебных классов под установку ЭВМ и энергетического оборудования внесли: начальник отдела эксплуатации ЭВМ – Чистяков А.И., главный энергетик и механик – Кошелев И.В., зам. по капстроительству – Волков А.Г., инженер ОКСа – Глышкин И.Н. Большинство этих строительно-монтажных работ пришлось выполнять хозспособом, т.е. силами сотрудников предприятия. Ветераны КБ помнят изнурительную работу по углублению подвалов с

выносом грунта, сооружению фундаментов под оборудование, устройству кабельных каналов и фальшполов, по приему и разравниванию бетона под проливным дождем на технологическом бассейне, где ныне размещается цветочная клумба ГПИ им.Сухого.

К концу 70-х годов вычислительно-моделирующий комплекс (ВМК) на базе вышеупомянутых ЭВМ исчерпал свои возможности. Стал вопрос о создании нового ВМК на базе новых ЭВМ – аналогов тех, которые используются на полигонных и боевых объектах. К этому времени вышло постановление ЦК и СМ, в котором в обеспечение по полигонному стрельбовому комплексу «Амур-П», предусматривалось создание в Гомеле на базе ЭВМ «Эльбрус» ВМК для КБСП. Постановление, как это часто бывало, не выполнялось, средств на проектирование ВМК Минрадиопромом не выделялось. Толчком к началу этих работ послужил эпизод, о котором стоит рассказать подробнее. До этого момента я имел слабое представление о бюрократическом механизме исполнения постановлений партии и правительства. В конце 70-х годов на ГРЗ для «разбора полетов» прибыла большая группа высокопоставленных чиновников Минрадиопрома и ЦНПО «Вымпел» во главе с зампредом Совмина СССР – председателем военно-промышленной комиссии (ВПК) Смирновым Л.В. Кто-то из присутствовавших внес предложение сначала заслушать директора КБСП по вопросу обеспечения работ по полигонному «Амуру», а потом перейти к вопросам ГРЗ. Я доложил, что площадка для строительства корпуса ВМК выделена, однако проектирование его не начато из-за невыделения ГУПИКСом лимитов и денег на проектирование. На меня набросился Смирнов: «Почему до сих пор не взял проекты двух средних школ и не организовал их привязку и вообще, почему, имея на руках постановление Партии и Правительства, не добился его выполнения?» Упреки сопровождались грубыми непечатными выражениями. Я был ошарашен, оказывается, я был самый главный ответственный за выполнение указанного Постановления. И вообще имеет ли такое высокопоставленный начальник представление о сложной энергетике под «Эльбрус» (двойной контур охлаждения, где ЭВМ охлаждается дистиллированной водой) и как все это можно вписать в проекты школ? Из опыта реконструкции учебного корпуса под вычислительный центр я понял цену таким «указаниям». Получив такую взбучку, я был отпущен под ухмылки чиновников, ответственных за финансирование проектирования и строительства, и отправился осмысливать произошедшее.

Начались мои регулярные визиты в Москву, пока я не добился выхода соответствующего приказа министра. Неприступной твердыней, планирующей финансирование проектирования и строительства в МРП, оказался ГУПИКС. Зам. по капстроительству Гендиректора ЦНПО «Вымпел» некто Золотарев не склонен был вмешиваться в это дело, несмотря на то, что это было его прямой обязанностью. Единственно, в чем он мне помог – дал папку с секретным Постановлением и выделил автомобиль для поездки в ГУПИКС. Главный инженер ГУПИКСа усадил меня писать проект Приказа Министра о выделении средств на проектирование и строительство 1-ой очереди ВМК, с раздачей соответствующих поручений проектной организации. Проект приказа я ему показал. Он мне, как несмышленышу сказал, что все равно у тебя ничего не получится. На мое возмущение, что приказ написан во исполнение Постановления Правительства, он открыл 2-х метровый железный шкаф, забитый папками и сказал: «Вот видишь, сколько здесь таких постановлений и приказов. Это их кладбище!» Потом популярно пояснил, что у него есть тест, по которому он определит, какой я «крутой» как заказчик и насколько важна моя стройка. Поправив кое-что в тексте приказа, он дописал единственный пункт: денежное поощрение руководства ГУПИКСа и проектного института за своевременную организацию проектирования и строительства первой очереди ВМК КБСП. При этом пояснил, что если в таком виде Министр подпишет приказ, значит стройка важная и делу будет дан ход. Действительно через несколько дней вышел приказ, и дело завертелось.

Стоило большого труда согласование объемов строительства в строительном отделе обкома партии, в УКСе Горисполкома, в Минпромстрое БССР и у генподрядчика – Нелюбина И.А. (Гомельпромстрой). Нам навязали в качестве долевого участия в развитии

инфраструктуры Гомеля финансирование теплосети от котельной завода «Центролит» до микрорайонов по обе стороны Речицкого шоссе. Повторно пришлось согласовывать все эти накрутки с ГУПИКСом Минрадиопрома.

Все согласования на промышленное строительство сопровождались нашими требованиями о выделении средств на жилищное строительство и включении выделенных объемов в план городу. Большую помощь в решении всех этих вопросов оказывал зам. по капстроительству Волков Альберт Григорьевич. Так в начале 80-х годов на перекрестке Речицкого шоссе и объездной дороги появились два отдельно стоящих технологических корпуса ВМК, предназначенных для размещения двух 10-процессорных «Эльбруса» и сложнейшего энергетического оборудования. Начался трудный этап монтажно-настроечных работ ЭВМ «Эльбрус-1», энергетического оборудования, средств пожаротушения и т.п., сопровождавшейся массой проектных неувязок и других технических проблем.

На протяжении всего рассматриваемого периода технические средства ВМК наращивались и совершенствовались: на смену «Эльбрус-1» пришел «Эльбрус-2», появились дефицитные в то время 100 мегабайтные диски, смонтирована и введена в эксплуатацию новая ЭВМ – аналог боевого комплекта РЛС «Волга» в Ганцевичах. Большой вклад в этот процесс, а также обеспечение надежной работы ВМК внесли начальники отделов ЭВМ Чистяков А.И., Проказа В.А. и принятый несколько позже на работу в КБ зам. главного инженера Китаев В.

Новый ВМК КБСП обеспечил успешную отработку в автономном режиме функциональное ПО для РЛС Дон-2Н, Дон-2НП, корабельных систем «Атолл» и «Коралл», а также для РЛС «Волга».

Вторая очередь строительства предприятия, включавшая в себя высотный лабораторный корпус и другие помещения для технических и административно-хозяйственных нужд, проходила во второй половине 80-х годов. Весь процесс обеспечения финансирования, проектирования, согласования и различных увязок проводился по тому же сценарию, что и на первой очереди. Проектирование на этот раз было поручено Витебскому проектному институту МРП, а финансирование долевого участия в расширении городской инфраструктуры (троллейбусная линия, станция обезжелезивания воды, канализация и т.п.) обеспечивалось Минрадиопромом для своих предприятий (ГРЗ, КБ ГРЗ и КБСП) в комплексе. В результате всех этих усилий и затрат на ост. «Солнечная» появился многоэтажный корпус КБСП с примыкающим стилобатом и другими зданиями технического и хозяйственного назначения – последний гомельский памятник отчаянных усилий экономики бывшего СССР в проигранной холодной войне с Западом.

12.5 СОЗДАНИЕ ОБП-2 И ЕЁ МОДИФИКАЦИЙ

Афанасьев А.П.

В КБСП я поступил на работу по распределению после окончания Новосибирского университета. 27 июля 1971 года я подошел к четырехэтажному дому по адресу: Детский проезд, 9. Собеседование со мной проводили Балаш Б.А. и Григорьев Ю.Н. Узнав, что я курсовую работу выполнял в институте математики и имею опыт программирования на ЭВМ «Минск-2», Григорьев предложил Балашу включить меня в его группу, так как я смогу быстро освоить ЭВМ, на которой они сейчас работают. Так определилась моя судьба на следующие 20 с лишним лет – «Аргунь». Что интересно, в моём свидетельстве о рождении написано: Нерчинско-Заводской район Читинской области. Воинская часть, где служил отец, располагалась в 20 км от границы с Китаем, проходящей по реке Аргунь.

Первая командировка

Группа Григорьева Ю.Н. в этот момент занималась разработкой программы СДК (стыковка на динамических кодах) для проверки межкомплексных и межмашинных связей стрельбового комплекса «Аргунь».

Григорьев мне рассказал о задачах СДК, проблемах и о моей роли в их решении. Моя роль заключалась в следующем: в ноябре выезжаем на полигон, я должен написать пару подпрограмм и освоить работу оператора СДК, т.к. там три здания, пять ЭВМ 5Э92б, а у него в группе ещё только два инженера – Кулебакин В.Ф. и Трегулова Н.А., а оператором невозможно быть без знания всех возможностей ЭВМ.

При изучении описания и системы команд выяснилось, что не всё так радужно.

ЭВМ 5Э92б – двухпроцессорная вычислительная машина, разработанная ИТМ и ВТ (г.Москва). «Большой» процессор (М-500) производительностью 500 000 операций в секунду имеет аппаратный контроль и предназначен для обработки информации. «Малый» процессор (М-100) производительностью 100 000 операций в секунду предназначен для обеспечения обмена с устройствами станции и передачи данных между разнесенными ЭВМ стрельбового комплекса. Они работают параллельно на общую оперативную память.

Если с М-500 к концу октября я более-менее разобрался и подпрограммы написал, так как это двухадресная машина, а работа в кодах меня не волновала, то с М-100 был «тёмный лес». Когда я посетовал Григорьеву Ю.Н., что слабо представляю, о чём тут речь, он сказал мне фразу, которая мне потом всегда помогала: «Это потому, что ты с ней не работал, как только ты начнёшь работать с устройством, оно тебе всё само объяснит».

9 ноября 1971 г. наша группа вылетела в Караганду, вечером выехали на поезде Петропавловск – Алма-Ата до станции Сары-Шаган. Первое впечатление от станции, что я на съёмках исторического фильма о гражданской войне. Потом, когда впоследствии поездил по окрестностям полигона, понял, что жизнь людей везде своя.

11 ноября прибыли на 38-ю площадку (40 км от г.Приозерска), поселились в гостиницу, типа общежитие, на одном этаже с ответственным представителем НИИРП Шауловым Б.М. (не знал в тот момент, кто он, но главное – Григорьева приветил и дал команду о поселении).

На следующий день знакомились с «Объектом 2501/51» – такой шифр имела территория, занимаемая многоканальным стрельбовом комплексом (МКСК) «Аргунь». Три прямоугольные металлические коробки, на двух – шары. Где шар побольше – это радиоканал цели (РКЦ 35ТА, обнаружение и сопровождение сложных баллистических целей, две ЭВМ 5Э92б, 10-е здание); шар поменьше – радиоканал изделия (РКИ, наведение противоракет на обнаруженные боеголовки, одна ЭВМ 5Э92б, 11-е здание), без шара – командно-вычислительный пункт МКСК (КВП, две ЭВМ 5Э92б, 39-е здание).

Нам выделили рабочую комнату в 10-м здании, и начались трудовые будни. Так как «дневное время» (с 8.00 до 24.00 занималось работами, связанными с аппаратурой станций, а на КВП работали ребята из 5-го отдела КБСП: Гурьянов А.И., Гаврилов Ю.А., Эртель С.М. Кондратьев В.П. с товарищами, то нам для автономных работ выделяли машинное время на 39-м здании с 00 до 03 часов, на стыковочные работы на всех трёх зданиях – с 03 до 06 утра. Но мы практически всё время проводили на станции, за исключением завтрака, дневного сна и ужина.

К середине декабря мы с М-100 «поняли друг друга», как и предсказывал Григорьев Ю.Н.. ЭВМ 5Э92б имела полный аппаратный контроль и развитую систему прерываний с аппаратным и программным приоритетом. Очень надежная и «веселая» ЭВМ.

ЭВМ 5Э92б была «поющей машиной». При исполнении команд при их зацикливании во время работы программы были слышны различные звуки – скрип, какие-то тональные. Это подметили «народные умельцы», и существовала целая библиотека подпрограмм, при запуске которых можно было послушать ту или другую мелодию. Репертуар – от «Чижик-пыжик» до гимна СССР. При возникновении ошибки в отлаживаемой программистом программе ЭВМ инициировала прерывание её работы, а в программе обработки прерывания запускались эти подпрограммы с последующим остановом ЭВМ. Наибольшей популярностью, в этом случае, пользовались фрагменты похоронного марша и музыкальная фраза «Вы жертвою пали в борьбе роковой».

ЭВМ 5Э92б была также и «пишущей машиной». При останове ЭВМ на пульте отображались в двоичном виде три последние исполненные команды программы и информация 8-го быстрого регистра, т.е. в распоряжении «народного умельца» имелось четыре ряда светодиодов по 45 штук в каждом. При определенной сноровке программиста в случае запланированного останова на пульте высвечивалась надпись. Например, если цикл прошел нормально, «УРА» или ещё что-нибудь оптимистическое. Деревянкин С.Б. при останове из-за неправильной задачи параметров использовал надпись «ДУБИНА».

Быт был достаточно суров. Номер в гостинице представлял собой комнату 18 квадратных метров, четыре железных солдатских койки, четыре солдатских тумбочки, два стула, шкаф (моего возраста) и стол. Температура воздуха не выше +8°С. Туалет – один на этаж (без внутреннего запора), три умывальника и три кабинки, перед входом надо было подать сигнал голосом и, в зависимости от ответного сигнала, ждать или заходить. Как-то Григорьев Ю.Н. сообщает, что он договорился, что мы помоемся в офицерской бане. Вечером мы дружно идём. Я вижу какой-то сарайчик, заходим, Григорьев: «Раздеваться здесь!». Мы с Кулебакиным посмотрели друг на друга и разделись. Заходим в баню, а там, если от нас дальше глядеть, чистый лёд, если ближе, то подтаявший. И два крана, из которых течёт тонкой струйкой теплая вода. Мы моемся. Незабываемое впечатление! В общем, были все условия для проявления трудового энтузиазма.

В конце декабря был подписан акт о готовности СДК к участию в конструкторских испытаниях МКСК «Аргунь», и мы отбыли домой.

Общая боевая программа–2

Основной задачей отдела № 7, в котором я работал, являлась разработка программного обеспечения радиолокатора РКЦ-35ТА «Истра», создаваемого в то время на полигоне Сары-Шаган стрельбового комплекса «Аргунь».

Существовало два варианта управления станцией – упрощенный алгоритм (2 цели, общая программа-1, – «ОБП-1»), предназначенный для проверки функционирования станции в боевом режиме, и основной (сложные многоэлементные баллистические цели, общая программа-2, – «ОБП-2»).

Отладка программы ОБП-1 в то время уже велась сотрудниками НИИРП на полигоне.

В начале 1972 года почти все частные алгоритмы поступили в КБСП и, по мере их появления, распределялись между исполнителями. На мой взгляд, все это происходило без

какой-то идеи. Четкого руководства не было. Начальников было много, а руководителя проекта не было, каждый работал по своему усмотрению. Балаш Б.А. пытался организовать взаимодействие с Брейтгандом И.С. и Хмелевским М.Р., но натолкнулся на полное их непонимание. Начальник отдела Буряк И.А. проектированием создаваемого программного обеспечения не занимался.

Мне Балашем Б.А. вначале были поручены алгоритмы имитации работы КВП. В марте, после моего доклада о готовности к программированию алгоритмов и его одобрения моих предложений, он добавил мне алгоритм управления аппаратурой станции во время радиолокационных наблюдений сложных баллистических целей («Обслуживание целей»). С его точки зрения это самый сложный по логике принятия решений алгоритм, так как это стык между аппаратурой и программой.

К этому времени в отделе было уже около сорока сотрудников. Примерно половина – выпускники НГУ и НЭТИ, отслужившие 2 года на полигоне Сары-Шаган, остальные – молодые специалисты (НГУ, НЭТИ, МГУ, ТГУ).

Летом к нам прилетели алгоритмисты НИИРП для ответов на наши вопросы. «Что? Где? Когда?» рядом не стояло. Но мы нашли общий язык, особенно я с Золотаревым М.М., разработчиком алгоритма «Обслуживание целей», и Говориным В.А., который посвятил меня во многие нюансы других «моих» алгоритмов. Осенью большая группа наших сотрудников вылетела в Москву для согласования частных алгоритмов и отладки частных программ на ЭВМ 5Э92б на стенде в г.Химки.

В НИИРПе алгоритмы РЛС «Истра» разрабатывал отдел Айтхожина Н.А.. Коллектив классных специалистов: Комаров А.В., Марков В.А., Золотарев М.М., Фарбер В.Е., Говорин В.А., Белоглазов В.В., Квашина Т.И., Ковалева З.П., Кузьминская М.И., Круковская Д.М. и др. Атмосфера была самая доброжелательная, на любые вопросы были развернутые ответы, т.е. чувствовалось, что в нас видят не просто «кодировщиков», а равноправных разработчиков программного обеспечения комплекса, которые должны понимать физику процесса управления радиолокатором.

Если процесс согласования алгоритмов был очень плодотворен, то отладка частных программ была чистой фикцией, так как 5 часов машинного времени на 15 человек – это максимум два запуска программы. Правда, по сравнению с отладкой на интерпретаторе 5Э92б, который у нас был в Новосибирске, производительность была в четыре раза выше (там один прогон в два дня), но я с ностальгией вспоминал свою работу на полигоне. По возвращению в Новосибирск я высказал свое мнение Балашу Б.А. Он мне посочувствовал.

К марту 1973 года группы программ «Имитация КВП» и «Обслуживание целей» были написаны, и шла вялотекущая автономная отладка. Проектированием ОБП-2 занялись под его руководством Григорьев Ю.Н., Деревянкин С.Б. и Минкин Я.С. Автономную отладку частных программ было решено проводить на полигоне.

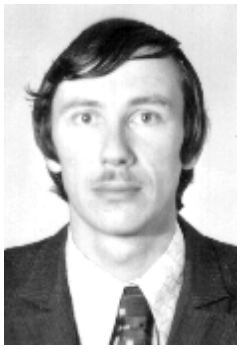


Балаш Б.А.

Борис Александрович Балаш после окончания Новосибирского государственного университета в 1965 году три года проработал в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР непосредственно под руководством Ершова А.П.. В 1968 году его призвали в Советскую Армию, и он попал в в/ч 03080. Служил лейтенантом на должности инженера-исследователя под руководством главного инженера в/ч 06543 Моисеенко В.Н.. После окончания службы в 1970 году поступил на работу в КБСП. Имея опыт системного программиста и зная возможности ЭВМ 5Э92б, он разработал структуру ОБП-2 и имел много идей и наработок по проекту программы.

По жизни он был скромным человеком. С подчиненными вел себя так же, как с руководством. Но если был в чем-то уверен, то отстаивал свое мнение до конца, невзирая на чины оппонента.

Борис Александрович был удивительный человек. При разработке каждой темы просто фонтанировал идеями, из которых потом рождались совершенно конкретные проекты («Аргунь», «Дон», «Коралл»).



Григорьев Ю.Н.



Деревянкин С.Б.



Минкин Я.С.

Биографии Юрия Николаевича Григорьева, Сергея Борисовича Деревянкина и Якова Самуиловича Минкина совпадают. После окончания Новосибирского государственного университета в 1968 году программировали на ЭВМ 5Э92б в звании лейтенантов на полигоне, а с 1970 года работали в КБСП и с 1973 года возглавили работы по трем направлениям разработки ОБП-2. Притом, что делали одну общую работу, имели совершенно разные характеры.

Григорьев Ю.Н.– ВМ-2 (управление станцией и траекторная обработка). Жесткий руководитель, большие организаторские способности и сам по себе очень организован. ЭВМ 5Э92б знал лучше некоторых ее разработчиков. К сотрудникам требователен, но инициатив не зажимал. По жизни – гусар и компанейский человек.

Деревянкин С.Б.– ВМ-1 (сигнальная обработка). Программист от Бога, но и как все «божественное», несовместим с наукой. Не признавал никаких авторитетов, все делал по-своему и, если бы была возможность, всю программу написал бы сам. По натуре добрый и без всяких комплексов человек.

Минкин Я.С.– технологические средства (имитаторы и обработка зафиксированной информации). Вот он был совместим с наукой. Ко всем проблемам подходил основательно и при их решении показывал неистощимую фантазию программиста. По характеру абсолютно неконфликтный человек. Душа компании, прекрасно играл на гитаре и знал практически весь репертуар тогдашних бардов.

В середине марта наша группа – Плотникова Н.Г., Левакова Е.В., Матюхова Т.И. и я – выехала на полигон.

Машинного времени, было «море»: две ЭВМ с 03:00 до 08:00, а днем в субботу и воскресенье, сколько закажешь. Естественно, что автономную отладку частных программ мы закончили к началу июня и начали сборку групп программ.

С бытом тоже было все отлично. У НИИРПа была своя гостиница «Парус», двух- и одноместные номера, на первом этаже – кафе. По субботам желающих возили в г.Приозерск. Можно было посетить городскую баню и магазины. По сравнению с Новосибирском в продуктовых магазинах царило изобилие, начиная от мясных продуктов и кончая болгарскими и венгерскими винами и французским коньяком.

С середины мая начали подъезжать сотрудники нашего отдела: группа технологических средств – Минкин Я.С., Бусел А.И., Колесников В.П., Высотина Е.В. и др., группа сигнальной обработки – Деревянкин С.Б., Сергеев А.С., Славницкий Е.В., Карекова Н.В., Кривцов Ю.В. и др., группа траекторной обработки – Эйсымонт М.В., Трегулова Н.А., Берсенева Н.В., Алгазин Г.И. и др. К середине лета практически весь отдел во главе с Балашем Б.А. был на объекте. С машинным временем было все нормально: ночное время на пяти ЭВМ плюс суббота и воскресенье.

Балаш сразу расставил приоритеты, что первым на машинное время претендуют программы имитации, далее – «Обслуживание целей», потом все остальные, потому что имитатор обеспечивает комплексную отладку, а «Обслуживание целей» – выход на аппаратуру. Приоритет – это с 00:00 до 03:00, а в субботу и воскресенье с 15:00 до 20:00.

Автономная отладка частных программ велась по контрольным вариантам просчета, представленными алгоритмистами, которые тоже большой группой прибыли на объект и участвовали в отладке. Этот этап был достаточно быстро пройден, несмотря на большой объем работы (более 120 частных программ), так как исполнителей было порядка 30, и существовала активная помощь алгоритмистов.

Надо отметить, что если для всех нас были совершенно формальные алгоритмы, то у Минкина Я.С. в качестве идеи имитации работы ВМ-1 и ВМ-2 (на ВМ-1 – программы сигнальной обработки, на ВМ-2 – программы траекторной обработки и управления аппаратурой радиолокатора) были только алгоритмы обмена ВМ-1 с ВМ-2 и ВМ-1 с Е-42. Программы имитации работы ВМ-1 и ВМ-2 он, совместно с алгоритмистами Золотаревым М.М., Фарбером В.Е. и Говориным В.А. проектировал «на колене», используя фрагменты алгоритмов ОБА-2.

Отладка групп программ шла медленнее. Входные параметры были определены, а вот оценка результата работы складывалась из следующих этапов:

- программист – вышли на запланированный останов;
- алгоритмист – цифры похожи.

Для групп программ «Обслуживание целей» входными параметрами были группы заявок на вид обслуживания очередного углового направления излучения и приема отраженного сигнала от цели радиолокатором. Выходом – бесперебойная работа устройства синхронизации (Е-46) работы аппаратуры станции. Дискретность выполнения команд абонентам (КАБ) – 1 мкс, диапазон – от 1 до 10000. Если время исполнения КАБа меньше, чем предыдущее, то Е-46 ждёт его, т.е. аппаратура в течение 0,1 сек не получает сигнала на запуск, и на передающем устройстве (Е-М20) срабатывает защита (Е-М20 работает с частотой 70 Гц). Для отладки нам была организована третья смена работы Е-46 – с 00:00 до 04:00. Работа шла трудно, не хватало информации для анализа причины сбоев Е-46. По предложению Золотарева М.М. я фиксировал в циклическом массиве данных в оперативной памяти ЭВМ, выдаваемые на Е-46 программы управления устройствами станции. Но без привязки к моменту сбоя это – «работа проделана большая, но…”. Григорьев предложил мне ввести дополнительный сигнал прерывания при отсутствии в течение 0,1 сек обмена с Е-46. В программу обработки прерываний ВМ-2 я добавил программу обработки дополнительного прерывания (10 команд). Диаграмма работы ВМ-2 изменилась, и комплекс развалился. Всё же опыт и талант Григорьева Ю.Н. (после окончания НГУ в 1968 году, программировал на ЭВМ 5Э92б в звании лейтенанта на полигоне, а с 1970 года работал в КБСП и с 1973 года возглавлял работы на ВМ-2) поборол ЭВМ. Он написал обработку дополнительного прерывания в 6 команд, и всё пошло.

К началу сентября комплексы программ ВМ-1 и ВМ-2 начали автономно отрабатываться в режиме имитации. В декабре начались стыковки ВМ-1 с ВМ-2 в режим имитации. Работа шла медленно. Сильно сказалось отсутствие полноценного этапа технического проектирования. Структура данных программ сигнальной и траекторной обработки (ВМ-1 и ВМ-2) были не согласованы. Не потому что Григорьев Ю.Н. и Деревянкин С.Б. не понимали, что это надо сделать, просто физически не хватило времени.

Моисеенко В.Н. контролировал состояние дел на полигоне. Балаш Б.А. регулярно по ЗАСу информировал его о ходе разработки программ и возникших бытовых проблемах. Начальник их оперативно решал (проблемы с 1-м отделом ГПТП – пришла шифрограмма; отсутствие собственного транспорта – появился УАЗ; сотрудник приехал в Приозерск, негде переночевать – арендованный номер в гостинице «Приморская» и т.д.).

Забота о сотрудниках. Например, я в ноябре 1973 года собираюсь в командировку (отправка сотрудников служебным транспортом от здания КБСП, для справки –

Академгородок в 40 километрах от Новосибирска, плюс до аэропорта, т.е. от дома – 3–3.5 часа, а от КБСП – 1 час и в комфорте). Перед отбытием прихожу к начальнику КБСП (для ведущих специалистов это обязательно), доложил о своем задании на командировку. Я был в обыкновенном зимнем пальто, для города совершенно нормально, несмотря на мороз под 40 и ветер. Но на полигоне, конечно, пока дойдешь до станции, выдует насквозь. Далее диалог:

Моисеенко – «А где шуба?» (под шубой подразумевалось меховое пальто – овчина, крытая плотной тканью, наши программисты КВП с 1971г. в них на полигоне ходили)

Я – «Какая?»

Далее всё было почти по Пушкину. Только в роли Гринёва выступал начальник КБСП, а в роли Пугачёва – я. Владимир Наумович открывает шкаф и достает свою шубу 56-го размера: «Носи!» (у меня в то время при росте 178 см – 48-ой размер). Я надел шубу поверх пальто и пошел. На полигоне я заворачивался в шубу и подвязывал её поясом. Иду, как в скафандре, никакой ветер меня не берет. В январе все сотрудники нашего отдела выезжали на полигон в шубах.

В марте закончили отладку ОБП-2 в режиме имитации.

С момента приезда на полигон мы работали в тесном контакте с военными программистами. Существовал 4-й отдел военных программистов (четыре лаборатории – программы РКЦ, РКИ, КВП и эксплуатации ЭВМ 5Э92б), которому мы должны были передать после окончания испытаний в совместную эксплуатацию ОБП-2. Начальником отдела был капитан Айрапетов. В основном в отделе были молодые капитаны – выпускники КВИРТУ. Начальником лаборатории РКЦ был капитан Головков Г.М.. У меня куратором был капитан Оргун В.А.. Он хорошо знал ЭВМ 5Э92б и с энтузиазмом разбирался с нашими алгоритмами. Во время боевой работы на всех устройствах командиром расчета был офицер, у нас на ВМ-2 им был Оргун.

Приемку этапа отработки ОБП-2 в режиме имитации осуществляла комиссия из представителей в/ч 06544, НИИРП и КБСП. Я с Золотаревым М.М. согласовал 6 замечаний по результатам проверки работы комплекса программ ВМ-2 (неравномерный темп обслуживания заявок по сопровождаемым целям и т.п., т.е. то, что надо сделать, но как, мы пока не знаем). Приходит Головков со своими замечаниями – 196 пунктов, у нас «шары на лоб». Начинаем их рассматривать, вот ведь дотошный, часть «отмели» – просто недоразумение, часть я пообещал в течение суток устранить (действительно, ночью все исправили и утром ему показали), но, тем не менее, 38 замечаний попали в протокол готовности ОБП-2 к этапу отработки с аппаратурой. Это меня здорово дисциплинировало, после отработки с аппаратурой от в/ч в протокол попало только 14 замечаний, касающихся документации на программу.

Но было разное. После совещания по результатам проведенной боевой работы (около 3 часов ночи) захожу в машзал. Группа обработки зафиксированной информации работает. Группа состоит из наших сотрудников и военных (информация секретная, бобины с магнитной лентой хранятся в военной секретке, получают их военные). Магнитофоны высотой более 2-х метров, для установки новой бобины необходимо с силой нажать на крышку зажима и одновременно повернуть ее вполоборота, снять предыдущую, поставить новую и проделать предыдущую операцию. От нас работают операторы – Сизова Ира и Спиридонова Лена (хрупкие девушки – по 19 лет), подставили стул к магнитофону (иначе не достают) и пытаются закрепить верхнюю бобину. У них это не получается. Я подхожу к сидящему за столом дежурного по смене подполковнику (рост под 190 см, вес все 100 кг) и у нас происходит следующий диалог:

Я – что, провинились чем-то девушки?

Он – нет, а в чем дело?

Я – ну, обычно, офицеры устанавливают бобины.

Он (с недоумением) – но я же старший инженер, а они лаборанты!!!

На этапе отработки ОБП-2 с аппаратурой я в очередной раз убедился в жизненности тезиса Григорьева Ю.Н.: «Как только ты начнёшь работать с устройством, оно тебе всё само

объяснит». Алгоритмы управления устройствами станции были нормальные, но, естественно, не учитывали все нюансы их работы. «Железо» на самом деле ввиду своей сложности имело каждое свой характер. Надо сказать, что разработчики устройств болели за общую работу станции и охотно шли на контакт с программистами. Не жалели времени на объяснение нюансов работы устройства, во время стыковок подсказывали, на что в первую очередь надо обратить внимание. С их подачи нами были разработаны программы оперативной фиксации информации в оперативной памяти ЭВМ, позволяющие по окончанию работы в течение 15 минут проводить качественный анализ её результатов.

Устройства станции я воспринимал, как любой математик, чисто абстрактно. Есть описание алгоритма, пишем программу, отлаживаем по контрольному варианту просчета, проводим отладку и выходим на аппаратуру. И дальше, в 90% случаев, мы с разработчиками аппаратуры уточняли нюансы нашего взаимодействия. Из чего она состоит, и физические принципы её работы я не всегда понимал, шутил, что, как течет электрический ток, в университете мы не проходили. На первой же стыковке с устройством силового привода антенны (Е-90) в машзал прибежал (не пришел, а прибежал) технический руководитель 10-го здания от НИИРП Соломин В.Б. и говорит, что мы посадили привод на «концевики». Я, естественно, не понял возникшей проблемы. Тогда Виктор Борисович пригласил нас на инженерный мостик внутри купола антенны и дал команду запустить программу контроля технического состояния устройства Е-90. Незабываемое впечатление: 1200 тонн металла вращается с переброcочной скоростью по азимуту от 0 градусов до 180, причем, приближаясь к горизонту, постепенно затормаживает, останавливается, а потом летит обратно. А посадка на «концевики» – это срабатывает автоматическая защита устройства Е-90 (сначала как у обыкновенного лифта, потом крепкие цепи) и один час на восстановление работоспособности устройства. Мы на две недели прервали работы по стыковке для повторной отладки в режиме имитации. После этого у нас антенна летала как ласточка.

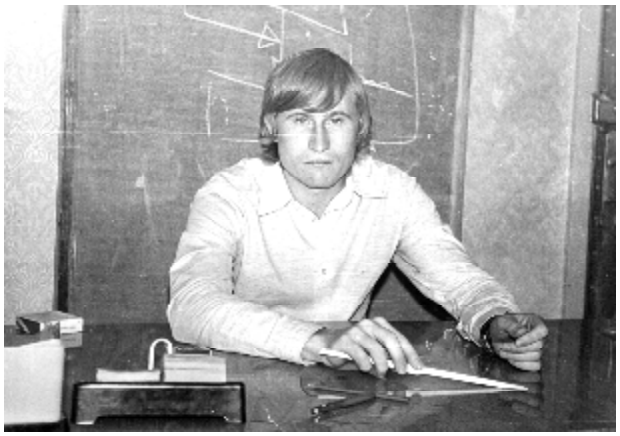
Испытания РКЦ 35ТА по реальным целям проводились в режиме автономной работы РКЦ. Полином движения цели вносился в исходные данные имитатора КВП. После старта ракеты вносилась поправка к времени привязки полинома, и ОБП-2 запускалась. Ограничение на количество сопровождаемых целей было искусственное – 10. В режиме имитации мы работали по 30, а с полным комплектом аппаратуры по сигналу с настроечной вышки Е-18 – 14, больше не позволяла производительность ЭВМ.

Четвертого ноября была проведена первая реальная работа по 5-элементной цели. Первый «блин комом», ничего не увидели. Но следующие работы прошли успешно, и в декабре был подписан акт о завершении конструкторских испытаний стрельбового комплекса «Аргунь».

Акт сопровождался планом устранения замечаний, выявленных в процессе испытаний, которые коллектив разработчиков станции должен был в 1975 году выполнить.

Общая программа комплекса «Аргунь»

В 1974 году приступили к стыковке с КВП, расположенным в соседнем, 39-м здании. К этому времени КВП закончил стыковки с центром контроля космического пространства, и после стыковки с РКЦ информация с комплекса «Аргунь» через КВП попадала в информационное поле ЦККП.



1971 год. Гаврилов Ю.А. перед отъездом на полигон

Коллектив программистов КВП лаборатории Гаврилова Ю.А. (Афанасьева Л.А., Калимуллин В.А., Киндалева Л.С., Кондратьев В.П., Полетаева О.П., Фомина Н.А. и др.) имел несравненно больший опыт работы (на полигоне с 1971 года), поэтому принципиальных трудностей по взаимодействию с КВП не возникало.

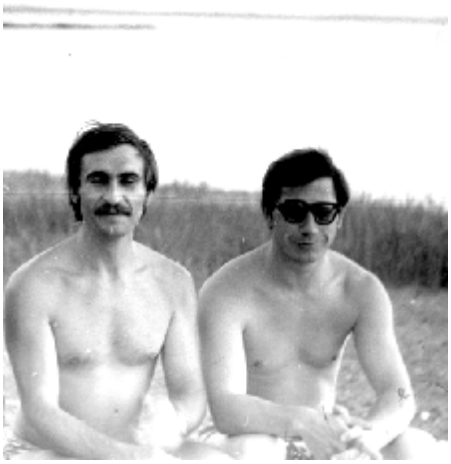
С учетом опыта стыковки ВМ-1 и ВМ-2 первым делом был уточнен протокол обмена с КВП и временная диаграмма работы. А дальше все было делом техники и времени. От НИИРП работой руководил Белоглазов В.В..

Во время этих работ возникла народная примета: если из местного магазина после работы Кондратьев В.П. несет сумку с банками зеленого горошка и майонеза, значит, приехал куратор КВП по линии ЦККП Шаров С.Г., и завтра с утра на стыковке по громкоговорящей связи с КВП будут слышны только девичьи голоса.

Кстати, гостиница наша находилась в 100 метрах от берега озера Балхаш, поэтому с весны до осени проблем с загаром и купанием не было.



Гаврилов Ю.А., Полетаева О.П., Афанасьев А.П.



Кукевич А.В. и Кондратьев В.П.

Золотарев М.М., Фарбер В.Е. и Говорин В.А. доработали алгоритм учета времени обработки сигнальной и траекторной информации при планировании работы станции. В результате в середине 1975 года темп обслуживания ИСЗ был 40 Гц, а по 10-ти элементной цели – 4 Гц по каждому сопровождаемому элементу. Больше не позволяла производительность ЭВМ 5Э92б.

В июне 1975 года Григорьев Ю.Н. сообщил мне, что работы на комплексе «Аргунь» для второй очереди развития системы А-35 закрыты, так как для второй очереди выбран радиолокатор «5Н20-2Н», а на базе «Аргуни» будет развертываться измерительный комплекс «Аргунь-И».

Работы по созданию программного обеспечения перспективных радиолокаторов поручили КБСП. И прозвучал клич: все на «Неман» – «Дон». А где взять опытных сотрудников? Вопрос риторический. Деревянкин С.Б., Минкин Я.С., Кулебакин В.Ф. и ещё часть сотрудников нашего 7-го отдела были переведены во вновь создаваемые отделы. В это же время началось «великое переселение народов» – КБСП переезжало из Академгородка (РСФСР) в г.Гомель (БССР), и часть ведущих сотрудников нашего отдела по семейным обстоятельствам остались в Сибири. Встал вопрос о кадрах. В 1974 году к нам поступили в отдел только три молодых специалиста из НГУ: Кукевич А.В., Энтина Р.В. и Аксенов А.И. Они активно включились в работу и после переезда в Гомель продолжали работать на полигоне.

Моисенко В.Н. решил эту проблему с присущей ему дальновидностью. Чтобы решать большие проблемы, надо иметь высококвалифицированные кадры. Поэтому он, заручившись поддержкой руководства Минрадиопрома, на момент распределения молодых сотрудников ведущих вузов СССР разослал представителей КБСП с полномочием подписывать договора с обязательством представления молодым специалистам жилья (женатым – в течение года, холостым – общежитие с перспективой получения жилья в течение 3-х лет). Под этим у него были все основания, так как при переезде в Гомель предприятие получило статус “вновь строящегося”. В результате в августе 1975 года в КБСП приступили к работе выпускники Московского государственного университета, Новосибирского электротехнического института, Горьковского государственного университета, Минского радиотехнического института, Белорусского государственного университета и др.

К нам в отдел поступили Пытлев О.И., Кривцов М.А., Ворожбит Л.И., Филюгин В.А., Кривцова Т.М., Себуров Н.Т., Тишков С.Я., Низамутдинова Т.Н., Винокурова А.А., Пантелеева Т.М., Пальчунов В.П. и др. Они подхватили эстафету старших товарищей и под руководством Григорьева Ю.Н. обеспечили в дальнейшие годы проведение работ измерительного комплекса «Аргунь-И» в интересах испытаний комплекса средств преодоления противоракетной обороны.

Немного истории

КБСП было организовано в 1969 году. Предприятие было структурной единицей ЦНПО «Вымпел» Министерства радиопромышленности. Основной задачей предприятия, кроме фундаментальных исследований и разработок в области системного программирования, была определена задача разработки программно-алгоритмического обеспечения создаваемых систем противоракетной обороны и контроля космического пространства. Успешная работа по разработке программно-алгоритмического обеспечения стрельбового комплекса «Аргунь» показала жизненность этого решения. К концу 1980 года в КБСП велись работы по новым темам: «Амур», «Дон», «Коралл», «Атолл» и «Волга». В то же время с нас не снимали обязанности по сопровождению ПАО «Аргунь-И», «Неман» и др.

Возникла проблема – сопровождение разработанного ПО велось вахтовым методом сотрудниками, работающими над новыми темами. Массовый приход холостых молодых специалистов, находящихся всё время в командировке на полигоне, привёл к возникновению семей, ну, и само собой, детей. В результате классные программисты ездили на полигон по очереди (кто-то должен был сидеть с ребенком). Моисеенко В.Н. создал на полигоне к этому времени мощную инфраструктуру обеспечения работ. Построена комфортабельная гостиница «Беларусь», гараж на три бокса, три автомашины на все случаи жизни (УАЗ, РАФИК и ПАЗ). Моисеенко принял решение создать полигонный отдел на постоянной основе, находящийся в г.Приозерск. Часть сотрудников в командировке, часть набирается на месте. В в/ч 03080 были жены офицеров, получившие образование в ведущих вузах СССР, но в военном городке они не могли найти работу по специальности математика. Так в КБСП появились отличные программисты: Шамрей А.К., Соболева В.И. и др. Лаборатории комплектовались в составе отделов, ведущих сопровождение ПО. Но, когда встал вопрос о

начальнике отдела, который должен возглавить эти работы, выяснилось, что его нет. В смысле кандидатуры есть, но никто не хотел уходить с перспективной тематики даже с повышением. Одному из первых эту работу Моисеенко В.Н. предложил мне, так как с 1975 по 1979 годы я был бессменным техническим руководителем работ КБСП на «Аргунь-И», кроме того, руководил работами на ГКВЦ системы А-35 по темам 5Д93 и 5Н26. Я в это время был начальником лаборатории в отделе Григорьева Ю.Н., который занимался корабельным радиолокатором «Атолл» и был ученым секретарем научно-технического совета КБСП. Вопрос завис.

«Руза»

В феврале 1981 г. решением ВПК была задана разработка первого в мире большого радиолокатора с фазированной антенной решеткой миллиметрового диапазона волн – «Руза». Главным конструктором назначен Толкачев А.А. (главный конструктор НИИРФ, главный конструктор «Аргунь-И»). Разработку программного обеспечения поручили КБСП. В апреле меня вызвал Моисеенко и еще раз предложил возглавить полигонный отдел, но уже с добавлением задачи разработки ПАО «Руза» и, по мере увеличения работ и подготовки смены, переход только на тематику Толкачева А.А.. Я принял предложение, но попросил усиливать отдел молодыми специалистами.

4 мая 1981 года вышел приказ об образовании отдела и назначении меня начальником (отдел менял названия, с 1984 года – отдел 32 в составе НИО-3 под руководством Гаврилова Ю.А.). Костяк лаборатории по «Рузе» составили сотрудники, прошедшие школу «Аргунь-И»: ведущие инженеры – Пытлев О.И., Кривцова Т.М., Кривцов М.А., старшие инженеры – Винокурова А.А. и Ворожбит Л.И..

Алгоритмисты «Рузы» – все старые знакомые с «Аргуни-И»: Золотарев М.М., Фарбер В.Е., Говорин В.А., Белоглазов В.В., Вейцель В.В., Ковалева З.П., Новикова Т.Н. и др. Добавились специалисты по изделию 99Ж6: Соловьев Г.К., Корелин В.А., Плотников В.В.. Вообще, перечисление «новых и старых» – это неблагодарное занятие. Потому что ещё есть специалисты, без которых станции бы не работали: Марков В.А., Ермилов М., Кирильчук Л.С., Красавин В.Н. и др.

К сентябрю 1983 года в отдел поступило порядка 20 молодых специалистов и переведенных из других отделов инженеров: Быковский О.В., Кузнецов С.Ю., Тимофеева С.Г., Гришкова Н.Л., Осмоловская Н.А., Глыбина Н.Н., Костюшкевич Л.С., Л.Г.Соболевская, Бардакова С.А., Андреюк Г.И., Стариков С.С., Половкова Л.В., Томашева Е.Б. и др., внесшие большой вклад в разработку ПАО «Рузы».

Но старшего звена не хватало, поэтому, принятые на работу в наш отдел ведущий инженер Брусиловский П.В. и к.т.н. Антонов И.А., позволили закрыть многие вопросы, возникшие при проектировании ПАО двухдиапазонного комплекса, в который вошли РЛС «Истра» и «Руза», а также КВП.

Срок технического проекта – декабрь 1983 года нами был выдержан.



Снова на полигоне. Пантелеев С.И., Афанасьева Т.Н. и Афанасьев А.П.

Функциональное программное обеспечение изделия «Руза» было представлено в виде общей программы, имеющей трехуровневую структуру:

– на первом уровне – комплексы программ, каждая из которых решает функциональные задачи, определенные техническим заданием на разработку комплекса программ;

– на втором уровне – группы программ, каждая из которых соответствует группе алгоритмов;

– на третьем уровне – частные программы (модули), которые решают частные функциональные задачи. На этом уровне не предусматривается полное совпадение частных программ и частных алгоритмов в связи с принятой декомпозицией функциональных задач, решаемых группами алгоритмов и частных алгоритмов, на частные функциональные задачи, программная реализация которых вкладывается в понятие программного модуля (ПМ).

Структурирование ФПО обеспечило:

– представление комплексов программ в виде иерархически организованной совокупности компонентов;

– обозримость и понятность каждого уровня иерархии, при которой каждый ПМ имеет один вход и выход;

– зависимость результатов работы ПМ только от входных данных;

– минимальность обмена данными между ПМ;

– наличие связей по управлению только на одном уровне иерархии.

Детализированное структурное построение ФПО 99Ж6 было определено с учетом следующих условий:

– автономности и законченности по смыслу задачи, решаемой каждым структурным элементом;

– возможности для каждого структурного элемента провести автономную проверку;

– возможности совершенствования отдельных структурных элементов без нарушения общей структуры.

Правила оформления каждого ПМ были унифицированы, примерный объем ПМ был определён в 100 – 700 команд.

Модульное проектирование и конструирование значительно облегчили взаимодействие внутри коллектива разработчиков. Дало возможность вести параллельно автономную отладку программ, а также обеспечило сопровождение и доработку программ, позволяя осуществить простую замену функциональных частей (соответствующих частным функциональным задачам) на другие функциональные части, совместимые по входной и

выходной информации. Последнее являлось одним из требований технических заданий на разработку комплексов программ.

В качестве вычислительных средств была выбрана СЦВМ Д890А производительностью 3 миллиона операций в секунду (разработка НИИДАР). По две ЭВМ на каждом из трех зданий.

27 декабря 1983 года научно-технический совет КБСП с представителями НИИРФ во главе с Главным конструктором радиолокатора «Руза» одобрили результаты технического проектирования ПАО «Руза». Наш отдел приступил к рабочему проектированию.



8 марта 1984 года, 38 площадка.
Сидят: Кривцов М.А., Пытлев О.И., Афанасьев А.П., Антонов И.А..
Стоят: Быковский О.В., Брусиловский П.В., Кузнецов С.Ю., Яцко Н.В.

В 1984 году я был официально назначен заместителем Главного конструктора радиолокатора «Руза» по программному обеспечению.

Перед нашим отделом стояла неразрешимая на тот момент задача (по человеческим ресурсам) – разработать ПО двух разных радиолокаторов и КВП к концу 1987 года. Для справки: два отдела КБСП (один с 1971 г., а второй с 1972 г.) полноценно обеспечили выход измерительного комплекса «Аргунь-И» (КВП и РЛС) на обеспечение испытаний КСП ПРО в 1975 году.

Почему по человеческим ресурсам, потому что:

- нас было мало;
- «фронтовой отдел».

Молодые специалисты, распределяемые в наш отдел, в основном (Стариков С.С. был исключением) были красивыми девушками (это чье-то заблуждение, что девушка-программист – «синий чулок»). Далее они попадали на полигон, а там молодые офицеры, холостые молодые специалисты из Москвы, Ленинграда, Алма-Аты и т.д. Поэтому я после собеседования с ними об их опыте работы в области программирования для определения, в какую лабораторию их направить, просил о двух вещах:

- за месяц предупредить о дате выхода замуж;

– при установке на учёт в женской консультации по поводу беременности ставить меня в известность.

Это принесло свои плоды. Девушка выходит замуж – ей сразу дублёр. Беременный специалист за три месяца передаёт свои программы новому молодому специалисту. И за всё время работы над ПАО «Руза» у нас не возникла проблема преемственности разработчиков программ. Я вел учет, как на фронте, списков «естественной убыли бойцов» и прибывающего пополнения. В 1989 году 18,9% списочного состава отдела находилось в декретном отпуске или по уходу за ребёнком.

После обсуждения на совещании в НИИРФ о плане работ по созданию ПАО «Руза», Толкачев А.А. согласился с Золотаревым М.М. и мной с предложением о создании на базе измерительного комплекса «Аргунь-И» макета ПО «Руза». Тут были два момента – готовность аппаратуры РЛС «Руза» и состояние ПО.

Мы с Золотаревым М.М. составили два плана разработки ПО. Один на год, второй до конца 1986 года. Выбрали ПМ, которые необходимо реализовать в первую очередь (это на год). А затем последовательность сборки и отладки КП для запуска измерительного комплекса «Аргунь - И» в объёме 1985 года.

Золотарев М.М. разработал новый алгоритм планирования работы радиолокаторов. Он использовал позиционное представление информации для сокращения времени на её обработку за счет исключения переборных операций, что существенно уменьшило логическую сложность ПМ. Его идея о размещении временных интервалов, занятых функционированием отдельных устройств РЛС 5Н24 и 99Ж6 (передатчики, приемники ФАР и др.), в виде последовательности дискретов времени фиксированной длительности на текущем интервале одна секунда (конвейер временных дискретов – КВД), позволило решить все проблемы оптимального использования ресурсов двух станций.

Проблема с кадрами постепенно решалась, приходили молодые специалисты:

- в 1984 году – Удодова В.И., Титова С.Т., Чуешков А.И. и др.;
- в 1985 году – Артюхов С.Ф., Гудойцев В.М., Фроленков А.М. и др.

Но их катастрофически не хватало. ПАО состояло из 15 комплексов программ. Использовались чисто организационные методы. Во-первых, мы «разбили» все ПАО на пять групп очередности разработки (с точностью до ПМ), т.е. на каждом этапе работы комплексы программ были в разном состоянии. Одни – первоочередные, выходили уже на отработку с аппаратурой, другие находились на стадии автономной отладки ПМ, что позволяло сразу включать в работу молодых специалистов. Во-вторых, по результатам разработки молодым специалистом ПМ принималось решение о его дальнейшей специализации. У одного больше склонности к вычислительным задачам (Тимофеева С.Г., Фроленков А.М. и др.), у другого – к организации вычислительного процесса (Артюхов С.Ф., Ветошкина В.Н. и др.), а третьему дай покопаться с аппаратурой (Гудойцев В.М., Иваровская З.В. и др.).

К концу 1986 года возник другой кадровый тупик. Групп очередности осталось три, но Пытлев О.И. и Брусиловский П.В. просто физически не успевали организовывать работу ввиду ее большого объема. Моисенко дал мне карт-бланш на приглашение в отдел опытных специалистов. Так в отделе были организованы ещё две лаборатории – 325 и 326 во главе с Кравцом А.П. и Минкиным Я.С., прошедшими школу «Аргуни» с момента рождения ее программного обеспечения.

К концу 1988 года комплекс «Аргунь» в штатном режиме работал по обнаружению и сопровождению космических объектов уже в течение полутора лет. ПАО «Руза» было отработано в режиме имитации в реальном времени. На РЛС «Руза» были завершены строительно-монтажные работы, и началась настройка аппаратуры.

Настройка аппаратуры требовала определенного времени. Обстановка была достаточно нервная, так как к концу года истекал срок выхода РЛС «Руза» на реальные работы. Параллельно с настройкой аппаратуры с помощью комплекса её контроля, разработанного нами, проводилась доработка ПАО «Руза» в свете выяснявшихся в процессе настройки аппаратуры особенностей её работы.

В конце августа 1989 года началась отработка ПАО с аппаратурой. Если бы мы начинали с нуля, то этот процесс должен был занять не менее года. Но первые же три недели работы показали, что мы шли по правильному пути.

1-го ноября вышли на первую работу по станции «Салют». 5Н24 провела её как обычно «от горизонта до горизонта», а на «Рузе» было получено только 5 замеров. 4-го ноября было проведено две работы по станции «Салют». На первой было сопровождение в течение 100 секунд, на второй – «от горизонта до горизонта». 1-го декабря РЛС «Руза» первый раз работала по калибровочному спутнику – 98 секунд сопровождения, а с 13 декабря все работы «от горизонта до горизонта».

Двухдиапазонный комплекс работает.

КБСП – 35 лет

7 мая 2004 года КБСП отмечало свое 35-летие. Несколько фотографий ветеранов «Аргуни».



Слева направо: Григорьев Ю.Н., Афанасьев А.П., пятый слева - Балаш Б.А.



Кондратьев В.П.



Деревянкин С.Б.



Мы еще поработаем

13. СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ – ОПЫТ КОНВЕРСИИ

После 1991-1993 г.г. государственные программы по новым вооружениям в Российской Федерации были практически прекращены. Поиски источников финансирования и приложения сил предприятия с его высококвалифицированными специалистами и передовыми технологиями встали необыкновенно остро. Начиная с середины девяностых годов (1995-1996 гг.), ОАО «Радиофизика» приступило к активному проведению работ по разработке и производству оборудования спутниковой связи и созданию сети авиационной фиксированной спутниковой связи для нужд организации воздушного движения (ОрВД) в Российской Федерации. Разработка систем современной радиосвязи оказалась тем направлением деятельности, где наш опыт создания радиолокационных систем позволил быстро добиться успехов и создать востребованную продукцию. Предприятие справилось как с новыми техническими задачами, так и с проблемой сохранения инфраструктуры и коллектива.

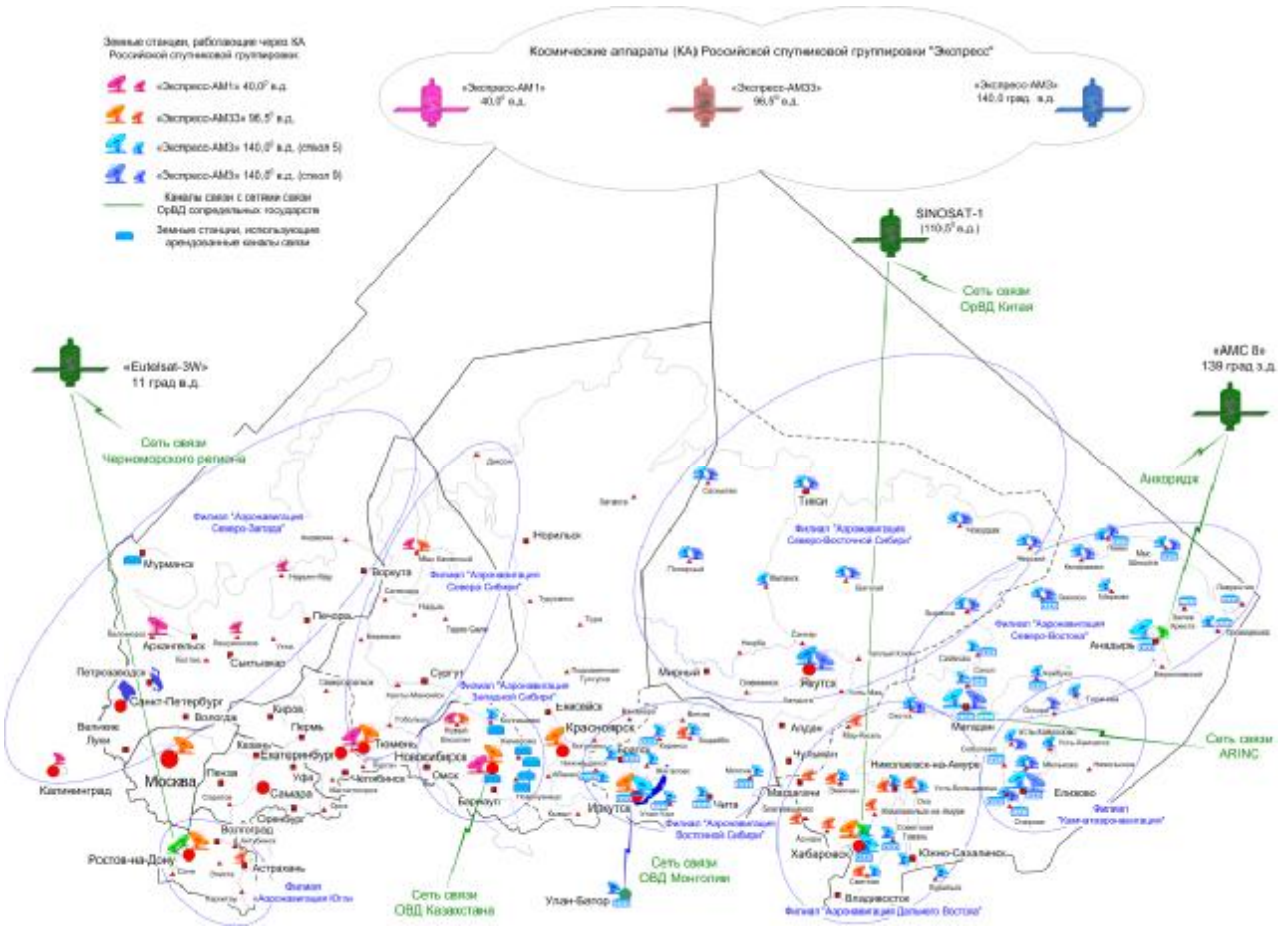
Козлов В.Н., Курикша В.А., Левитан Б.А.

К настоящему времени сеть авиационной фиксированной спутниковой связи (АФСС), созданная в результате работы ОАО «Радиофизика» по заказу «Государственной корпорации по организации воздушного движения в Российской Федерации», включает в свой состав более 120 станций спутниковой связи, являясь одной из самых крупных и современных в стране и продолжая активно развиваться.

Заказчик удовлетворен достигнутыми результатами по решению задачи перевода действующей системы информационного обмена на новый технологический уровень и заинтересован в продолжении и развитии совместных работ. Опыт создания и эксплуатации сети АФСС показал правильность заложенных технических решений, высокие эксплуатационные характеристики оборудования и эффективность использования созданной сети связи в интересах ОрВД.

С экономической стороны работа также оказалась весьма результативной. В конце девяностых годов и в первом десятилетии нового века объем средств, приносимых по направлению создания систем и оборудования спутниковой связи, составлял до тридцати – сорока процентов от общего валового объема предприятия и продолжает играть важную роль в его текущем бюджете.

Создание сети АФСС начиналось фактически «с нуля». ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» понимало острую необходимость внедрения спутниковых технологий для обеспечения своей текущей деятельности и модернизации организации воздушного движения в России. Авиационная электросвязь является одной из важнейших составляющих организации и планирования воздушного движения. Современные (и ещё в большей степени перспективные) технологии ОрВД требуют тесного взаимодействия большого количества технологических объектов и служб аэронавигации. В значительном числе случаев эти объекты расположены в труднодоступных населенных пунктах со слаборазвитой инфраструктурой связи. В первую очередь это касается районов Севера, Северо-Востока и Дальнего Востока России, где значение авиации в транспортной системе трудно переоценить. В то же время указанные районы привлекают большой интерес зарубежных авиакомпаний из-за возможности выгодного использования воздушного пространства при полетах из Северной Америки и Европы в страны Юго-Восточной Азии, Австралию, Японию.



Сеть авиационной фиксированной спутниковой связи ОрВД

В последнее время в России ведется наращивание телекоммуникационных мощностей связной наземной инфраструктуры ЕС ОрВД в крупных городах и на магистральных направлениях. Вместе с тем процесс совершенствования периферийной сети идет медленно, а в некоторых регионах фактически стоит на месте. Количество и качество каналов связи недостаточно, а имеющиеся обеспечивают низкую скорость передачи информации. Поскольку функционирование современной системы ОрВД характеризуется большими потоками передаваемых данных и количеством речевых каналов, с жесткими требованиями по качеству и надежности связи, реализация системы связи единой системы ОрВД требует использования систем спутниковой связи.

Начало практического решения стоящих перед аэронавигационной отраслью задач по развертыванию сети авиационной спутниковой связи было инициировано и поддержано руководителями региональных аэронавигационных предприятий Лесниченко Н.И. (заместителем директора «Аэронавигации Дальнего Востока»), Либовым В.М. (директором «Аэронавигации Северо-Востока», в настоящее время директором по реализации федеральных целевых программ ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»). Эти руководители приступили к созданию сетей спутниковой связи в своих предприятиях (обеспечивающих организацию воздушного движения на огромных территориях), проявив высокую техническую грамотность, настойчивость и решительность, необходимые для решения задач нового технического уровня.

В развертывании и проведении работ по производству оборудования спутниковой связи и созданию сети АФСС в ОАО «Радиофизика» активное участие приняли Курикша В.А., Левитан Б.А., а также Пузанков А.Ф. и Ярмола В.В. В настоящее время работы проводятся под руководством НИО 8, возглавляемым Козловым В.Н.



Курикша В.А.



Козлов В.Н.



Пузанков А.Ф.



Ярмола В.В.

Современные спутниковые технологии позволяют организовать любые виды радиосвязи (телефония, передача данных, управление) с необходимыми надежностью и качеством при требуемой скорости передачи информации и независимо от расстояния между объектами единой системы ОрВД. Кроме того, в силу особенностей, присущих этому виду связи, появляются возможности реализации развития сети путем оперативного добавления новых направлений связи, наращивания пропускной способности существующих направлений, реконфигурации сети, работы технических средств в необслуживаемом режиме, меньших капитальных и эксплуатационных затрат, лучшей защиты от несанкционированного доступа.

В настоящее время ОАО «Радиофизика» продолжает работы по развертыванию и вводу в эксплуатацию технологических сетей связи большинства региональных филиалов ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»: «Аэронавигации Дальнего Востока», «Аэронавигации Северо-Востока», «Камчатаэронавигации», «Аэронавигации Восточной Сибири», «Аэронавигации Севера Сибири», «Аэронавигации Северного Урала», «Аэронавигации Северо-Запада», «Аэронавигация Юга». В рамках развития транспортной сети установлены земные станции спутниковой связи в Хабаровском, Якутском, Иркутском, Красноярском и Новосибирском центрах ОрВД.

В Генеральной дирекции в Москве наряду с Центральной земной станцией транспортной сети в режиме круглосуточной работы находится разработанный в ОАО «Радиофизика» Центр мониторинга и контроля сети связи, обеспечивающий полномасштабные возможности управления работой всех технических средств и сети в целом, разработанный в ОАО «Радиофизика».

Сеть АФСС применяется и для организации взаимодействия смежных центров ОрВД России и сопредельных государств. Реализованы и активно используются каналы информационного обмена с диспетчерским центром ОрВД в Анкоридже (США), сетями АФСС Китая, стран Черноморского региона, Монголии, Казахстана.

14. РАБОТА И БЫТ НА ПОЛИГОНАХ

Работа и быт на полигонах это особая и увлекательная тема. Конечно, это прежде всего работа. Увлекательная, полная мелких повседневных неудач и успехов и редких, но больших, успехов и свершений. Именно они наполняли смыслом тяжёлый каждодневный труд, наполняли гордостью за свой коллектив, своё техническое средство, свою великую страну.

Быт был своеобразен. Иногда формировались чисто мужские коллективы с довольно спартанскими установками, иногда смешанные с более высокими требованиями к комфорту, но всегда в них было что-то трогательно первобытное - ваш быт, условия вашей жизни зависят только от вас, как сможете, так и будете жить, никто за вас ничего не сделает. Слетало всё наносное, рафинированные интеллигенты вдруг оказывались грязнулями или в них проявлялась крестьянская бережливость и расчётливость. Словом жизнь упрощалась и показывала, кто есть кто.

Были и развлечения, охота и рыбалка, очень щедрые в полудикой неосвоенной полупустыне, но это для немногих, романтические увлечения оголодавших без женской ласки мужчин и, наконец, застолья с обязательной выпивкой. Технического спирта было много, а устрашающие надписи «яд» мало принимались во внимание, впрочем, в последние годы появились чудесные местные сухие вина, им тоже уделялось внимание.

А вот как соотносились работа и развлечения, зависело от серьёзности решаемых задач, руководства и традиций коллектива. Представляется, что там, где не было серьёзных задач, где люди ехали только за длинным рублём, коллектив не складывался, народ спивался, и, наоборот, там, где ставились осмысленные технические задачи, там формировались сильные, сплочённые коллективы.

14.1. ЭПИЗОДЫ ИЗ ЖИЗНИ КОНСТРУКТОРОВ НА ОБЪЕКТАХ МОНТАЖА РАДИОЛОКАТОРОВ

Жучков В.Д.

В 1966 году я поступил на работу в КБРП инженером-конструктором 3 категории. Значительную часть времени мне пришлось работать на объектах монтажа больших стационарных РЛС. При монтаже возникали порой нестандартные ситуации, о которых я расскажу ниже.

ЗГРЛС в г.Николаеве

В 1970 г. я был направлен на передающую позицию на объект заниматься сборкой и монтажом передающего тракта.

Длина передающего полотна была равна 200 м, высота – 110 м. Порядок сборки и монтажа тракта был определён «Порядком проведения работ» (ППР), которое разработало монтажное управление МУ-21, но вскоре мы поняли, что, если действовать по ППР, мы затратим много времени и не уложимся в график. Я предложил другой вариант сборки и монтажа: собрать тракт частями на земле, а потом поднимать их на проектную высоту. Ответственный представитель нашего КБ на объекте Ворошилин В.М. поддержал мое предложение. Заканчивали мы работу перед октябрьскими праздниками. И вот в этот последний день с нами произошел курьезный случай.

После окончания работы станция вышла в эфир, и Ворошилин в честь этого события выделил нам остатки спирта, чтобы отметить окончание работы. Мы втроем в конце рабочего дня пошли в гости к бригадиру монтажников, который жил здесь же рядом со

станцией в городке Радиоцентра, где он мне по моей просьбе заранее купил 10 литров столового вина в плетеной бутылке. Отметив это событие практически на голодный желудок, работали мы в тот день без обеда. Мы решили идти домой и, выйдя из городка, пошли в сторону Николаевского шоссе, чтобы на попутной машине добраться до г. Николаева, где мы жили на частной квартире. Шел снег с дождем, и тут нам повезло: нас уже поздно вечером подобрала машина ГАЗ-69, на которой ехали Бубнов и Ворошилин со станции. Подбирая нас по дороге, Ворошилин смеясь, говорил Бубнову «что это его работа». Всю дорогу до Николаева мы пели песни в машине, но я все-таки успел подписать акты на списание слесарно-монтажного инструмента, который я взял с предприятия для монтажа.. В городе, у гостиницы «Украина», мы вышли из машины вместе с Червяковым И.М. и понесли сетку с 10-литровой бутылью вина. У самого видного места при входе в гостиницу около автобусной остановки я споткнулся о бордюр, бутыль наша упала и разбилась, и все вино вылилось на остановке. Так вот печально закончился тот вечер. На другой день мы уже поездом возвращались в Москву.

ЗГРЛС в г.Чернигове

В 1973 я был привлечён к подготовительным работам по созданию эскизного варианта ППР по монтажу изделия в Чернигове. АФУ этой ЗГРЛС по конструкции аналогично изделия в Николаеве, только на каждой позиции добавилось еще по одному полотну.

Учитывая приобретенный опыт монтажа АФУ в Николаеве, были разработаны организационно-технические решения по ускоренному монтажу. В обсуждении этих рекомендаций участвовали Ворошилин В.Н., Белов А.И., Глезерман Е.Г., Жучков В.Д., Петросов В.В. и др.

Суть этих решений следующая. Раньше монтаж опорных высотных металлоконструкций и технологического оборудования проводился последовательно. Вначале монтировались башни опорного сооружения с помощью башенного крана, а затем начинался монтаж АФУ. Был предложен и разработан способ параллельного монтажа технологического оборудования АФУ одновременно с монтажом опорных конструкций.

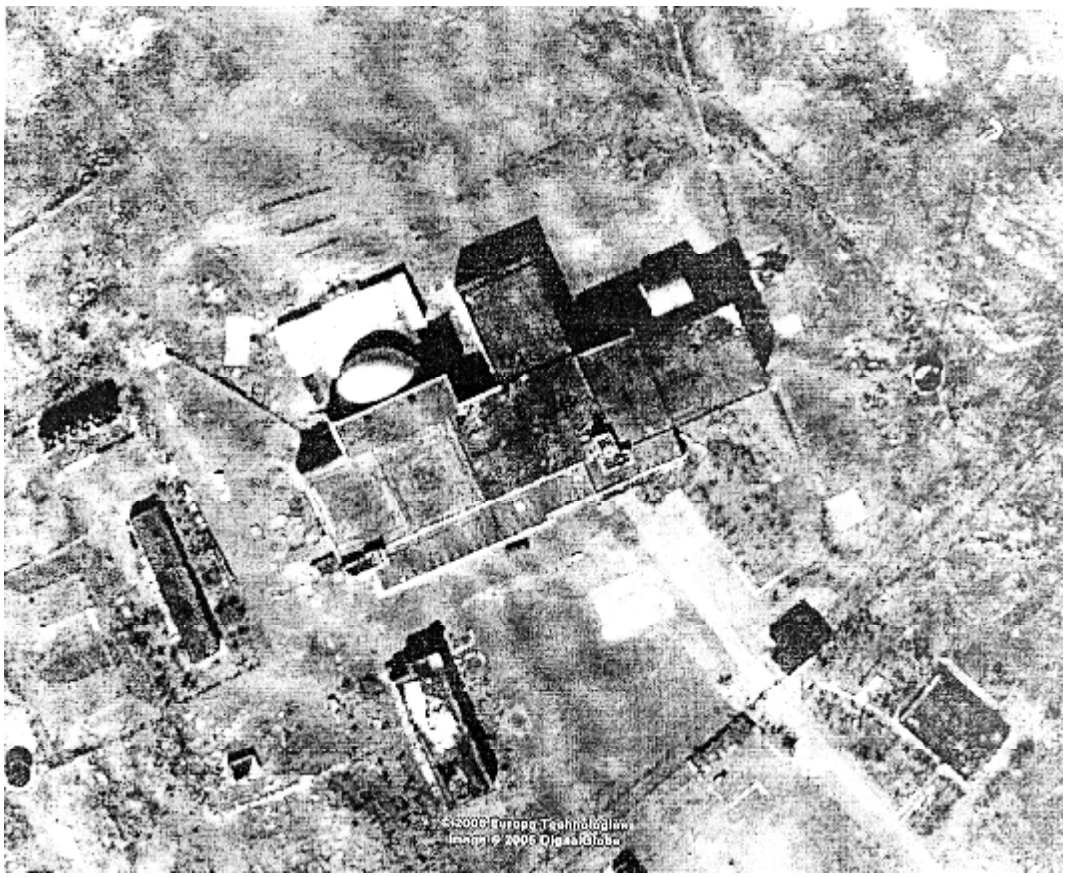
Эти были предварительно обсуждены в Москве в присутствии нашей военной приемки. Это позволило в дальнейшем успешно выполнить большой объем работ по сборке и монтажу изделий.

И все это удалось в значительной степени благодаря усилиям Ворошилина В.М., который одновременно курировал приемную и передающую позиции. Он был человеком огромной работоспособности и больших организаторских способностей.

Неман-П. Полигон Сары-Шаган

В 1975г. я был направлен на полигон Сары-Шаган ответственным представителем предприятия по монтажу АФУ РЛС «Неман-П». Жена моя, Жучкова Валентина Николаевна, работала тогда конструктором, и мы с женой и дочкой Жучковой О.В. поехали на полигон, где дочь моя пошла в 1-й класс в г.Приозерске.

К сожалению, такой предварительной подготовки в Москве как по ЗГРЛС не было, а таких РЛС как «Неман» мы ранее не разрабатывали.



РЛС «Неман». Современное состояние. Снимок из космоса

Чтобы успешно решать вопросы монтажа, необходимо было иметь хорошую хозяйственную базу, так как в период с 1975 по 1978 гг. ожидался большой наплыв наших сотрудников и смежников. Многое в хозяйстве нуждалось в срочном ремонте, переделке и реконструкции. Мне, как ответственному представителю, пришлось практически «хозспособом» по моей инициативе «хлебнуть полной ложкой» это возрождение при активной помощи Бубнова Г.Г., Климашевского В.А., Белова А.И., Росса И.Н. В результате проведённых работ были отремонтированы и реконструированы гостиница и все другие хозяйственные помещения. Решение всех этих хозяйственных вопросов позволило нам успешно справиться с основным объемом монтажных работ на объекте.

Самым трудным оказался монтаж приемной позиции из-за его сложности и необычности. Нестандартные ситуации возникли у нас и при монтаже радиопрозрачного укрытия, а также мачты для измерения характеристик передающей решётки.

Монтаж радиопрозрачного укрытия

Согласно ППР сборка и монтаж укрытия должны проходить на высоте 10 м от земли в пристройке. Нужно было построить стапель сборки наверху и подавать наверх панели для дальнейшей сборки и склейки. На все это ушло бы много времени, и небезопасно для рабочих выполнять эти высотные работы.

Учитывая все это, мы пошли на изменения ППР. Мы построили стапель сборки на земле и там же, внизу, стали монтировать панели. После сборки РПУ в стапеле мы все вместе стали поднимать краном СКГ-30 на проектную высоту. При повороте стрелы в сторону здания нам не хватило вылета стрелы, и крановщик стал потихоньку отпускать стрелу, приближая при этом стапель к стене. Когда оставалось 200-300 мм до стены, центр тяжести всей системы перешел критическую точку, и правая гусеница (дальняя от здания) оторвалась от земли, и кран стал потихоньку наклоняться с грузом в сторону здания. В итоге

стрела крана могла бы рухнуть на стапель и разбить все укрытие. Бригадир поговорил с крановщиком, сказал ему, на сколько от земли оторвалась правая гусеница (кран стоял на одной левой гусенице), и назад подавать стрелу было опасно, в момент, когда кран встанет на правую гусеницу, произойдет рывок, стапель может пойти в обратную сторону, упереться в стрелу и опрокинуть кран в противоположную сторону от здания со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Учитывая все это, мы пошли на риск, и крановщик еще чуть ниже опустил стрелу и тут же опустил груз. В это мгновение кран пошел в обратную сторону. Рывка стрелы, которая пошла обратно, удалось избежать, так как вес стапеля был большим, и он удержал мачту и не сдвинулся с места. Вот так закончился этот рискованный подъем. К чести представителя Главного конструктора, он не стал поднимать шумиху.

Вообще мне с этим укрытием не везло. Однажды перед началом сборки РПУ в воскресенье произошел неприятный и смешной случай. Панели укрытия лежали в пяти больших ящиках. Начальник бригады Щуренков В.А. должен был с утра проверить все панели перед сборкой на влажность спецприбором. Проверив все панели, он, чтобы быстрее все закончить и уйти на рыбалку, поместил все панели без прокладок в четыре ящика и закрыл их крышками, а пятый ящик остался вдалеке открытым. В пять часов дня я возвращался на объект из Приозерска и решил посмотреть, как идет эта работа. Когда я пришел на площадку, то обнаружил, что четыре ящика закрыты, а пятый ящик стоял пустой, и рядом на земле лежала крышка от него. У меня возникло подозрение, что несколько панелей украли, а из них, например, можно сделать крышу для гаража. Две штуки 3 × 3 м – и крыша готова, да мало ли еще куда их можно применить по хозяйству. Объект не охранялся, и из степи можно заехать на объект прямо на площадку. Чтобы не терять время, я поехал в Приозерск в милицию и в прокуратуру и предупредил их об этом. Дежурный в милиции сразу передал на все посты, ориентировку на груз, чтобы проверяли все машины. Потом мы с милицией приехали на объект, где я с ящиками был сфотографирован. И дело, таким образом, завертелось. Вечером я сообщил в Москву Бубнову, он меня выслушал и попросил определить, каких конкретно панелей не хватает, чтобы заказать их вновь.

В одиннадцать часов вечера вернулся с рыбалки Щуренков. Я все ему об этом и рассказал, а он мне признался, что торопился и поленился положить панели в 5-й ящик, и все поместил в четыре ящика. Мы тут же ночью поехали на объект, вскрыли все ящики и пересчитали панели – все оказалось на месте. Я тут же ночью позвонил в Москву Бубнову и все ему рассказал. А дело в милиции и в прокуратуре уже завертелось. На утро я поехал в милицию в Приозерск и все им рассказал, и, чтобы загладить свою вину за эту ложную тревогу, я им дал две бутылки спирта на приобретение запчастей к служебной машине. Далее я предупредил прокуратуру, что тревога оказалась ложной, и извинился.

Случай с мачтой «УНЖА»

Для измерения характеристик передающей решетки на объекте использовался измерительный комплекс «Пилот», руководил всеми этими измерениями как на земле, так и в воздухе с самолета, начальник отдела Лурье Я.Г.

В степи перед передающей позицией должна быть установлена мачта «УНЖА» с подвижным измерительным рупором. В землю вокруг мачты с четырех сторон в два ряда должны заворачиваться якоря-штопоры с ручными лебедками для растяжки троса. А грунт в том месте под мачтой был сплошной гранит, и якоря не заворачивались.

Мы нашли выход: сварили восемь штук плоских с зубьями рам 2 × 2 м из швеллера №10, закрепили в центре ручные лебедки, а с двух сторон положили на каждую раму по шесть железобетонных блоков размером 300 × 500 × 2000. Таким образом, мы вышли из положения и запустили измерительное устройство в срок.

В конце монтажа вышки возникла опасная ситуация. Вышку собрали примерно к обеду, а расчаливать ее тросами должны были монтажники после обеда. Монтажники уехали

на обед в Приозерск, и я тоже поехал в город по своим делам. Часа через полтора кто-то с объекта меня встретил и сказал, что к обеду со стороны степи налетел штормовой ветер и загнул металлическую кровлю на крыше нашего здания. Я тут же вспомнил о мачте и поехал на объект, думая, что моя мачта тоже могла рухнуть. Приехав на объект, я с облегчением увидел, что мачта устояла даже с ненатянутыми тросами.

Монтаж приемной позиции

С монтажом приемной позиции было все намного сложнее, так как устройств, входящих в приемную позицию, было в два с лишним раза больше, чем на передающей позиции.

Некоторые устройства, такие как линза диэлектрическая диаметром 7,5 м, гидродомкраты и ряд других были очень сложны для монтажа.

С тем, чтобы избежать переделок, я силами монтажников выполнил геодезическую привязку посадочных мест под основные устройства вместо военных строителей и подписал после этого приемосдаточный акт с военными строителями.

Самая большая трудность была с монтажом трех больших гидродомкратов, которые должны были держать вес на себе около 600 тонн и при этом, с учётом изменений температуры, производить гидроразгрузку и корректировку вертикальности осей домкрата, с тем, чтобы положение двух линз, стоящих на них, оставалось постоянным. Опорная часть домкратов была выполнена в виде свободноплавающей подушки. Для гидроразгрузки домкрата подавалось масло под давлением 350 атмосфер. Масляная пленка отрывала домкрат от опорных поверхностей, и подушка при этом могла вращаться от руки, вставая в свое первоначальное положение с характерным стуком.

Если при сборке домкратов на поверхности попадет маленькая ниточка или песчинка, то притертые поверхности мгновенно задерутся, и масляная пленка не приподнимет домкрат. А кругом степь, песок, пыль, все собиралось на открытом воздухе. Пришлось выгораживать брезентом место сборки и обеспечивать предельно возможную чистоту. Но самая большая трудность была в том, что домкраты на объект поступили, а гидроприводы изготовлены не были. Их должен был изготавливать московский завод «Красная Пресня». Без сборки домкратов невозможно было продолжать все последующие работы. .

Я предложил изготовить упрощённый ручной гидропривод. Мы приобрели на каждый домкрат по два ручных авиационных насоса, которые обеспечивали давление Р=350атм, но с меньшей скоростью истечения масла. Далее изготовили самодельный бак, фильтр из тонкой сетки, манометры. В итоге получился ручной гидропривод, и установили домкрат на общую раму. Таким путём нам удалось обеспечить гидроразгрузку и смонтировать три домкрата. Таким образом, нам удалось сэкономить 450 тыс. руб., и остановили производство домкратов на заводе «Красная Пресня». Были выпущены чертежи упрощенного ручного гидропривода и их изготовили в цехе КБРП и смонтировали на объекте. Разработчики штатных приводов из ЦНИИПСК были приглашены на объект, им продемонстрировали работу упрощенных гидроприводов, и они вынуждены были согласиться с нашим вариантом. Монтаж гидродомкратов позволил нам не срывать сроки по монтажу последующих изделий.

Но самое большое впечатление у меня от сборки двух больших диэлектрических линз, которая проводилась силами представителей СКТБ «Луч» г.Сызрань. Ответственным представителем у них был Рудометов В.М. После того, как мы смонтировали внутренний экран и наружный экран, было смонтировано мягкое радиопрозрачное укрытие с поддувом воздуха. Прежде чем подать воздух необходимо смонтировать мягкую герметизированную перегородку под экраном между металлоконструкциями и землей.

Чертежей на тот момент на объекте не было. Пришлось срочно создавать на объекте мягкую конструкцию из брезента и утепления, смонтировать всё по месту, а потом выпускать документацию по выполненной работе. Подав тепло и воздух, Сызрань приступила к работам по сборке двух линз. Это была удивительно четко организованная

работа. Помещение было разграничено, на полу указаны краской зоны прохода, ограничительные леерные перила на стойках, определены места для ОТК и военной приемки, установлены геодезические приборы для точной сборки линз. Все было организовано и действовало неукоснительно. Был ограничен доступ в помещение для посторонних лиц, не связанных с этими работами. Но тут произошел непредвиденный инцидент. В очередной свой приезд из Москвы на объект Главный конструктор Бурлаков Ю.Г. решил посмотреть как идут работы по сборке линз. Подойдя со своими помощниками к тамбуру, он не был пропущен часовым. Произошел скандал, и окружение Бурлакова свалило все на меня. Потом на оперативке много было сказано в мой адрес нехороших слов с требованием покинуть объект, на что я ответил, что, как только Бубнов даст мне эту команду, то я тут же уеду в Москву. Правда, когда Бурлаков разобрался во всем, он поговорил со мной об этом случае и извинился, ибо виноват был его ответственный представитель. А у автора этих воспоминаний родились стихи:

Балхашские пародии

Второй уж год идет монтаж
В далеком казахстанском крае.
Плетется он, как старый мул,
По горным тропам Гималаев.
И чтобы стройку оживить
Мы создавали кучу планов,
Но все потуги тщетны были,
Наш «Неман» взяли и прикрыли.
И снова «наверху» борьба,
Все свои темы вверх толкают.
И вот однажды снова нас
Теперь уже на «Дон» бросают.
На «Доне» там большая жизнь
Должна бы сразу закружиться,
Но, странно, вижу я во сне
И эта стройка чуть теплится.
Все также нету чертежей
И не хватает материалов.
И наш Михайлов в том же духе
Срывает графики и слухи.
О, бедная Россия, что станет с тобой,
Если снова кинутся «Неман» с «Доном» в бой.
Пустят тебя по миру эти «господа»,
Будешь жить ты в бедности, как та сирота.

Система «Пилот»

Для проведения наземных и летных испытаний «Немана-П» была предусмотрена система «Пилот». Этот измерительный комплекс состоял из двух частей.

Первая часть – наземный комплекс, который располагался рядом с приемной позицией. Аппаратура размещалась в контейнере на автомобильном шасси и соединялась с технологическим зданием трактами и кабельными линиями, которые были уложены в специальный коллектор.

Вторая часть – аппаратура, устанавливалась на специально оборудованный самолет.

Руководил измерениями Лурье Я.Г.

Для размещения наземной аппаратуры «Пилота» на территории объекта было необходимо построить железобетонный коллектор длиной около 50 метров.

И тут возникла очередная внештатная ситуация

Железобетонных изделий для строительства коллектора не было и, в связи с этим, срывался срок выхода в эфир измерительного комплекса «Пилот».

Я предложил сделать коллектор из стальных уголков с последующим заполнением его кирпичной кладкой. Срочно выпустили эскизную документацию и построили комбинированный коллектор. В итоге выиграли время, и график не сорвали. Все остальное работало в системе «Пилот» хорошо и не нуждалось в дополнительной помощи.

Но однажды мне все-таки пришлось поволноваться из-за «Пилота». К нам в Приозерск на железнодорожную станцию прибыли три радиодальномерные станции (РДС) на шасси автомобиля ГАЗ-66. В тот момент у меня было только два водителя, забрать их нужно было быстро и сразу три, так требовало начальство. Третьего шофера я не смог найти в тот момент. Тогда я решил сам сесть за руль, хотя водил я автомобиль всего один месяц самостоятельно по любительским правам, которые я получил в ГАИ Приозерска, и соответствующей категории в правах у меня не было. Мне показали, где переключаются скорости (где-то сбоку и сзади), и я медленно поехал первым в колонне, чтобы остальные водители меня подстраховывали от посторонних машин. И тут, как назло, меня останавливает инспектор ГАИ, а если он спросит документы, то начнутся неприятности. Но, к моему счастью, он всего лишь попросил меня его подвезти до развилки на Приозерск. Свою медленную езду я объяснил ему, что машины новые с завода и неизвестно, что там с движками. Высадив инспектора у развилки, мы дальше доехали благополучно.

Пожар в межэтажном пространстве в технологическом здании

И все-таки без небольшого пожара у нас на объекте не обошлось. При прокладке технологического кабеля на третий этаж монтажнику для проведения сварочных работ не обеспечили ни огнетушителя, ни ведра с водой. Перед самым обедом он приварил закладные элементы для крепления кабелей, идущих в шкаф снизу. Во время сварки искры летели вниз в подэтажное пространство, где было много других кабелей, а сквозь кабельные гермовводы в стене проходил воздух, он и раздул огонь. После сварки сварщик не проверил внизу, куда падали капли от сварочной дуги и ушел на обед, а через 10-15 минут, как раз во время обеда, загорелись кабели, и дым и копоть от огня вывели из строя этот шкаф. Сотрудники, которые работали в этом зале, схватили огнетушители, чтобы погасить в самом начале, когда еще пошел только первый дым, но огнетушители оказались в нерабочем состоянии, побежали на второй этаж за новым огнетушителем.

В общем, когда потушили, то шкаф уже вышел из строя, все в/ч разъемы и клеммные коробки были в копоти. Бубнов помог тогда довольно быстро решить этот вопрос. В итоге, нашему предприятию удалось быстро изготовить новый шкаф, а по времени монтажа мы шли с опережением сроков и смонтировали его, и сроки работ этого устройства мы не сорвали.

Вспоминая сегодня все эти события, я понимаю, что Бубнов был по отношению к нам, его подчиненным, очень терпеливым и великодушным. Другой бы на его месте наказал бы нас за такие дела, но все обошлось, и в дальнейшем он никогда не вспоминал и не напоминал нам об этом случае, да и о других тоже, в этом я убедился сам.

Меня всегда поражала его высокая работоспособность и обязательность во всех вопросах, с которыми мне приходилось к нему обращаться по телефону в Москву почти еженедельно, а то и чаще. Обычно, прежде чем начать очередной разговор по телефону, Бубнов сам напоминал мне о предыдущих вопросах мною заданных, которые он должен был решить, а уже потом обсуждал со мной новые вопросы и записывал неотложные. Он сам

очень много времени проводил в командировках на всех наших объектах по всей стране. И очень уставал, это мы видели, а когда мы ему задавали вопрос, почему он не посылает на объекты своих помощников, он говорил, что если приедет кто-то на объект, он с вами тут переругается, а мне потом надо все налаживать.

Бубнов Г.Г. по своей природе был очень порядочным человеком. Я вспоминаю такой случай, когда он один раз за три года отругал меня на аэродроме. Дело было так. Улетая в очередной раз в Москву, я сопровождал Бубнова Г.Г. на аэродром до самолета. Перед самой посадкой его в самолет я попытался передать ему большого сазана, завернутого в газету и обвязанного шпагатом. Как только он это увидел, он меня здорово отругал за это и просил впредь этого больше не делать. А вот тюльпаны перед майскими праздниками я привозил в Москву и раздавал, начиная с охранниц на турникете, и своим сотрудницам и знакомым, и делать это мне было очень приятно.

А с этими тюльпанами случилась со мной одна история. Однажды зимой, сразу после нового 1977 года, на перекомандировке я пришел в 143 поликлинику к зубному врачу. Фамилия её была Кожаткина. Мне понравилось, как она заботливо, ласково и нежно обращалась со мной на приеме, пока делала мне пломбу. Меня очень тронуло и поразило такое доброе отношение ко мне, незнакомому человеку, я долго вспоминал об этом. И вот весной, возвращаясь в Москву, как всегда с тюльпанами, я вспомнил о зубном докторе из 143 поликлиники и решил ей к 1Мая преподнести тюльпаны, в Москве таких тогда не было. Пока я летел до Москвы целых 6 часов, я сочинил ей целое стихотворение. Приехав в Москву, я пошел в 143 медсанчасть, но доктора я не увидел. Она была на совещании у главврача, и я передал её медсестре цветы и открытку со стихами и улетел после праздника назад на Балхаш.

Где-то в 1979г. я уже работал в Москве, однажды в переполненном автобусе на остановке при выходе из него меня кто-то тронул за руку, и женский голос сказал мне вдогонку: «Спасибо Вам за цветы и стихи». Это была она. Вот иногда случается…

Доктор Кожаткина, милая женщина,
С доброй улыбкой встречает больных.
С нежностью матери нас исцеляет,
Следить за здоровьем нам всем помогает.
Сколько бы ни было нас на приеме
Всех принимает, не дрогнув, она.
Вечно в работе и вечно в заботах
Гордо по жизни проходит она.
Нежно и мягко с лукавой улыбкой
Быстро снимает возникшую боль.
И пришедшее облегчение
Ты в душе уносишь с собой.
Пусть же судьба её будет счастливой,
Пусть она долго по жизни идёт.
И одаряет своей добротою
Всех, кто по жизни с ней рядом пройдет.

Радиолокатор «Крона»

В 1983г. я перешел в конструкторское НИО в качестве ведущего конструктора. В это время отдел занимался выпуском конструкторской документации на антенные устройства радиолокатора «Крона».

В «Кроне» было заложено автоматическое пожаротушение. Мною совместно с сотрудниками ГПИ «Спецавтоматика» была проделана большая работа по разработке

документации на систему автоматического пожаротушения. Перед выпуском документации в Прибалтике (г.Валмиера) всю необходимую аппаратуру я доставил на предприятие в 1984 году.

К сожалению, участвовать в монтаже этого устройства на объекте мне не пришлось.

В 1985 г. я был назначен начальником опытно-конструкторского сектора антенного НИО. В 2000 г. переведён на должность ведущего конструктора, кем и работаю по настоящее время.

14.2. КОМАНДИРОВКА НА СЕВЕР

Рувинский В.И.

Летом 1963 г. я в составе группы из 6 человек – дипломников радиотехнического факультета МАИ, был распределен на антенное предприятие – СКБ-38, недавно созданное и только что переехавшее в Тушино из Фили. Молодой коллектив – большое количество выпускников МФТИ и МГУ, отсутствие забора вокруг территории предприятия, авиационный ангар, в котором все мы располагались, Химкинское водохранилище, на берегу которого после обеда можно было обнаружить многих сотрудников, волейбольная площадка на территории, которая редко пустовала во второй половине дня – все это и многое другое поражало своей необычностью и непохожестью на то, что мы предполагали увидеть на оборонном «почтовом ящике».

После защиты дипломов и присвоения звания радиоинженеров в феврале 1964 мы года влились в этот чрезвычайно перспективный, интересный и сплоченный коллектив, несомненным лидером которого являлся молодой, энергичный, одаренный «от бога» организатор и первый директор предприятия – Бубнов Г.Г.

Лаборатория, которую возглавлял Колобов В.А., и в которой мне довелось долгие годы работать, занималась разработкой, настройкой и испытаниями различных типов антенных устройств, в том числе и логопериодических антенн. В период 1970 – 1973 гг. нами была разработана логопериодическая антенна (ЛПА) метрового диапазона волн – 10-50 метров, в конструкторском отделе был выпущен комплект чертежей, а на Гомельском радиозаводе (ГРЗ) ЛПА была изготовлена. Антенна успешно прошла приемо-сдаточные испытания и была сдана заказчику.

В конце 1973 г. руководство предприятия сообщило нам, что где-то через полгода необходимо готовиться к поездке на остров Хейса (Земля Франца-Иосифа) для монтажа и настройки разработанной ЛПА с целью последующего проведения исследований условия распространения радиоволн метрового диапазона на трассе Земля Франца-Иосифа – Москва, которые должны будут проводить специалисты института Арктики и Антарктики (ИАА), г. Ленинград.

К середине мая 1974 г. мы вылетели рейсом Москва-Норильск. Мы – это 3 человека от нашего предприятия: я, конструктор Лыков Е.М. и геодезист Зибров Е.В., а также трое рабочих из ГРЗ. Предполагалось, что на всю работу с перелетом туда и обратно уйдет один месяц, и уже к середине июня мы вернемся домой. Но как говорится – «человек предполагает, а Бог располагает». Проблемы начались с самого начала.

По метеоусловиям аэропорт Норильска нас не принял, и мы приземлились в Хатанге. Через сутки мы все же попали в Норильск. Далее надо было перегрузить ящики с оборудованием на ИЛ-14 и вылететь на остров Диксон. Это удалось сделать только дня через 3-4 (аэропорт Диксона был закрыт). На Диксоне зима была в полном разгаре – сугробы по 1,5 – 2 метра. От домика к домику проложены деревянные настилы с натянутыми веревками вдоль них. Все довольно необычно. И, кроме того, рассказы полярников, живущих вместе с нами в бараке-гостинице, о нападениях белых медведей на людей, делали наше ожидание вылета на остров Хейса несколько волнительным, если не сказать больше.



«Хозяин» Севера наносит «визит вежливости»

В течение недели мы отправили двумя рейсами с помощью «борта» полярной авиации ЛИ-2 наш груз и только затем числа 22–23 мая вылетели сами. Летели около двух часов, под нами сплошная белая пустыня Северного Ледовитого океана, мысли в голову приходили самые разные. Но вот самолет пошел на посадку, и мы увидели крыши каких-то домиков и встречающих нас людей. Мы приземлились. Наконец-то, после 2-х недель вылета из Москвы мы на месте: – Земля Франца-Иосифа, остров Хейса, арктическая научно-исследовательская обсерватория (АНИО) им. Э.Т. Кренкеля (радист СП-1).

После дня встреч, знакомств с полярниками, а их на острове находилось довольно много – человек 50-60, начались трудовые дни. А эти будни могли продолжаться хоть все 24 часа, так как мы попали туда в период полярного дня – постоянно светло и не всегда понятно, какое время суток в настоящее время – день или ночь, утро или вечер.

Для того чтобы можно было выспаться, окна в домиках занавешивали плотными одеялами. Домики представляли собой небольшие деревянные бараки комнат на 6-8. Тепло поддерживалось с помощью котельной, имеющейся на острове. Во время нашего прилета снег доходил, практически, до крыш домиков, по крайней мере, все окна снаружи были закрыты снегом. Это создавало определенное удобство с охлаждением любых сосудов с жидкостью – открываешь форточку и сосуд прямо в снег. Необходимо, однако, отметить, что у полярников существовал «сухой» закон, спиртное со склада выдавалось только к праздникам и другим памятным дням. В остальное время – получить ничего нельзя.

В обсерватории проводились исследования геомагнитного поля Земли, постоянно запускались зонды, систематически стартовали геофизические ракеты.



Лыков Е.М. и Рувинский В.И. рядом с корпусом геофизической ракеты

Имелась довольно приличная научная лаборатория с набором аппаратуры, позволяющей собирать статистические данные о прохождении радиосигналов от радиостанций, находящихся в различных городах и странах, практически по всему миру. Радиостанция обсерватории постоянно поддерживала связь с ИАА, штабом северных морских перевозок (г.Мурманск), с морскими судами, оказавшимися в близлежащей акватории океана. Столовая называлась не иначе, как «камбуз» и была открыта круглые сутки. В перерывах между завтраком, обедом и ужином там всегда можно было найти горячий чай, компот, хлеб, сухари и тому подобное, имелась баня, которая топилась 1-2 раза в неделю. Запасов угля и питания примерно на 2 года, но каждый год они пополнялись.

Итак, мы приступили к работе. Необходимо было вначале выбрать и разметить площадку монтажа, причем так, чтобы после установки антенны главный лепесток ее диаграммы направленности (биссектриса угла между полотнами ЛПА) был направлен на Москву. Такую площадку удалось найти, однако расстояние от входа антенны до лабораторного домика, где предполагалось разместить приемную аппаратуру, составило при этом более 100 метров. Так как никакой другой подходящей площадки обнаружить не удалось, пришлось остановиться на этой. Ввиду того, что в составе антенны не было коаксиального кабеля такой длины, да и вообще его нельзя было использовать из-за больших потерь при такой длине, пришлось спроектировать 2-х проводную 300-омную линию из имеющегося на острове провода. Еще одна проблема заключалась в точном ($\pm 5^{o}$) наведении ЛПА на Москву. По компасу и другим магнитным приборам это сделать было нельзя, так как, по заверению геодезистов, вблизи Северного полюса направление с помощью таких приборов определяется с большой ошибкой. А по карте звездного неба, которая имелась у

Зиброва Е.В., было трудно уточнить направление, так как в период разметки площадки небо было постоянно затянуто облаками. Где-то около недели понадобилось на окончательную привязку установки ЛПА на выбранной площадке.

Третья проблема заключалась в скальном грунте, который собственно и представлял собой остров. Дело в том, что необходимо было установить 10 якорей с лебедками для оттяжек, удерживающих вышки (высота 34 м) и входную часть антенны, а в скальном грунте это можно было сделать только с помощью специального оборудования. Еще недели полторы-две ушло на то, чтобы специалисты «Диксон-строя», находящиеся на острове и имевшие такое оборудование, смогли помочь установить якоря. После этого примерно за 2 недели мы смогли под руководством Лыкова Е.М. завершить монтаж ЛПА и протянуть 2-х проводную линию к лабораторному домику.



Рувинский В.И. и Зибров Е.В. заканчивают монтаж ЛПА. На заднем фоне – жилые домики полярников

Проверка согласования на входе ЛПА и на входе 2-х проводной линии дала вполне удовлетворительные результаты, и мы с чувством выполненного долга передали антенну специалистам ИАА. Им понадобилось еще около 1-2 недель на то, чтобы синхронизировать с учетом времени распространения радиоволн из Москвы до острова Хейса кварцевые часы, одни из которых управляли включением передатчика под Москвой, а другие включением приемника на остров Хейса. В общем, где-то к числу 5-8 июля мы полностью закончили свою работу и готовы были вылететь домой.



Рувинский В.И., Лыков Е.М. и Зибров Е.В. около ЛПА после завершения работ

Но не тут-то было. Ледовый аэродром на остров Хейса растаял – температура к этому времени была что-то около плюс 3-5^{o} С, самолеты полярной авиации больше сюда не приземлялись. И, несмотря на наши радиограммы во все мыслимые и немыслимые инстанции с просьбой помочь нашему возвращению с острова при помощи различных судов и кораблей, проходящих вблизи Земли Франца-Иосифа, мы еще почти 1,5 месяца находились там, помогая работе персонала обсерватории и выполняя различные повседневные работы (дежурили на камбузе, топили баню и др.). Наконец числа 20 августа к нам подошел довольно известный в ту пору дизель-электроход ледокольного типа «Обь», который производил смену части полярников на островах Земли Франца-Иосифа. На нем мы 26 августа пришли в Мурманск, обогнув почти всю Землю Франца-Иосифа, и 28 августа поездом прибыли в Москву.

Около 4-х месяцев мы находились в довольно необычном месте и в необычных условиях. В течение этого периода было конечно все, однако человеческая память сохраняет только приятные, запоминающиеся моменты, что, в частности, сохранилось и у меня. А может быть это и потому, что мы были молодые.

И последнее. Учитывая, что мы были на острове, расположенном в Северном Ледовитом океане, согласно действующим в то время нормативным документам нам должны были выплатить зарплату за период командировки с коэффициентом 1,5, то есть почти 6 окладов. Но мои приятные ожидания увидеть на руках такую сумму денег были омрачены «суровой» действительностью, когда выяснилось, что мою зарплату сотрудники нашей лаборатории исправно получали и передавали жене. Вот так-так! Это был, пожалуй, последний эпизод, связанный с окончанием моей командировки на остров Хейса, который остается до сих пор в памяти и вызывает улыбку и ностальгические воспоминания.

14.3. ЗАВОДСКИЕ ИСПЫТАНИЯ РЛС «ИСТРА» 1973-1974 ГОДА И ДРУГИЕ СОБЫТИЯ

Белоглазов В.В.

Конструкторские испытания РЛС «Истра» в составе комплекса «Аргунь» должны были подтвердить соответствие полученных технических характеристик радиолокатора основным тактико-техническим требованиям. Была создана совместно с Заказчиком Программа испытаний, пункты программы были распределены по рабочим группам, был разработан план-график проведения работ и т.д., и т.п.

Моей рабочей группе досталось закрывать много вопросов, из которых особенно важными были вопросы проверки на соответствия требованиям ошибок измерения координат, в том числе быстроменяющихся ошибок (БМО) измерения дальности и угловых координат. Ошибки измерений должны были рассчитываться по специальным методикам по результатам работ по реальным объектам (головной части парной баллистической цели) с использованием зафиксированной на магнитных носителях информации Программное обеспечение расчетов разрабатывалось военными программистами в/ч 03080, но к сроку не было готово в связи с переводом всех программ комплекса обработки данных (КОД) на новые вычислительные машины (5Э92б вместо 5Э92). По этим вопросам мне часто приходилось ездить с 51-й площадки на 40-ю, и тогда я в первый и последний раз в жизни увидел лампового монстра – ЭВМ 5Э92. Эта машина ещё работала и обсчитывала какие-то старые задачи, но дни её были сочтены. Огромные лампы, на которых, похоже, можно было кипятить чайники или кастрюли, так они были раскалены. Магнитные барабаны были в половину моего роста и громко ревели. Так или иначе, программ обработки нашей радиолокационной информации ещё не было, а испытания уже были на носу.

Толкачёв принимает решение. «Будем сдавать ошибки по упрощенным методикам, которые разработаем в срочном порядке и согласуем с вами» – заявил он военным. Военные вынуждены были согласиться, поскольку сорвать по своей вине испытания они не хотели.

Методики разработали быстро, согласовали. Особенно запомнилась мне сдача БМО измерения дальности. Зафиксированную на магнитных барабанах (МБ) информацию выводили на так называемую «быструю» печать (БП). «БП»-шки бойко стрекотали, выводя километры узкой бумажной ленты с колонкой цифр. Группа анализа информации была просто обвешана этими рулонами, как пулемётными лентами.

С углами было всё просто. Антенна отслеживала угловые целеуказания по теоретическому полиному движения ГЧ, снималась динамика, поэтому нарисовать единичные измерения угловых координат (в биконической системе) на миллиметровке и оценить их статистические характеристики было несложно. Но по дальности была жуткая динамика. Необходимо было выловить единицы метров при скорости движения цели в несколько километров в секунду. Теоретический полином не хотел упорно ложиться на измерения. Необходимо напомнить, что считали тогда только на логарифмических линейках и на громогласных «Рейнметаллах», но последних было мало, да и ломались они…

Тогда просто провели между двумя далёкими (несколько десятков секунд) замерами дальности ГЧ прямую линию и относительно неё просчитали разностную ошибку. Это сейчас на ПЭВМ эта задача считается быстро, а тогда этот расчёт нескольких тысяч замеров стоил бессонных ночей. Полученные расчёты наносились на миллиметровку нашими лаборантками Надей Никаноровой, Валей Птюшкиной, Верочкой Якушевой. Получилась огромная «простыня» из миллиметровки. Вручную на глазок провели две линии, ограничивающие разностную ошибку, и по трем сигмам получили очень хороший результат, соответствующий требованиям ТУ на станцию. Протоколы были успешно подписаны, а вот гигантские миллиметровки вследствие трудностей с сохранением из-за своих размеров были утрачены.

Научно-техническая конференция в в/ч 03080

Где-то в году 1972 проводилась очередная НТК (если не изменяет память, то десятая) в г.Приозёрске. Понаехало много высокого начальства, в числе прочих был начальник главного управления МО Байдуков Г.Ф. Да и докладов, и соответственно, докладчиков, было предостаточно. Поэтому работа конференции проводилась по нескольким секциям, заседания которых проходили, естественно, одновременно. У меня был доклад совместно с моим начальником лаборатории Анатолием Васильевичем Комаровым по вопросам калибровки приёмных трактов моноимпульсных РЛС при малых значениях отношения сигнал/шум.

А за некоторое время до этого майор Саша Дубовец защитил в в/ч 03080 кандидатскую диссертацию на тему что-то вроде «Использование космических источников радиоизлучения для юстировки радиотехнических средств стрельбовых комплексов». Естественно желание местных командиров показать приезжему московскому начальству, что у них научная работа стоит на надлежащей высоте. Да и плакаты у Саши, оставшиеся еще после защиты, были действительно прекрасно нарисованы. Поэтому доклад Дубовца откладывали, дожидаясь, когда большое начальство возжелает посетить какую-либо секцию. И вот случай представился: большая толпа начальников во главе с Байдуковым заявилась на нашу секцию. «Пиджаков», то есть нас, гражданских, и младших офицеров быстро и организованно пересадили на задние ряды аудитории, освободив места для высоких чинов, текущий чей-то доклад быстро закруглили, Сашины большие и красивые плакаты моментально развесили. Саша начал доклад. Доклад шёл великолепно, тем более, что у докладчика была свежа недавняя защита кандидатской диссертации, да и предмет доклада был достаточно интересен. Однако в конце доклада он допустил непростительную вольность, так скажем, отсебятину. В заключении он посетовал, что, к сожалению, эти передовые, да к тому же и дешевые методы юстировки радиотехнических средств слабо внедряются. Вдруг раздался тяжёлый удар кулака по столу, и зычный голос грозно вопросил:

– «Кто мешает?»

Все растерялись, Саша побледнел.

– «Кто мешает внедрять эти методы? – уже гремел начальник.

Свита первая пришла в себя и стала пытаться его успокоить. Да не тут-то было. Он непременно хотел узнать, кто мешает и требовал назвать виновных. Вконец растерявшийся Дубовец выдавил из себя несколько фамилий. Негодованию начальника не было предела. Продолжая громко браниться, в сопровождении своей многочисленной свиты он покинул помещение. Начальники Дубовца при этом бросали на несчастного Сашу выразительные взгляды.

Я встретился с ним после этой истории через несколько месяцев. По его словам, наказание за этот проступок напоминало изощрённую пытку, когда вроде и не бьют на смерть, но постоянно колют иголкой в чувствительные места.

«Дубовец!» – останавливает его какой-нибудь начальник. – «Как там идут дела с внедрением современных методов? Плохо? Поэтому срочно надо выполнить следующее» и давал Саше какое-нибудь завалящее задание.

В конце концов, Дубовец перевёлся по службе в Москву, здесь эта история уже позабылась и не доставляла ему приятностей.

Любительская радиостанция

С этим Дубовцом постоянно случались разные истории. Вот ещё одна, которая произошла в конце 60 годов.

В комнату гостиницы (длинное одноэтажное здание) , где жил Саша, с работы он принёс генератор стандартных сигналов (ГСС). Кроме того, у него был в комнате магнитофон. Телевизоров на площадке тогда ещё не было, а в каждой гостиничной комнате

стоял радиоприёмник. Саша подключил выход магнитофона к входу разъёма внешней модуляции ГСС, настроил генератор на диапазон длинных волн, а к выходному разъёму в качестве антенны подсоединил кусок провода – получилась маломощная радиостанция.

Магнитофон работал, передавая в эфир модные мелодии. Саша прошёлся по гостиничным номерам, как бы невзначай настроил приемники на эту музыку (кто же не захочет послушать хорошую музыку!). А в конце записи голосом Левитана было передано сообщение ТАСС о том, что в Советском Союзе произведён запуск пилотируемого космического корабля на Луну с экипажем из трёх человек. И далее «Левитан» назвал фамилии космонавтов. Ими оказались:

командир лунного корабля – командир полигона;
бортинженер корабля – заместитель командира полигона по НИР;
инженер-исследователь – заместитель командира полигона по политработе.

Что началось на площадке! Стали звонить в г.Приозёрск. Сообщили им радостную новость и заодно удивились, почему там никто ничего не знает. На 40-й даже и не заподозрили розыгрыша, а стали звонить в Москву в Главное управление (своим московским начальникам) с целью выяснения подробностей этой героической «лунной эпопеи». Москва оказалась более прагматичной.

Приехала комиссия, Следствие было коротким, да и Саша не скрывал своей проделки и сознался в «преступлении» сразу. В наказание его лишили очередного звания. Правда, я не уверен, что приговор был выполнен.

14.4. КАК Я ПОМОГАЛ ДЖАНИБЕКОВУ

Гаврилов Ю.А.

Утром 9 июня 1985 года я стоял по колено в воде озера Балхаш с удочкой в руке, ожидая, когда на берегу будет готов шашлык, но смотрел не на поплавок, а с одобрением наблюдал, как ко мне, осторожно ступая по дну озера, приближается ответственный представитель НИИРП на площадке 38 Георгий Владимирович Попхадзе со стаканом очень приличного коньяка.

Настроение было приподнятое. Вчера космический корабль «СоюзТ-13» с космонавтами Джанибековым В.А. и Савиных В.П. успешно состыковался с орбитальной станцией (ОС) «Салют-7». Ну а мне было более чем приятно сознавать и свою личную причастность к данному большому успеху советской космонавтики.

Гораздо позже в воспоминаниях разработчиков системы контроля космического пространства (СККП) это событие описывалось достаточно коротко: «В 1985 году СККП выполнила важнейшую для отечественной космической программы работу – с заданной точностью рассчитала целеуказание на вывод в окрестность аварийной орбитальной станции «Салют-7» космического корабля (КК) «СоюзТ-13». В результате командир КК «СоюзТ-13» космонавт Джанибеков В.А. обнаружил ОС в указанном районе звездного неба и успешно провел стыковку КК и ОС в ручном режиме».

Действительно, в начале 1985 года вследствие выхода из строя аппаратуры орбитальной станции «Салют-7» были потеряны связь с Землей и возможность ее штатной стыковки с космическими кораблями. Оставалась единственная возможность спасения неуклонно теряющей высоту станции – обеспечить наведение космического корабля на станцию с Земли.

Для этого, прежде всего, необходимо было иметь такое радиолокационное средство, которое было бы способно наблюдать одновременно и с необходимой точностью космический корабль, и орбитальную станцию на расстояниях между ними в несколько сотен километров. Таким радиолокационным средством тогда был только радиолокационный комплекс «Аргунь-И», программное обеспечение управления которого разрабатывали программисты Конструкторского бюро системного программирования (КБСП), г.Гомель, в том числе и я.

Кроме того, необходимо было обеспечить расчет и передачу в реальном времени от этого радиолокационного средства в ЦУП целеуказаний космическому кораблю в системе координат корабль–станция на вывод корабля в непосредственную окрестность орбитальной станции для последующего визуального обнаружения космонавтами станции с использованием лазерного дальномера космического корабля и стыковки со станцией в ручном режиме. А вот этого комплекс «Аргунь» не умел делать. И, как всегда, это надо было сделать в аварийные сроки.

События развивались так.

В первых числах апреля 1985 года меня, тогда начальника НИО КБСП, вызвал директор КБСП Моисеенко В.Н., и у нас с ним произошел вот такой душевный разговор:

– Как дела-то в целом и в частности? – спросил директор.

– В целом хороши, а в частности, видно будет, – осторожно ответил я.

– Какие у тебя планы на ближайшее время? – спросил он.

– Мои планы, как и всего народа, это планы партии, – совсем насторожился я.

– Грамотно излагаешь, – сказал директор, – тогда слушай.

– Вот только что звонил Сычев В.В. (заместитель генерального директора ЦНПО «Вымпел»), – продолжил он, – и сказал, что станция «Салют-7» поломалась, мертвая совсем, и если космонавты полетят к ней стыковаться, так издалека и не увидят ее, где она там в космосе, автоответчики станции не работают.

– Да уж, беда, – искренне посочувствовал я космонавтам.

– Так вот Сычев с подачи Толкачева (Главный конструктор «Аргуни») сказал, что только ты, Гаврилов, как основной в прошлом разработчик программ командно-вычислительного пункта “Аргуни”, сумеешь и успеешь к запуску корабля с космонавтами разработать новое программное обеспечение командно-вычислительного пункта (КВП) «Аргуни», которое позволит навести космический корабль на станцию с Земли с использованием радиолокатора «Аргунь».

– Круто, – подумал я, –очень круто и очень почетно, –а сам спросил:

– Ближе к осени, видимо, запуск космонавтов-то намечен?

– Как же, захотел чего, к осени, через два месяца запуск будет, – сказал директор.

– Это совершенно нереально успеть все сделать, тем более я давно с этими программами не работал и вообще пока сам не представляю объем работ, – поплакался я, как всегда.

– Планы партии – планы народа, – напомнил мне директор.

– Верно, совсем забыл от волнения, ну, так я поехал в Казахстан разбираться на месте с масштабом беды, – сказал я директору.

– Езжай, и без победы не приезжай.

Вдохновленный напутствием директора, через пару дней я убыл в г.Приозерск, Казахстан, по традиционному маршруту: из Гомеля до Москвы на поезде, из Москвы до Приозерска на самолете, весь путь занял двое суток.

В самолете из Москвы, как и в тот раз, мне частенько доводилось летать с алгоритмистом НИИРП В.Е.Фарбером, человека большого научного таланта и большой выдержки в полетах:

– Юрий Александрович, – всегда он говорил мне вскоре после взлета, – вторая облачность пробита, уже можно и расслабиться, однако.

– Согласен, – отвечал я ему, – давай расслабляться.

Такими задушевными беседами мы и скрашивали четырехчасовые перелеты.

В Приозерске меня уже встречали представители нашего предприятия, в бюро пропусков быстро оформили необходимые документы на право нахождения на этом полигоне, и к вечеру дня прилета из Москвы я уже был на площадке 38, где и располагался комплекс «Аргунь-И».

Надо заметить, что активную работу по разработке программ КВП я завершил еще в 1980 году, переключившись на новую работу.

Правда, в феврале 1983 года мне довелось также в авральном режиме производить доработку программ в связи с необходимостью спрогнозировать поточнее район предстоящего падения ИСЗ «Космос-1402», который, как известно, прекратил свое существование над водами Атлантики вблизи берегов Аргентины. Прогноз «Аргуни» за несколько витков до падения ИСЗ тогда был – окрестности Ленинграда, то есть ошибка, к счастью для Ленинграда, составила четверть витка, спутник продержался в атмосфере дольше, чем нами прогнозировалось. Неплохая, кстати, точность прогноза в пределах земного шара и нескольких остававшихся витков полета спутника. Причина такой относительной неточности прогноза, как потом выяснилось, была в необходимости постоянного уточнения баллистического коэффициента объекта на последних витках существования спутника ввиду его естественного разрушения в нижних слоях атмосферы.



Трушин В.А.

Масштаб доработок и переработок программ для решения задачи стыковки космонавтов определился в первые же часы беседы с Главным конструктором Толкачевым А.А. и специально приглашенным для этого на объект замечательным алгоритмистом НИИРП Трушиным В.А.. И этот масштаб предстоящей работы не вызывал у меня особого

оптимизма в конечном успехе в оставшиеся сроки – пуск космонавтов уже был намечен на 6 июня, а сама попытка стыковки – на 8 июня 1985 года.

Конечной целью доработок программ было сформировать целеуказания космическому кораблю о местонахождении орбитальной станции в очень специфической системе координат корабль–станция в тот период, когда комплекс «Аргунь» наблюдал бы одновременно и корабль, и станцию в момент их одновременного пролета над радиолокационным комплексом и обеспечить выдачу этих целеуказаний с КВП комплекса «Аргунь» на ЦУП в режиме реального времени.

Эти целеуказания должны были быть при этом достаточно сглаженными, чтобы обеспечить космонавтам возможность наблюдения посредством лазерного дальномера, выводиться они должны были на экран устройства отображения КВП и затем оператором голосом передаваться на ЦУП, а ЦУП, в свою очередь, ретранслировать эти целеуказания на космический корабль.

В общем, предстоящий объем доработок программ оценивался мной, как потом и оказалось, в несколько тысяч команд со сложными формульными решениями по формированию целеуказаний, по их фильтрации, а также с коренной переработкой системы отображения информации. Надо заметить, что языком программирования на используемой в комплексе «Аргунь-И» ЭВМ 5Э92б был автокод, а система команд ЭВМ базировалась на представлении чисел с фиксированной запятой, то есть разработка программ велась практически в мнемокодах с необходимостью ручного масштабирования при вычислениях. Очень трудоемкое тогда было программирование.

Вместе с тем мне стало ясно, что в принципе вполне можно успеть к намеченным срокам, если сильно захотеть. А захотелось очень даже сильно все сделать. Вот только на возможные ошибки самого программирования уже не было бы времени. Не было времени и на привлечение помощников.

И еще было одно осложняющее обстоятельство, сокращающее для меня время на проведение данных работ. В любом случае я не смог бы, приехав тогда на объект, находиться там до момента запуска космонавтов, напряженно перерабатывая программы. Близился май, и это означало, что я был обязан традиционно перебросить двоих своих малолетних дочек по окончании учебного года из Гомеля в Новосибирск к их бабушке, то есть моей теще, на ее дачу на первые летние месяцы. Об этом ни ЦУП, ни начальство всех уровней не подозревало, но я это знал и обязан был проделать. Тем самым моя работа автоматически разбилась на два этапа – в апреле и мае.

В период первой командировки в апреле в течение двух недель я разработал макет дорабатываемой программы, который обеспечивал общую схему формирования целеуказаний с упрощенными формулами и скупым отображением информации.

К 1 мая я вернулся в Гомель, отпросился, чтобы в школе забрать детей за две недели до окончания учебного года, в десятых числах мая забросил их на самолете в Новосибирск и тут же вылетел из Новосибирска в Караганду и далее в Приозерск. К 15 мая я приступил к реализации второго полного этапа доработок, которые полностью завершил к концу мая. То есть успел.

Активную техническую поддержку по этой работе на КВП оказал программист КБСП Быковский О.В., на РЛС – программист КБСП Афанасьев А.П.. Все это время и алгоритмисты НИИРП Белоглазов В.В., Вейцель В.В., Золотарев М.М., Трушин В.А., Фарбер В.Е. во главе с Главным конструктором Толкачевым А.А. и я, программист КБСП, тесно взаимодействовали с ответственным представителем ЦУП Чайкиной Л.В., которая на нас произвела сильное впечатление своей компетентностью и требовательностью к качеству нашей выдаваемой в ЦУП информации. Именно она в непосредственный момент сближения корабля и станции диктовала на ЦУП с экрана устройства отображения КВП комплекса «Аргунь» цифровые значения целеуказаний кораблю с Джанибековым и Савиных.

Не обошлось и без тревожных минут. На последнем витке сближения неожиданно резко повысилась температура в системе охлаждения ЭВМ комплекса. Возникла угроза

выхода машин из строя по перегреву, и тогда вся проделанная титаническая работа оказалась бы впустую. И тогда ответственный представитель НИИРП Попхадзе Г.В. принял мужественное решение – он приказал вылить непосредственно в систему охлаждения целый сосуд Дьюара с жидким азотом вопреки всем инструкциям о недопустимости таких действий. Температура в системе охлаждения практически мгновенно понизилась, и работа была успешно доведена до конца. Были проведены три сеанса совместного наблюдения станции «Салют-7» и космического корабля «Союз». На первом этапе расстояние между ними было 611 км, на последнем несколько сот метров.

Вот так и были выданы целеуказания космическому кораблю «СоюзТ-13» на вывод в окрестность аварийной ОС «Салют-7» КК «СоюзТ-13» 8 июня 1985 года в период с 8 часов 27 минут по 13 часов 15 минут московского времени.

До сих пор данную проделанную скоротечную работу считаю своим высшим достижением в моей программистской деятельности с более чем внятными для общечеловеческой пользы результатами.

По результатам работы вышестоящие товарищи сгоряча пообещали представить меня к награждению медалью имени Ю.А.Гагарина, но потом одумались и ограничились денежной премией в размере 400 руб. Тоже было неплохо, на эти деньги я купил своей жене шубу и еще долго потом указывал ей на несомненно космическое происхождение этой шубы.



На переговорах в Китае: Гаврилов Ю.А., Эйсымонт М.В., Антонов В.П.

14.5. РЫБАЛКА НА РЕКЕ ЧУ

Кобельков Г.П.

Хорошо море с берега, а берег с моря
Русская народная пословица

За годы, проведенные на полигоне, в Западном Прибалхашье, в пустыне Бет Пак Дала, в памяти сохранились картины разных событий, связанных, в основном, с теми делами, которыми мы там занимались. Это участие в создании радиолокационных средств, их наладке, испытаниях, модернизации, эксплуатации и проведении многолетних исследований. Это кропотливые поиски решений, поиски ошибок, многосуточные ожидания проводок разных космических объектов. Это радости трудных побед и горечь разочарований. Это, конечно, трудный, далеко не домашний быт и очень не частые моменты отдыха.

Трудно сейчас поверить, что не было такого понятия, как выходной день, что обычный рабочий день продолжался 10 – 16 часов. И так месяцами, пока не заканчивалась командировка. Но мы были тогда молоды, и все тяготы службы воспринимались и преодолевались не то что без ропота, но даже с некоторым вызовом к этим трудностям. Основные объекты полигона работали круглосуточно, планы составлялись на год, квартал, месяц и на сутки. И надо сказать, планы, в основном выполнялись.

Но известно хорошо, что сколь тщательно не планируй будущее, жизнь всегда внесет неожиданные коррективы. Одна из таких неожиданностей случилась летом (точно уже не помню какого года), когда я с бригадой своих сотрудников проводил экспериментальные исследования на площадке № 6, где располагались средства опытного радиолокационного комплекса. Для обеспечения исследований у нас было две машины – внедорожник «Урал» с экранированным КУНГом, в котором располагался измерительный комплекс и внедорожник типа, известного в народе, как «козел», а на самом деле для полигонных «дорог» незаменимая машина Ульяновского автозавода.

В один из дней командование объявило, что в течение ближайших двух дней нашу работу обеспечить нельзя, так как будет заправка противоракеты топливом, а потом её испытательный запуск. Те, кто бывал на этой площадке, представляют себе, что это такое быть на два дня обречёнными на то, чтобы слоняться по площадке, которую народ окрестил «Бухенвальдом», летом, в 35-ти градусную жару, когда вода по водоводу поступает с перебоями, а кругом пыль, песок, чахлые саксаулы, перекати – поле, латанные и видавшие виды лачуги и колючая проволока, натянутая по периметру территории, которая завершает пейзаж. Конечно, я не был в Бухенвальде, но окружающая обстановка рождала подобные нехорошие ассоциации.

Через два часа унылого лежания на солнцепеке мне пришла в голову мысль – а чего это мы тут лежим без дела, когда можно съездить на рыбалку на реку Чу, которая, говорят, течет где-то на юге и о чудесах рыбалки на которой мне рассказывал когда-то знакомый офицер. Когда я высказал эту мысль вслух, народ мгновенно воспрял и все помчались за снастями, едой, водой, бензином и спальными принадлежностями. Я расспросил местных офицеров, где эта самая Чу и как туда правильно ехать. Рекомендации были простые, река Чу на юге, примерно через одну четверть пути попадётся Бай-гора, где расположена метеостанция и вблизи нее есть, будто бы, три колодца, где можно пополнить запасы воды. А вообще, сказали мне, лучше не ездить, так как проехать 200 км по пустыне, без дорог, где нет никого, на одной машине мероприятие весьма рискованное. Правдивость этих слов я оценил потом, а пока мы были захвачены азартом сборов и предвкушениями новых впечатлений, и все соображения о возможных опасностях просто опускались. Через 40 минут экипаж экспедиции был готов. Материальная часть – наш верный «козлик» – был под самый верх забит сосудами с водой, едой, снастями и прочим «необходимым» барахлом. Экипаж ждал сигнала «Вперед!»

Быстро проверив, все ли, что нужно взяли, мы, экипаж из четырех человек, заняли места. Я заранее, по солнцу и часам (компас не нашли), используя свой туристический опыт, определил направление на юг относительно солнца, и мы тронулись в путь. Для движения сначала использовали дороги, проложенные вблизи площадки другими транспортными средствами, но вскоре следы машин закончились, и мы покатили по нетронутой каменистой пустынной местности. Вообще, когда говорили о пустыне, мне представлялось некоторое пространство полностью лишенное проявлений жизни. Но она оказалась, на удивление, заполнена живыми организмами, которые отлично приспособились к этим суровым условиям, безводью, иссушающей жаре летом и лютым холодам зимой и еще постоянным ветрам от легкого до урагана. По пути мы встречали стаи сайгаков, которые десятками километров зачем-то бежали параллельным с нашим курсом на расстоянии метров пятидесяти, встречали пустынных короткоухих зайцев, пустынных лис – корсаков, сурков, тушканчиков, ежей. Постоянно попадались змеи разного калибра и расцветки. Растения, в основном, тяготели к ложбинам, где видимо дольше после короткой весны сохранялись остатки воды. Это были кустарники: саксаулы, тамариск, туя – дальний родственник оливкового дерева, травянистые растения: перекати поле, полынь, запах которой постоянно был разлит в воздухе. Тюльпанов, которые буйно цветут в конце апреля – начале мая, уже не было.

Езда по целине оказалась очень не простой. Попадались участки, которые казались твердыми на вид, только чуть посветлее соседних, но оказывались «солончаками», т.е. слоем соленой рыхлой пыли глубиной до 50 см, куда наш «уазик» проваливался, ложился на брюхо и своим ходом выехать не мог. Мы вылезали, и по колено в этой пыли, руками, с трудом вытаскивали машину на место, где колеса доставали до твердого дна солончака. Дальше задним ходом, на полном приводе и с нашей помощью, «уазик» выезжал на твердый грунт.

Когда мы подъехали к обещанной нам Бай-горе и метеостанции, то оказалось, что воды в трех колодцах нет – высохла, как испарились наши надежды пополнить потраченную нами воду и хоть чуточку смыть грязь солончаков. Сонный от жары метеоролог, лениво отгоняя мух, в ответ на нашу просьбу насчёт воды, сказал, что воду им сегодня ещё не подвезли и дать нам её он не может.

Решив, что дальше, чтобы ни было, вода только для мотора, а сами – уж как-нибудь, двинулись вперед. Оживленные разговоры как-то стихли, все уже устали от жары, от солончаков, от жажды, а рекой Чу даже не пахло. Прошло еще 6 или 7 часов, и когда солнце уже было готово нырнуть за горизонт, мне показалось, что запахло водой. Это было часов около 10 вечера, солнце уже садилось и минут через 20 мы увидели юрты и услышали громкий лай собак. Навстречу вышли два казаха, отогнали собак и мы, наконец, вылезли и размяли ноги. Это были казахи-пастухи, которые тут пасли лошадей. Они оказались очень гостеприимными людьми. Помню, как на низкий стол – дастархан был поставлен огромный самовар, пиалы и большой заварной чайник. Мы принесли свои запасы – колбасу, сыр, консервы, хлеб и все – мы и хозяева – сели вокруг дастархана прямо на землю. Они практически не говорили по-русски, да нам было и не до разговоров, так хотелось пить. Помню, что никак не мог утолить жажду, хотя выпивал пиалу за пиалой, а они довольно вместительные. Только после девятой пиалы я почувствовал, что напился этого чудесного ароматного чая. До сих пор чувство благодарности возникает к этим людям, когда вспоминаю об этой поездке.

Спать нам предложили на большой скирде заготовленного впрок камыша. Стояла теплая ночь, и над нами был раскинут огромный полог ночного неба, усыпанного громадными, яркими звездами. Впечатление просто незабываемое.

Проснулся я от громких звуков птичьего гвалта. Я огляделся, но ничего не было видно. С одной стороны, метрах в семидесяти – юрты пастухов, с другой, метрах в пятидесяти – стена камыша, откуда и раздавался этот гвалт. Было раннее утро, часов 5 или 6. Полежав немного, я встал и пошел посмотреть, чего они так раскричались. Раздвигая камыши, я по колено в воде шел вперед. Раздвинув в очередной раз камыши, я просто застыл от

увиденного. Передо мной раскинулась поверхность небольшого озерка, метров 100 в диаметре. Всё видимое пространство почти сплошь занимали стаи диких уток и гусей с выводками молодняка. Они тоже с удивлением на меня уставились. Один любопытный утенок подплыл так близко, что я, просунув руку в воде и подняв ее, взял его на руки. Тут же подплыла утка и стала на меня сердито крякать. Я решил не волновать «мамашу» и быстро положил утенка на место - на воду то- есть, и вся команда тут же убралась подальше.

Возможно, у вас возникает вопрос, а где же река Чу?. Я его тоже тогда себе задавал. Оказалось, что река Чу течет только поздней осенью и ранней весной, а летом она практически высыхает, и русло представляет собой цепь небольших водоемов шириной около 15 метров, связанных между собой тоненькими ручейками. Тут я сразу понял, в чём секрет успешной рыбалки на реке Чу, о которой мне когда-то рассказывали. Рыбе в этих маленьких водоемах очень тесно, ну и естественно, голодно, и она, когда забрасывают удочки, вцепляется во все - поплавок, грузило, ну и, конечно, в крючок с наживкой. Не надо никаких хитрых рыбацких хитростей, забрасывай- и поклевка обеспечена. Через 20 минут такого браконьерского лова мы вчетвером наловили целую гору красноперок и даже щуку.

Поняв, что съесть эту рыбу мы здесь не сможем, а везти 12 часов по такой жаре бессмысленно, все равно не довезем, я попытался остановить, впавших в азарт, рыбаков. Никакие уговоры не действовали, народ был просто опьянен и норовил продолжить эту «вакханалию». Пришлось отнимать удилища и пригрозить их уничтожением. Слегка успокоившись, мы развели костерок, сварили тройную уху, залезли в тень под машину и приступили к завтраку, он же был обед. Уха была просто сказочная! Скажете – все это рыбацкие байки! Ничуть, все так и было!

Все, казалось, было прекрасно: солнце, вода, рыбалка, уха, чай, но кошки сомнений уже начали поскрёбывать в душе. Предстоял обратный 12-ти часовой путь по безлюдной раскаленной пустыне, без связи, на одной машине. Тут я вполне понял смысл предупреждений, что ехать по такой местности на одной машине очень рискованно. Начали всплывать из памяти рассказы о полузасыпанных скелетах, брошенных машинах, которые иногда находили в таких местах. Но делать было нечего, два дня заканчивались, и завтра, как штык, надо быть на работе.

Мы залили мотор и все емкости водой, попили напоследок чаю, попрощались с гостеприимными хозяевами и двинулись в путь. Наш водитель видимо от всех впечатлений слегка расслабился и не заметил большой колдобины. Нас здорово тряхануло, мотор заглох и из него повалил пар. Выскочив из машины с водителем, мы обнаружили, что при таком резком толчке лопастью вентилятора перебило шланг, подводящий воду к радиатору. Вода, нагретая до очень высокой температуры, просто вылетела в виде пара из системы охлаждения. Ну а без воды, как известно, и ни туды и ни сюды. Мы проехали уже километров тридцать и даже вернуться назад мы бы не смогли. Да и откуда у пастухов мог взяться шланг? После некоторого периода растерянности и недобрых предчувствий, стали искать выход. Перерыли всю машину, и из разных подручных материалов соорудили хомут на место разрыва, вылили почти всю оставшуюся воду в систему охлаждения, сделали внушение водителю и поехали дальше малой скоростью.

Все понимали серьезность положения, никто уже не шутил, и все смотрели только на дорогу, как бы опять куда-нибудь не въехать, поскольку залить водой систему второй раз, если опять пробьет шланг, было просто нечем. Солнце уже скрылось, но никаких признаков нашей площадки на горизонте не было видно. При свете фар ехать пришлось еще медленнее. Периодически мы останавливались и, отыскав Полярную звезду, определяли нужное направление. Примерно через час такой езды, справа от нашего курса, показались огни. Мы почувствовали себя увереннее, хотя было не понятно – наша ли это площадка. Еще через час к нашей огромной радости мы убедились, что объект впереди это и есть наша площадка. Во истину, «хорошо море с берега, а берег с моря». После всех злоключений она, наш «Бухенвальд», показалась нам просто оазисом. Было уже за полночь, когда мы, что

называется, «распрягли коней», т.е. разгрузили машину, сообразили себе чай, снова долго его пили, вспоминая перипетии нашего путешествия и, наконец, улеглись спать.

После стольких лет, прошедших с тех пор, картины и даже детали этого путешествия очень ярко держатся в памяти видимо из-за новизны впечатлений и пережитых волнений, а может из-за того, что за тридцать с лишним лет наших командировок в эти края ничего подобного со мной больше не случалось.

14.6. КУРЬЕЗНЫЕ СЛУЧАИ

Кирильчук Л.С.

К 1992 году, когда наши разработки стали никому не нужны кроме нас самих и «узкого круга ограниченных лиц», были созданы и испытаны уникальные радиолокационные комплексы: высокоэнергетическая РЛС с полноповоротной ФАР – «Истра» и первая в мире высокоэнергетическая РЛС также с полноповоротной ФАР в миллиметровом диапазоне волн – «Руза».

В дальнейшем, в силу известных объективных обстоятельств, работы на объекте стали постепенно сворачиваться, а потом и совсем прекратились. Все же уникальный научный и технологический задел, полученный при создании этих радиолокационных комплексов, не пропал зря и в настоящее время широко используется в сегодняшних разработках как нашего, так и других предприятий, в том числе и зарубежных.

Надеюсь, облик и технические характеристики упомянутых РЛС досконально опишут другие соавторы этого издания. Мне же хочется вспомнить самые яркие моменты нашего полигонного бытия. Чаще всего вспоминаются различные курьезные случаи. Итак:

Случай первый

После успешного завершения конструкторских испытаний комплекса, как это и положено, в нашем коттедже на торжественный ужин собралась, так сказать, вся элита: ведущие сотрудники наших смежников и местной войсковой части. Провозглашались тосты за успех предприятия, хвалебные речи в честь Генерального конструктора и т.п. По очереди слово предоставлялось представителям всех организаций. Все единодушно говорили, что им очень приятно было работать с коллективом «Радиофизики» и ее руководителями. Надо вспомнить, что именно в это время начали звучать определенные нотки национального самосознания республик, ранее входивших в «единый и неделимый». А так как с нами сотрудничали предприятия из многих союзных республик, их представители решили выступать на своих национальных языках. Первым инициатором в этом деле стал ответственный представитель Днепропетровского машиностроительного завода (Украина) Григорий Третяк. Когда он начал свою речь, было видно, что не все присутствующие полностью ее воспринимают. Тогда я взял на себя синхронный перевод. Следующим взял слово ответственный представитель Гомельского радиозавода (Белоруссия) Валерий Червяков. Он тоже выступил на языке своей республики. Его еще меньше понимали. И тогда я, в совершенстве владея русским и украинским языками, начал синхронный перевод его речи, иногда просто догадываясь по контексту о сказанном. Это всем понравилось. Но когда слово на родном языке взял представитель Алма-атинского производственно-технического предприятия (Казахстан) Асет Киреев, уже изрядно развеселившееся общество потребовало от меня перевода его речи. Не зная практически ни одного слова по-казахски, я начал бодро «переводить», зная общую суть того, что он мог сказать. В результате он признал, что в принципе я перевел правильно. Все очень смеялись.

Случай второй

Декабрь 1993 года. Вся страна готовится к выборам в первую (после советского периода) Государственную Думу. Оживленно обсуждаются различные партии и их блоки. А у нас на станции свои заботы. Необходимо срочно доработать входные блоки приемной системы, размещенные на антенне. Доработали. Проверяем. Три блока функционируют нормально, а четвертый никак.

И вот я мелкими перебежками передвигаюсь по территории объекта от одного здания к другому. Мелкими потому, что в лицо дует сильный ветер и лепит снег. По пути

сталкиваюсь с передвигающимся таким же образом человеком, который у нас на объекте занимался обслуживанием холодильных машин. Кроме всего прочего, он славился своей сверхполитизированностью. И вот он вместо приветствия спрашивает:

— Ну как, разобрались вы с блоками?

— ? - (Думаю, откуда он знает наши беды и какое ему до них дело.)

— Ну, за какой блок вы намерены голосовать?

Честно сказать, я ответил ему таким образом, что в печатном виде не воспроизводится.

Так мы и жили. У каждого свои проблемы …

С блоками (приемной системы) мы все же вскоре разобрались – одно из покупных комплектующих изделий оказалось бракованным.

Случай третий.

Основным видом досуга (если на такой оставалось время) для сотрудников, живущих годами на берегу озера Балхаш, являлась рыбалка. Особенно увлеченно отдавались этому занятию те, кто и до этого был страстным рыбаком. И вот одна из историй:

Так как действующие лица и поныне здравствуют, стали солидными уважаемыми людьми, не буду называть подлинных имен, назову их Рыбак и Программисты. Собрался Рыбак идти утром ловить сазанов. Приготовил с вечера удочки, наживку, а на подкормку отварил перловой крупы (так называемой «шрапнели»). Двое Программистов, которые жили в коттедже и пребывали в одном «колхозе» с Рыбаком, т.е. питались из общего котла и которые в силу сложившейся традиции работали в третью смену, пришли домой на рассвете и решили слегка перекусить. Пошарили по кастрюлям и ничего не нашли кроме перловой каши. Решили, что лучше что-нибудь, чем ничего. Съели кашу и легли спать.

Вскоре проснулся Рыбак и при выходе «на дело» не обнаружил приготовленной подкормки. Когда днем стали выяснять подробности, Программисты сознались, что съели кашу. Только, говорят, она была несоленая и слегка недоваренная.

За годы, проведенные в командировках, было много курьезных случаев. Но не буду продолжать, а то у читателя сложится впечатление, что это были годы сплошных развлечений и курьезов. Основным все же было Дело, которому мы беззаветно служили.

15. НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Информация – основа научно-технического прогресса, питательная среда для новых разработок. В XX веке, когда объемы информации, необходимой для проведения научных исследований и создания новой техники уже были велики, а Интернет ещё не изобрели, важнейшую роль для успешной работы КБ и НИИ играли отделы научно-технической информации, занимающиеся подбором, систематизацией и доведением информации до разработчиков. Важная составляющая обмена информацией и обсуждения новых знаний – научно-технические конференции, школы и семинары, которым на предприятии уделялось большое внимание. Наконец, овладевать новыми знаниями и практически использовать их в разработках могут лишь хорошо подготовленные специалисты. Высококвалифицированных инженеров для предприятия в течение многих лет готовят базовые кафедры МФТИ и МАИ.

Денисенко В.В., Иванов С.В, Козлова О.С., Шишлов А.В.

Отдел научно технической информации



Коростышевская А.З.

Вот как вспоминает о создании отдела научно-технической информации (ОНТИ) в КБРП его первый начальник Коростышевская Анна Зиновьевна:

«Я работала в КБРП начальником отдела с 1965 по февраль 1977 года. До 1965 года в СКБ-38 было несколько десятков устаревших книг и журналов, директор КБРП Бубнов принял решение создать ОНТИ для обеспечения тематической информацией по отечественным и зарубежным материалам всех работ, ведущихся на предприятии. Меня приняли начальником ОНТИ (до этого я 18 лет работала ведущим инженером-разработчиком радиоаппаратуры РЛС в Яузском радиотехническом институте). Предстояло подобрать необходимых работников и создать фонд литературы.

Первыми сотрудниками отдела были Бочерова Г.В. и Шиманова Г.Н., которые работали на предприятии до создания ОНТИ. Постепенно состав отдела расширялся. Была создана большая научно-техническая библиотека с читальным залом; выписывались самые новые книги по антеннам и смежным отраслям науки, а также отечественные и зарубежные технические журналы. Был составлен библиографический фонд с подробными картотеками (Зубкова Т.Я., Колобкова З.А., Шахова И.М.). Были созданы инженерная группа (Куранова Л.Н., Алексеева Н.Б., Коник В.П.), группа переводчиков (Дубкова Л.Н. – английский, Бабашкина Л.Н. – немецкий), патентная группа по оформлению заявок на изобретения (Кожбаков Н.М.). Редактором текстов работала Фролова Р.В., а корректором-машинисткой – Родионова Л.И».

Со временем в отделе были образованы семь групп: информационный фонд (библиотека); группа изобретательства, рационализации и патентных исследований; группа справочно-информационного обеспечения; группа избирательного распространения информации; группа редакторской и издательской работы; группа рекламы и выставок; группа переводов.



Королева К.П.



Маркина В.В.

Информационный фонд (библиотека)

Потемкина А.Я. временно заведовала фондом до прихода в отдел в 1968 году Королевой К.П. Вместе с Королевой работали Маркина В.В., Козлова О.С., Лазарева И.А., Прокушева Е.Ю.

Необходимую литературу по тематике института приобретали в научно-техническом коллекторе по планам издательств. Регулярно проводили выставки новых поступлений книг и периодических изданий. Книжный фонд насчитывал 75 тыс. экземпляров, периодических изданий – более 50 тыс. экземпляров. Иностранные журналы заказывали за валюту. Сотрудники библиотеки помогали студентам кафедр МАИ и МФТИ подбором литературы для защиты дипломов, диссертаций. Библиотека наряду со всеми группами принимала самое активное участие в организации Всесоюзных конференций по теории и технике антенн: для конференций готовились выставки новой литературы, которую заказывали в самых крупных библиотеках (ГПНТБ, Политехническая библиотека) и в ведомственных НИИ (ВИМИ, НИИЭИР, ЦНПО «Вымпел»). После проведения конференций заявки участников оперативно выполнялись через ВИНИТИ.

В 80-е годы прошлого века в ведомственном смотре-конкурсе наша библиотека заняла первое место. Методическая помощь оказывалась в создании технической библиотеки Чистопольского КБ «Вектор».

Группа изобретательства, рационализации и патентных исследований

Одним из главных показателей работы института является созданная интеллектуальная собственность. В КБРП-НИИРФ большое значение на продвижение научных идей оказывал сектор изобретательства, рационализации и патентных исследований. В секторе проводилась работа по исследованию на новизну предлагаемых технических решений, подготовке и оформлению изобретений.

До 1987 года эта работа осуществлялась в ОНТИ, а с 1987 года был создан сектор изобретательства, рационализации и патентных исследований (руководил сектором вначале Кожбаков Н.М., затем Меркулов Д.В.). В секторе было 2 группы: группа изобретательства и рационализации (руководитель Левенкова Т.В.), группа патентных исследований (руководитель Шиманова Г.Н., с ней работала Хаткина И.М.).



Кожбаков Н.М.



Меркулов Д.В.



Шиманова Г.Н.



Левенкова Т.В.

В группах проводилась работа по выявлению изобретений, их оформлению и исследованию на новизну и патентную чистоту по ведущим странам мира. Работа проводилась как в институте, так и во Всесоюзной патентно-технической библиотеке (ВПТБ) и Всесоюзном научно-исследовательском институте государственной патентной экспертизы

(ВНИИГПЭ). В секторе был создан свой огромный фонд изобретений разных стран по тематике предприятия и изобретений, созданных сотрудниками нашего предприятия. На базе этого фонда ежемесячно выпускались аннотированные указатели изобретений, которые включали в себя рефераты новейших изобретений по ведущим странам мира согласно тематике предприятия. В то же время сектор готовил и выпускал ежеквартальные реферативные тематические сборники изобретений по запросам разработчиков, где по интересующей их теме были отражены все изобретения ведущих стран. При необходимости проводились патентные исследования по темам, которые оформлялись как отчеты о патентных исследованиях. Было выпущено 67 тематических сборников изобретений, которые помогали разработчикам института в создании и формировании собственных идей.



Издания группы изобретательства, рационализации и патентных исследований

За время существования предприятия нашими разработчиками было подано 1102 заявки на изобретения, из них на 630 были получены положительные решения и выданы авторские свидетельства и патенты. Большой процент выдачи положительных решений по заявкам – это свидетельство, как высокой квалификации разработчиков предприятия, так и качественной работы сотрудников сектора. В 1990 году в группе была оформлена заявка на товарный знак предприятия, по которой получен патент.



Зубкова Т.Я.



Колобкова З.А.

Группа справочно-информационного обеспечения

Группа осуществляла поиск, анализ, обеспечение научно-технической информацией разработчиков по тематике института. Руководила группой Зубкова Т.Я., затем Колобкова З.А. Вместе с ними работали Кирсанова Е.И., Лесничкова И.А., Аксенова Т.А.

На основании технических заданий руководителей тем сотрудники группы собирали, обрабатывали, систематизировали материалы для выпуска тематических указателей литературы, реферативных сборников, сборников информационных материалов. Сборники составлялись на базе реферативных материалов, статей, патентов, переводов, материалов конференций и симпозиумов и других информационных материалов. Среди них такие сборники как «Проблемы создания больших конструкций в космосе», «Радиолокационные станции миллиметрового диапазона», «Системы спутниковой связи», «Активные фазированные антенные решетки», «Системы связи миллиметрового диапазона волн», «Спутниковое телевидение» и др. По заявкам разработчиков выполняли работу в режиме запрос-ответ. Кроме литературы, имеющейся в фонде нашей научно-технической библиотеки, пользовались услугами ГПНТБ, Ленинской, Политехнической библиотеками, а также использовали автоматизированные системы ВИМИ, НИИЭИР и другие источники информации. В группе проводились комплектование, учет и обработка поступающих в фонд всех видов реферативных изданий по тематике института. В течение многих лет комплектовалась справочно-библиографическая картотека.



Издания справочно-информационной группы и группы переводчиков

Группа редакторской и издательской работы



Антипова Л.В.

Самым первым редактором ОНТИ была Фролова Р.В., которая редактировала все выпускаемые издания. Позже, из-за увеличения объема работ, редакторская группа увеличилась (Антипова Л.В. – руководитель группы, Легасова О.Г., Яковлева Е.Л.).

Группа переводов

Её возглавляла Дубкова Л.Н. (английский язык), также работали Валиева В.В. (английский язык), Бабашкина Л.М. (немецкий язык). Делали переводы из иностранных журналов по тематике института по заявкам разработчиков. На международных конференциях Дубкова Л.Н., Валиева В.В. синхронно переводили докладчиков.

Группа избирательного распространения информации

Группа занималась выпуском реферативных сборников по тематике предприятия, аналитических обзоров технической литературы. В группе работали Алексеева Н.Б. (начальник группы), Бочерова Г.В., Белова Г.Ф. и другие.



Дубкова Л.Н.



Валиева В.В.



Алексеева Н.Б.



Бочерова Г.В.

Группа рекламы и выставок

Одним из важных направлений в деятельности ОНТИ была организация участия предприятия в выставках. Цель участия – рекламирование научно-технических достижений и производственных возможностей института и его малых предприятий. Выставки позволяли определить конкурентоспособность изделий (в первую очередь, конверсионного направления), выявить спрос на них, а также договориться о реализации продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

До 1989 года это были межотраслевые выставки. С 1990 г. предприятие начало участвовать в международных выставках, как на коллективных стендах Минрадиопрома, так и самостоятельно. Экспонировались изделия по таким приоритетным направлениям научно-технической деятельности как радиолокация, телекоммуникации, спутниковая и мобильная связь, антенная техника. В то время на предприятии активно проводились конверсионные разработки, поэтому на международных и межрегиональных выставках была представлена и конверсионная, в том числе медицинская продукция. Всего было разработано более восьмидесяти наименований изделий, среди них антенны и станции спутниковой связи, антенны базовых станций сотовой связи, антенны систем передачи данных, магнитные поляризаторы, регуляторы температуры и т. д.



Иванов С.В.

Организацией выставок занимались Иванов С.В. и Коник В.П. Большую помощь в подготовке к выставкам оказывали Левитан Б.А., Ремизов Б.А., Поплавский И.В. Хочется отметить художников, которые помогали в оформлении рекламных материалов: Курбаков Н.И., Павлов Б.А, Якуб А.Е. и Цогоев Ю.Г. Также необходимо отметить производственно-монтажный отдел (начальник – Малышев Ю.Е., начальник бригады – Русаков Л.В.), который осуществлял монтаж земных станций на выставках. Наше предприятие участвовало в международных выставках, проводимых в Москве, таких как «Связь-Экспокомм», «Конверсия», «Консумэкспо», «Машиностроение», «Здравоохранение, медицинская техника и лекарственные препараты», «Медтехника», «Высокие технологии оборонного комплекса». Также принимали участие в межрегиональных выставках отечественных предприятий: «Агропродмаш», «Роспродмаш»,



Павлов Б.А.

«Средства спасения», «Изделия и технология двойного назначения», «Радиопромышленность – народному хозяйству». Участвовали и в выставках Московского региона: «Наука, техника, город», устроитель – Госпредприятие «Центр внедрения достижений науки и техники «Москва», «Информационные технологии», «Наши возможности – наш потенциал» (организатор: Префектура Северо-Западного административного округа), постоянно действующая выставка продукций предприятий оборонного комплекса Московского региона «Конверсия – городу» (организаторы: Правительство Москвы, Гособоронпром, ВИМИ). Неоднократно предприятие участвовало в выставках за рубежом: «Конверсия-90», Мюнхен (ФРГ); «Конверсия-91», Болонья (Италия); «Конверсия-93» Бирмингем (Великобритания); «Наука и техника в СССР», Вена (Австрия).

Участие предприятия в выставках всегда отмечалось дипломами и почетными грамотами. Особенно следует отметить награды по итогам участия в ряде выставок, позволивших значительно укрепить репутацию предприятия. Так, за участие во Всемирном салоне изобретений «Брюссель-Эврика» золотыми медалями Международный комитет отметил изобретения наших сотрудников:

– «Эластичные поглощающие материалы» – авторы: Якуб С.М., Ремизов Б.А. (1993);

– «Аппараты для остеосинтеза» - авторы: Кабанов В.Е., Иванов С.В., Самоцветов А.В., Ремизов Б.А. (1994).

За достигнутые высокие результаты в «Салоне-94» предприятие награждено медалью Гособоронпрома России. По итогам участия в выставке «Российский щит» в 2000г. на ВВЦ предприятие награждено золотой медалью. За участие во всероссийской выставке « Наука – машиностроение – рынок» в 1997 году на ВВЦ предприятие отмечено почетным дипломом, а Главный инженер Поплавский И.В. и Зам. главного инженера Иванов С.В. награждены золотыми медалями «Лауреат ВВЦ». За участие в «Московской международной промышленной ярмарке MIIF-2006» и, в рамках этой выставки, международном конкурсе «Национальная безопасность» (работа авторов Левитана Б.А., Курикши В.А., Козлова В.Н. «Создание и внедрение сетей фиксированной спутниковой связи для нужд авиационной промышленности и системы организации воздушного движения на базе земных станций спутниковой связи») предприятие награждено дипломом и золотой медалью «Гарантия качества и безопасности».

В результате широкой рекламы изделий на выставках, размещения информации о деятельности предприятия в каталогах выставок, специализированных журналах и других научно-технических изданиях, а также участия в международных технических конференциях и форумах, наше предприятие получило достаточно широкую известность в России и за рубежом.



Рекламная продукция на изделия предприятия

Москва является международным центром по проведению самых престижных выставок по различным тематическим направлениям, интерес к которым проявляют наши специалисты. На предприятии сложилась практика ежегодного планирования посещения выставок с целью ознакомления с мировыми техническими достижениями. Работу по организации выставочной деятельности осуществляет ведущий инженер Коник В.П.



Награды, полученные предприятием за участие в выставках



Волков М.П.



Бающенко Ю.М.

Большую помощь в тиражировании информационных изданий (рекламная продукция, информационные, реферативные сборники, аннотированные указатели изобретений) оказывал отдел оперативной печати. Руководил отделом Волков М.П., затем Бающенко Ю.М. Искреннюю благодарность хочется выразить всем сотрудникам отдела, особенно Бающенко Т.И, Величко И.Н., Гавриловой Н.П., Кузнецовой Г.М., Людкевич В.Д., Муравьевой Л.А., Семичевой Н.П., Сенаторовой В.Д., Смирновой Л.В., Федоровой М.Н.

ОНТИ принимал активное участие в жизни предприятия: субботники, овощная база, помощь совхозу «Лотошинский» (село Калицыно, Волоколамский район). Хотя и уставали, но больше осталось приятных воспоминаний.



Самоцветов А.В.

После ухода в 1977 году на пенсию Коростышевской отдел возглавил Самоцветов А.В., очень активный и трудоспособный человек, при этом довольно жесткий и требовательный. При нем работа в отделе кипела. Особенно он поднял на высокий уровень группу патентной информации. После Самоцветова начальниками были Годовых В.И., Меркулов Д.В. Это были самые благоприятные годы для ОНТИ. Отдел насчитывал более 30-ти человек. Его работу высоко оценивали как наши разработчики, так и представители других предприятий, получающие от нас информацию.

Коллектив был, в основном женский, жили дружно. Вместе отмечали дни рождения, свадьбы, рождение детей, внуков. Активным застрельщиком дней здоровья был Самоцветов. В этот день выезжали в подмосковную Аникеевку. Вспоминается чистейшее озеро, песчаный пляж, смешанный лес. Чай кипятили в котелке на костре. Заваренный из разных трав, он был необыкновенно вкусным.

В 90-е наступили трудные времена. Прекратилось финансирование отдела, не выписывалась периодика, зарплаты были очень маленькие, начался массовый уход сотрудников. Начальником отдела в это время стал Ткачев Геннадий Максимович. Сотрудники до сих пор вспоминают его с благодарностью: он с пониманием относился к их проблемам, находил подработки, давал возможность держаться на плаву.

В 2005 году снова началась подписка на периодические издания (журналы «Антенны», «Радиотехника»). С апреля 2006 года силами ОАО «Радиофизика» выпускаем журнал «Радиолокация и связь», главный редактор – доктор технических наук Толкачев А.А. Отдел занимается рассылкой журналов, заключением договоров.



Журнал «Радиолокация и связь», выпускаемый в настоящее время



Сотрудники отдела научно-технической информации (слева направо): Кирсанова Е.И., Козлова О.С., Хаткина И.М., Коник В.П.

Конференции, симпозиумы, школы-семинары

В КБРП и НИИРФе научная деятельность сотрудников, написание статей, участие в конференциях, защита диссертаций всячески приветствовалась и поощрялась. На предприятии проводились конференции по теории и технике антенн, что позволяло приобщаться к научной деятельности большому числу сотрудников.

Вспоминает Коростышевская А.З. «Всесоюзные конференции по ТТА (или, как их называли, Всесоюзные антенные конференции) проводились с 1952 года. Инициатором их был Межведомственный координационный совет под председательством члена-корреспондента АН СССР Пистолькорса А.А. Организация конференций возлагалась поочерёдно на РТИ, НИИ-17, ЯРТИ и другие институты. Начиная с 1967г. Межведомственный координационный совет (Бубнов в то время стал заместителем председателя Совета) решил возложить проведение конференций по ТТА на КБРП, как на специализированное предприятие по разработке и конструированию антенных систем. Бубнов всегда уделял большое внимание повышению квалификации и профессиональной подготовке инженеров - разработчиков, и в этом плане антенные конференции, а также школы – семинары по ТТА (о них я скажу отдельно) являлись одним из методов научно-технической информации и обмена опытом. Бубнов был не только инициатором, но и непосредственным руководителем этих конференций и семинаров, а также председателем совмещенного оргкомитета и программного комитета. Он принимал непосредственное участие в отборе тем докладов по присланным рефератам, формировании секций, выборе докладчиков и т.д. В Оргкомитет входили видные учёные и специалисты в области ТТА: член-корреспондент АН СССР Пистолькорс А.А., член-корреспондент АН СССР Бахрах Л.Д., д.т.н. Фельд Я.Н, д.т.н. Вольперт А.Р., д.т.н. Воскресенский Д.И., д.т.н. Заксон М.Б., д.т.н. Егоров Е.Н., д.т.н. Модель А.М., д.т.н. Перец Р.И., д.т.н. Сазонов Д.М., д.т.н. Сестрорецкий д.т.н. Тартаковский Л.Б., д.т.н. Фельдштейн А.Л., д.т.н. Шифрин Я.С.и другие. Многие из них выступали с пленарными докладами на конференциях, были руководителями секций.



Президиум конференции по теории и технике антенн, 1985 г: Афанасьев Ю.Н., Бей Н.А., Бубнов Г.Г., Зубкова Т.Я., Щеглов К.С., Егоров Е.Н., Пистолькорс А.А., Шифрин Я.С., Швецов В.П., Бахрах Л.Д.

Конференции проводились один раз в два года. Первая конференция, организованная КБРП в 1967 году, проводилась в Доме культуры Тушинского машиностроительного завода. Последующие конференции мы также проводили в этом здании. И только, когда КБРП переехало в новое здание и был отстроен конференц-зал, конференции стали проводить у себя. Количество участников определялось вместимостью зала, так как желающих участвовать в конференциях было гораздо больше. Приходилось часть пригласительных билетов печатать с пометкой «только для участия в секционных заседаниях». Количество участников превышало 1000 человек.

Конференции обычно продолжались 5 дней. В 1-й день проходило пленарное заседание, на которое выносились доклады глобального значения по перспективным направлениям. Докладчиками были видные учёные (из перечисленных выше). В последующие 3 дня проходили секционные заседания, на которых выступали, в том числе, и сотрудники предприятия. Секции были по зеркальным антеннам, ФАР, волноводным и управляющим устройствам, измерениям. В последний день проводилось пленарное заседание, на котором также читались доклады, а затем подводились итоги конференции. Итоговый доклад делал Бубнов Г.Г.

Теперь о Всесоюзных школах-семинарах по ТТА. Школы-семинары по ТТА до 1968г. не проводились. Проводились только школы-семинары по дифракции и распространению радиоволн под руководством член-корр. АН СССР Вайнштейна Л.А. В 1967 г. Межведомственный координационный совет (председатель – член-корр. АН СССР Пистолькорс А.А.) по согласованию с Минрадиопромом принял решение проводить один раз в два года Всесоюзные школы-семинары по ТТА и поручил проведение их КБРП. Как и в случае с конференциями, Бубнов всю организационную работу по проведению школ-семинаров возложил на ОНТИ. Я была секретарём Оргкомитета. Оргкомитет под председательством Бубнова был из числа тех же учёных, что и Оргкомитет конференций, но в несколько уменьшенном составе. Бубнов совместно с Оргкомитетом разрабатывал учебный план, подбирал темы лекций и докладов и, соответственно, лекторов из числа видных учёных. Участниками семинаров (порядка 200 человек) были молодые (и не очень), инженеры-разработчики, способные, перспективные, как имеющие степень кандидата наук, так и без степени. Продолжительность школ-семинаров составляла около 10 дней. Первая школа была проведена в 1968 г. в городе Ереване (Армения). Очень помогли нам в организационных вопросах (помещение, гостиницы, столовая и др.) директор ВНИИРИ д.т.н. Геруни Парис Мисакович и его сотрудники.

Вторая школа проводилась в1970 году в доме отдыха Минрадиопрома в Покровском под Москвой. Третья школа в 1972 или 1973 году была в городе Фрунзе (Киргизия). Все школы-семинары прошли очень хорошо. Читались интересные и полезные лекции, которые, несомненно, оказали большую помощь инженерам-разработчикам в их дальнейшей работе. Бубнов был доволен и даже гордился проведенными Всесоюзными конференциями и школами-семинарами по ТТА, так как неоднократно получал очень хорошие отзывы об этих мероприятиях».

К сказанному Анной Зиновьевной добавим, что вплоть до 1987 года антенные конференции были закрытыми. Первая конференция, на которой были и открытые секции, прошла в 1990 году.

В продолжение традиции Всесоюзных школ по дифракции, в 1993 году на базе ОАО «Радиофизика» и МФТИ была организована X Школа по дифракции волн, посвященная памяти Кинбера Б.Е. Для чтения лекций были приглашены как отечественные, так и зарубежные специалисты. В частности, из США приехал профессор Хармут – специалист по негармоническим волновым процессам, из Швеции – профессор Килдал, специалист по антеннам и численным методам в электродинамике.



Профессор Хармут из США (сидит) с участниками X Школы по дифракции, февраль 1993 г., пансионат «Лесной»

В 90-е годы у сотрудников предприятия вследствие ослабления режимных требований появилась возможность встречаться с иностранными коллегами, выезжать за рубеж в командировки и на конференции. Поначалу интерес к российским научным достижениям был велик, поскольку ранее о них почти ничего не знали. Затем по мере изучения друг друга на виду остались только соответствующие мировому уровню коллективы. Наш коллектив в научном плане выдержал испытание временем, продолжает развиваться. Сотрудники периодически представляют новые интересные работы, как на отечественных, так и на международных конференциях.

В продолжение Всесоюзных антенных конференций предприятием были организованы XXVII и XXVIII Московские международные конференции по теории и технике антенн соответственно в 1994 и 1998 годах. Конференции проводились в пансионате «Лесной». Председателем оргкомитетов этих конференций был Толкачев. В программе конференций были представлены доклады из России, стран СНГ, Англии, Гонконга, Италии, Нидерландов, Польши, США, Франции, Швеции, Японии. На конференциях было представлено много докладов сотрудников ОАО «Радиофизика». Эти конференции показали высокий уровень теоретических и практических работ предприятия, а также стали местом деловых знакомств для последующего сотрудничества. В организации конференций активное участие принимали многие сотрудники предприятия. Надеемся, что традиция этих конференций будет продолжена.

В настоящее время на предприятии ежегодно проводятся научные молодежные конференции. В них участвуют студенты и аспиранты базовых кафедр МФТИ и МАИ, других учебных заведений России, молодые специалисты разных предприятий. Конференции помогают студентам приобщиться к научной деятельности, а молодым ученым провести публичное обсуждение своих результатов. Организацией конференций занимаются Толкачев А.А., Фарбер В.Е. и Диняева Н.С.



Участники XXVIII Московской конференции по теории и технике антенн, пансионат «Лесной», 1998

Сотрудники предприятия, студенты и аспиранты базовых кафедр за последние 20 лет участвовали в большом количестве научных мероприятий, в частности, в таких значимых как Международные конференции по фазированным антенным решеткам (США, 1996, 2000, 2003), Международные симпозиумы по электромагнитной теории (Санкт-Петербург, 1995; Салоники, 1998), Международный симпозиум по антеннам и электромагнетизму «Millennium» (Давос, 2000), Международный микроволновой симпозиум (Финикс, США, 2001), Международная конференция по теории и технике антенн (Севастополь, 2003), Международная конференция по излучению и рассеянию волн (Таганрог, 2005).

За последнее десятилетие опубликовано несколько десятков статей в различных отечественных и международных научных журналах. Сотрудники предприятия неоднократно приглашались для выступлений с лекциями в разных странах или с заказными докладами на конференциях. Толкачев несколько раз выступал с лекциями в Китае. В 2001 году Денисенко был приглашен выступить с лекцией на региональной секции IEEE в Атланте (США).



Эли Брукнер (США) со Скобелевым С.П. и Шишловым А.В. на конференции по ФАР, Калифорния, 2000



Денисенко В.В. после лекции на региональной секции IEEE в Атланте (США) в 2001 году

С 1994 года продолжаются совместные работы нашего сотрудника Скобелева с лабораторией электродинамики Чалмерского технологического университета (профессор Килдал, Гетеборг, Швеция) по применению метаматериалов в виде так называемых «жестких стенок» в антенной технике. С ноября 2006 года по август 2007 года. Скобелев также работал в качестве приглашенного исследователя в лаборатории формирования СВЧ-изображений под руководством Д. Смита в Североумрийском университете (Ньюкасл, Великобритания), по разработке и совершенствованию радиоголографических методов для применения в области антенных измерений, медицинской диагностики и систем безопасности. В рамках этого сотрудничества Скобелев опубликовал 11 статей в ведущих международных журналах и сделал доклады на международных симпозиумах и конференциях.

Продолжается активное научное сотрудничество с Республикой Корея. В 2008 и 2009 годах по приглашению корейских научных организаций Шишлов выступал с лекциями на школах-семинарах по антеннам для систем спутниковой связи.

Базовая кафедра МФТИ

Будучи выпускником ФРТК и патриотом системы физтеха, Бубнов понимал необходимость создания на предприятии базовой кафедры МФТИ и готовил условия для ее образования. В частности, в КБРП в 60-е годы был создан радиотехнический комплекс подразделений, в которых работали известные специалисты, о чем подробно рассказано в пятой главе. В 1969–1970 годах Бубнов провел консультации и переговоры с деканом ФРТК МФТИ Митяшевым Б.Н. и ректором МФТИ Белоцерковским О.М. об образовании при КБРП базовой кафедры для подготовки инженеров-физиков по специальности «радиоэлектронные устройства» с целью их последующего трудоустройства на базовом предприятии и его филиалах. Предложение было одобрено, и 9 октября 1970 года был подписан приказ ректора о создании кафедры «Прикладная электродинамика». Заведующим кафедрой был назначен Бубнов, а его заместителем Заксон М.Б. В 1973 году заместителем заведующего кафедрой стал Малакшинов Н.П. Секретарем кафедры была назначена Аксенова Г.Н., которая также сыграла большую роль в организации учебного процесса и часто помогала студентам и аспирантам добрым советом.



Аксенова Г.Н.



Меркулов В.В. на лекции

Студентам 3 – 5 курсов на предприятии читали лекции по электродинамике, антеннам, СВЧ-устройствам, радиолокации, экономике и надежности радиосистем. Основополагающими были годовой курс лекций Малакшинова по макроскопической электродинамике, полуторагодовой курс Меркулова по антеннам, лекции Кинбера по дифракции, лекции Тюкова, Корчемкина, Наследова по СВЧ-устройствам.

Весьма ярким и значительно повлиявшим на мировоззрение студентов и аспирантов лектором был профессор Кинбер. Человек весьма колоритный и неординарный, опубликовавший ряд пионерских работ по асимптотической теории дифракции и теории

зеркальных антенн, на лекциях он не столько излагал содержание курса, посвященного асимптотическим методам описания электромагнитного поля, сколько учил думать, вырабатывал стиль мышления и отношение к знаниям.



Профессор Кинбер Б.Е.

В соответствии с правилами обучения в МФТИ студентов распределяли по подразделениям, каждому назначали научного руководителя и давали тему НИР, связанную с тематикой предприятия. Результаты работы за три-четыре года, проведенных на «базе», оформлялись в дипломной работе.

Защиты дипломных работ проводили на предприятии. В Государственные аттестационные комиссии Бубнов Г.Г. приглашал весьма известных специалистов из различных организаций. В течение многих лет председателями комиссий были д.т.н. Тартаковский Л.Б. из НИИРП и д.т.н., профессор Егоров Е.Н. из НИИМП (Зеленоград). Требовательность к уровню выполнения дипломных работ, оформлению и качеству докладов была достаточно высокой. В особенности благодаря высокой требовательности Егорова к работам дипломников серьезная подготовка студентов к защитам стала нормой.

В числе первых выпускников кафедры в 1972 и 1973 годах были Гармаш, Савельев, Азюкин, Борисов, Гаричев, Егоров, Классен, Очков, Сергеев, в будущем кандидаты и доктора наук, ведущие разработчики предприятия. В последующие годы вплоть до 1992-го кафедра выпускала ежегодно от 5 до 12 специалистов, а 1979 год стал рекордным: 13 выпускников! Следует подчеркнуть, что наряду с москвичами Бубнов брал на работу и иногородних выпускников МФТИ, для которых добивался выделения по лимитам московской прописки и жилплощади. Такая практика сохранялась на предприятии вплоть до середины 80-х годов.

В 1972 году первые выпускники кафедры Гармаш и Савельев поступили в аспирантуру, а в 1975 году они и Корчемкин успешно защитили кандидатские диссертации на Совете ФРТК. На следующий год диссертации защитили Классен, Сергеев. Впоследствии защиты диссертаций стали регулярными.

В 1975 году на кафедре начал работать научно-технический семинар, где докладывались работы студентов и аспирантов.



На семинаре кафедры (1980 г.)

С 1971 по 1990 год в Тушино работала вечерняя физико-техническая школа (ВФТШ) МФТИ. Физику и математику в ней преподавали студенты и аспиранты кафедры. Ежегодно несколько выпускников школы поступали в МФТИ, а некоторые из них потом приходили учиться на базовую кафедру и работать на предприятие.



Скобелев С.П. на уроке по математике в ЗФТШ (1980 г.)

Бубнов стремился подключить студентов, аспирантов и выпускников кафедры к наиболее перспективным и значимым разработкам предприятия, и многие приступали к работе с желанием, действовали плодотворно, добиваясь хороших результатов. О результатах этих работ можно прочитать в главах этой книги.



Сотрудники и выпускники базовой кафедры МФТИ поздравляют Бубнова Г.Г. с 50-летием
<u>Сидят</u>: Попов Ю.А., Корчемкин Ю.Б., Классен В.И., Бубнов Г.Г., Аксенова Г.Н., Гаричев С.Н., Тюльпаков В.Н., Смагин А.С..
<u>Стоят</u>: Гусев П.И., Батраченко Г.П., Шишлов А.В., Булыженков И.Э., Колесниченко Ю.Ф., Жигулин Л.Н., Максименко В.В., Очков Д.С., Иванишин М.М., Ерихов В.Г., Хау А.Г., Белоцерковский Б.Е., Гармаш В.Н., Егоров А.Н., Якимов И.Л., Богданов В.Ю., Стеблин В.И., Басалаев А.В., Лесюк И.А., Шалякин А.И., Виленко И.Л.

После Бубнова заведующим кафедрой прикладной электродинамики был назначен Заместитель Генерального директора ЦНПО «Вымпел» Сычев В.В. . В 1990-е годы резко уменьшилось число студентов и на базовой кафедре МФТИ. Два-три студента в группе стало печальной нормой. В 1990 году заведующим кафедрой был назначен Главный конструктор Толкачев, его заместителем – Шишлов. С этих пор кафедра стала называться «Прикладная электродинамика и информационные системы реального времени». Это подчеркивало, что кафедра, как и базовое предприятие, занимается не только отраслевыми, но и системными вопросами.



Профессор Фарбер В.Е. со студентами

За годы существования кафедры её окончили 237 студентов МФТИ. Сорок три человека защитили кандидатские диссертации и трое – докторские (Классен, Гаричев, Гармаш).

В настоящее время работает объединенная кафедра МФТИ на базе ГСКБ «Алмаз», ОАО «Радиофизика и ОАО «Импульс». От нашего предприятия лекции студентам читают Скобелев, Шитиков, Топчиев, Курикша, Фарбер. Часть студентов и аспирантов кафедры выполняют работы по НИР в подразделениях ОАО «Радиофизика».

К настоящему времени физтеховцы играют весомую, а часто и определяющую роль в жизни и разработках предприятия. Два заместителя генерального директора (Топчиев С.А. и Курикша В.А) и руководители трех из семи научно-технических отделений ОАО «Радиофизика» – выпускники МФТИ.

История не знает сослагательного наклонения - возможно, предприятие смогло бы вырасти и существовать без базовой кафедры МФТИ. Может быть, выпускники других вузов смогли бы достойно сохранить и преумножить достижения и традиции предыдущих поколений. Однако сложилось так, что физтеховцы «вросли» в ОАО «Радиофизика», образовали кадровый костяк и в значительной степени определяют сегодня лицо предприятия.

Базовая кафедра МАИ

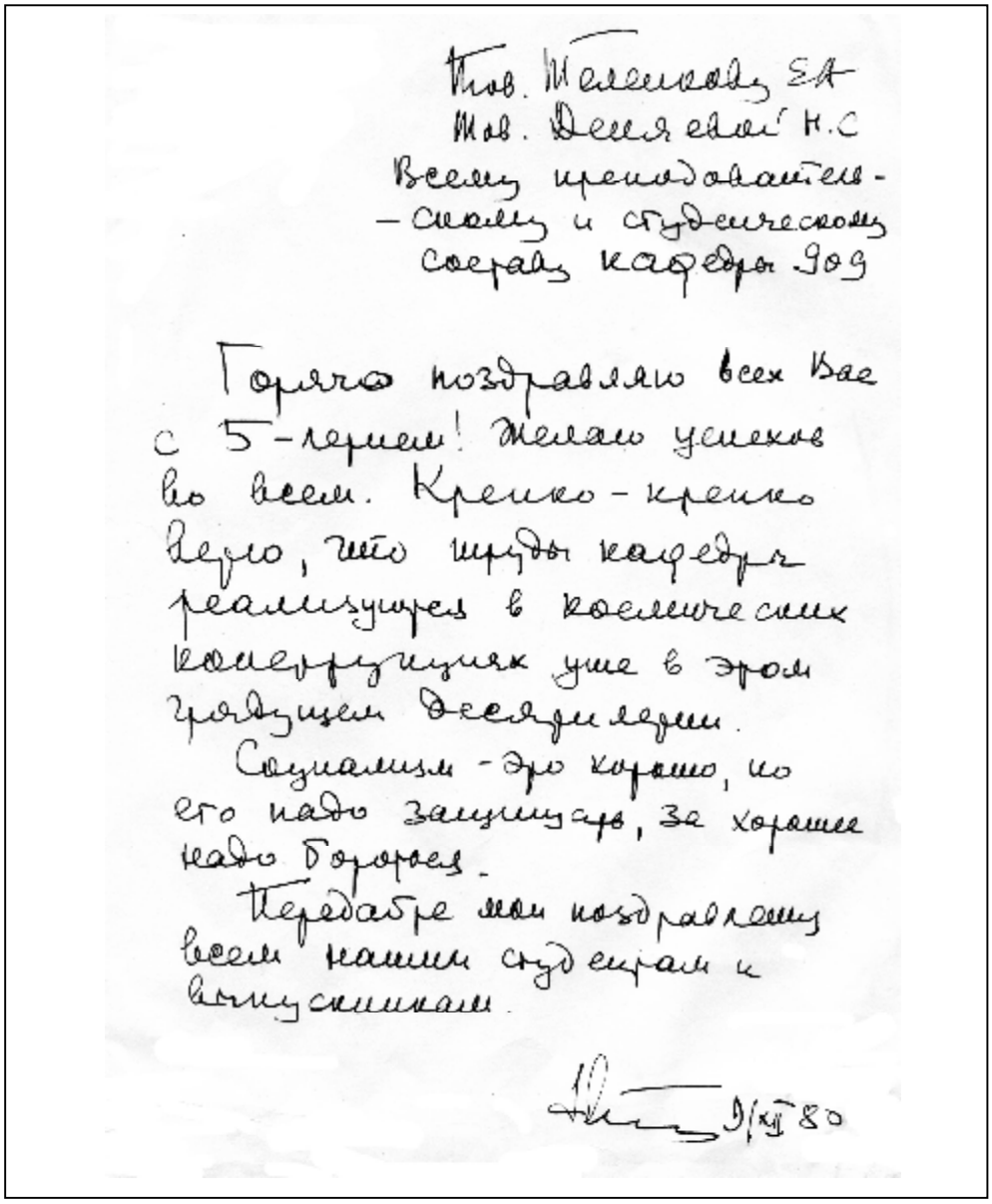
Создание базовой кафедры прикладной электродинамики МФТИ не решило всех кадровых проблем предприятия. КБРП остро нуждалось в пополнении конструкторских подразделений квалифицированными кадрами. Бубнов, как это нередко бывало, принял нетривиальное решение – создать собственную кафедру и обучать на ней студентов тем дисциплинам, которые требуются для работы в КБ. Как принималось такое решение подробно описано в главе Бубновой К.Н. В итоге совместным приказом Минвуза и Минрадиопрома СССР № 1073/368 от 8.12.75 г. в МАИ была организована кафедра 909 конструирования антенно-фидерных систем при базовом предприятии КБ радиотехнических приборов.

Кафедра была организована на факультете №9 прикладной механики. Выбор факультета подчеркивал направленность кафедры на подготовку конструкторов. Большую роль в организации кафедры сыграл Фетисов Г.П., бывший в то время деканом факультета. Бубнов стал первым заведующим кафедрой. Основную часть преподавателей составили ведущие сотрудники предприятия. Фотография преподавателей кафедры в первую годовщину ее основания также приведена в главе Бубновой. Первыми преподавателями кафедры были Бубнов Г.Г., Янукьян З.А., Диняева Н.С., Теленков Е.А., Бачурин В.Ф., Султанбеков Р.Б., Островский А.И., Шапиро Р.В., Ласкин Н.Н., Гармаш В.Н., Теленков М.А. Трое из них – кандидаты наук Теленков, Диняева и Янукьян – работают на кафедре и в настоящее время. Секретарем кафедры была Семененко Л.А. Обучение студентов на кафедре начиналось с 4 курса и продолжалось до защиты диплома. Первый выпуск студентов кафедры состоялся в 1979 году. В числе выпускников были Михаил Епифанов, Сергей и Ольга Алиповы, Владимир Румянцев, Татьяна и Сергей Глазковы.

Первые годы работы кафедры были очень трудными. Каждую дисциплину, каждую лабораторную и практическую работу приходилось готовить практически с нуля, так как аналогичных курсов в МАИ не преподавалось. Большой вклад в формирование учебного плана внес преподаватель кафедры доцент Железов Ф.Ф., много лет до этого проработавший в МАТИ. Теленков Е.А., являясь руководителем конструкторского отделения КБРП, вел на кафедре большой курс по конструированию антенно-фидерных устройств. Диняева вела курс по конструированию механизмов антенн. Для расширения кругозора студентов на кафедре с самого начала преподавались дисциплины радиотехнического профиля, в частности, Шапиро, Гармашом, Шабановым, Тюковым. На кафедре обучалось в среднем около 40 студентов на каждом курсе. Студенты проходили практику и готовили дипломные проекты в конструкторских подразделениях КБРП и на других предприятиях Минрадиопрома. В частности, базы для производственной практики студентов были организованы на Горьковском авиационном заводе «Сокол» и Гомельском радиозаводе.

В 1977 году Бубнов, ввиду большой занятости, предложил заведовать кафедрой Теленкову. В октябре 1979 года по инициативе Бубнова совместным приказом Минвуза и Минрадиопрома № 536/162С при кафедре создается отраслевая научно-исследовательская лаборатория конструирования и технологии производства антенно-фидерных устройств (ОНИЛ-9, в настоящее время НИЛ-9). В ней работали преподаватели, аспиранты и студенты МАИ, выполняя конструкторские работы по заданиям КБРП. Территориально ОНИЛ-9 располагалась на территории МАИ, что позволяло привлекать к работе сотрудников других кафедр МАИ. Научным руководителем ОНИЛ-9 стал Крахин О.И. В ОНИЛ-9 проводились работы по проектированию раскладных космических антенн, по устройствам на основе материалов с памятью, по поглощающим покрытиям из углеродных материалов, по конструированию волноводных устройств (в том числе для установки очистки газа от примесей, описанной в главе 4). В 1990 году Крахин защитил докторскую диссертацию по устройствам на основе материалов с памятью.

В декабре 1980 года кафедре 909 исполнилось 5 лет. Можно было утверждать, что кафедра состоялась. Основатель кафедры Бубнов из-за командировки на юбилее не присутствовал, но направил преподавателям и студентам кафедры поздравление, которое приводится ниже.



Тов. Теленкову Е.А.
Тов. Денисенко Н.С.
Всему преподавательскому и студенческому составу кафедры 909

Горячо поздравляю всех Вас с 5-летием! Желаю успехов во всем. Крепко-крепко верю, что труды кафедры реализуются в космических конструкциях уже в этом грядущем десятилетии.

Социализм - это хорошо, но его надо защищать, за хорошее надо бороться.

Передайте мои поздравления всем нашим студентам и выпускникам.

1/XII 80

Поздравление Бубнова Г.Г. преподавателям и студентам кафедры 909 в связи с 5-летним юбилеем

Период с 1980 по 1990 годы были самым успешным и плодотворным временем работы кафедры. Учебный процесс был отлажен. Студенты проходили полноценную производственную практику на предприятиях отрасли. Выпускники кафедры были востребованы многими предприятиями СССР. Преподавателями работали самые квалифицированные конструкторы и технологи предприятия. Кроме упомянутых ранее, в их числе были Пащенко В.Н., Рябой Б.С., Коротков А.А., Островский А.И., Швецов В.П., Халиулин Ф.Х., Егоров А.Н., Гольберг Б.Х.

С 1991 года, в связи с общим кризисом научно-производственной деятельности в стране, негативные процессы возникли и на кафедре. Падение престижа высшего образования привело к резкому снижению уровня абитуриентов и студентов. Появились большие группы студентов, работавших в коммерческих структурах и не посещавших занятия на 5-6 курсах. Разрушился механизм производственной практики. В результате только небольшая часть студентов получала образование, реально соответствующее квалификации инженера, и шла работать по специальности. Кризис отразился и на преподавательском составе. Часть преподавателей уволилась с базового предприятия и, соответственно, с кафедры. Желающих преподавать за мизерную зарплату найти было почти невозможно. ОАО «Радиофизика» решало проблему собственного выживания и внимания кафедре почти не уделяло. В этих условиях в 1997 году Теленков сложил с себя обязанности заведующего кафедрой. Новым заведующим кафедрой стал генеральный директор ОАО «Радиофизика» Петросов В.В.



Ведущие преподаватели кафедры: Диняева Н.С. и Теленков Е.А.

Петросов вследствие занятости на основной работе внутренним вопросам жизни кафедры внимания не уделял. Все вопросы организации работы кафедры взяла на себя Диняева Н.С. – заместитель заведующего кафедрой. Она ежегодно работала в приемной комиссии, набирая на кафедру абитуриентов, занималась формированием учебного плана, искала новых преподавателей. Сохранение дееспособности кафедры до настоящего времени – в значительной степени заслуга Диняевой. Петросов, со своей стороны, обеспечил сохранение в МАИ не очень нужной в это время кафедры 909. В эти годы студенты и выпускники кафедры все чаще начинают работать в подразделениях ОАО «Радиофизика» радиотехнического профиля. Соответственно меняются требования к студентам, и увеличивается объем радиотехнических дисциплин.



Заместитель заведующего кафедрой Диняева поздравляет с отличной защитой дипломов выпускников кафедры 2010 года: Коротецкого, Земенкова, Рыбина, Полищука

В 2008 году заведующим кафедрой стал новый Генеральный директор ОАО «Радиофизика» Левитан Б.А. В эти годы стал расти интерес студентов к инженерной деятельности. Появилась востребованность выпускников кафедры ведущими предприятиями оборонного комплекса. В этих условиях действия Левитана по увеличению финансирования кафедры, нормализации учебного процесса, технического перевооружения кафедры представляются разумными и объективно необходимыми.



Заведующий кафедрой Левитан Б.А. (в центре) с преподавателями Крахиным О.И. и Денисенко В.В.

В настоящее время на кафедре 909 работают два штатных профессора (Диняева, Крахин) и 23 преподавателя по совместительству (профессор Теленков, доценты Янукьян, Халиулин, Тюков, Гольберг, Селиванов, Расторгуев, Денисенко, Хабаров, Дубовик,

Сударенко, Кравцов, преподаватели Николаев, Буланцева, Бекренева, Перикова, Курчанов, Панькова). Заместителями заведующего кафедрой являются Диняева и Денисенко. Секретарем кафедры работает Сытова. Благодаря ее усилиям в помещениях кафедры уютно, как дома, а студенты знают, кто и когда их собирается учить. За 35 лет кафедрой подготовлено более 1100 инженеров в области проектирования антенно-фидерных систем. Ряд выпускников кафедры – Рустам Булатов, Сергей Алипов, Сергей Михеев, Юрий Пяйт, Петр Тушнов, Игорь Дубовик, Дмитрий Венценосцев – стали руководителями подразделений в ОАО «Радиофизика» и других предприятиях оборонного комплекса. Радченко В.П. в настоящее время – заместитель генерального директора ОАО «Радиофизика. Многие выпускники кафедры последних лет работают в ОАО «Радиофизика» (Богапова, Струлев, Сгадова, Чепаев, Пашкин, Агейчик, Назаров, Атаркина, Панькова, Курчанов, Яшкова, Мясоедов, Деменин, Татаркина, Горохов, Тузбеков), ГСКБ «Алмаз-Антей», ОАО «Фазотрон» и других предприятиях радиотехнического профиля.



Сотрудники кафедры 909 МАИ (26 февраля 2010 года)
Сидят: Янукьян З.А., Денисенко В.В., Теленков Е.А., Левитан Б.А. (заведующий кафедрой), Диняева Н.С., Крахин О.И., Сытова Т.Г.
Стоят: Бекренева Е.Е, Перикова М.Л., Николаев Н.В., Селиванов Н.Л., Дубовик И.Н., Буланцева Е.А., Хабаров В.В., Лисицын В.А., Расторгуев В.П.

16. НАШИ СМЕЖНИКИ О СЕБЕ И О НАС

Большие радиотехнические системы, как и все другие большие технические задачи, решались в СССР большими коллективами предприятий: разрабатывающие институты, отраслевые институты, в том числе Академии наук и вузы, заводы-изготовители и их конструкторские бюро. Несомненно, что при этом бывали неоправданны затраты и громоздкие решения. Но эта система работала, способствовала в высокой степени развитию высоких технологий и являлась мощным техническим средством, объединяющим страну. Связи с Украиной, Белоруссией, Казахстаном и Прибалтикой были многосторонними и эффективными. Главным условием этого было наличие больших общегосударственных задач. Вспомним Днепрогэс, Магнитогорский комбинат, Сталинградской тракторный завод и массу других до войны, Атомный проект, создание баллистических ракет и освоение околоземного Космоса. ПВО города Москвы и первое поражение баллистической ракеты 4 марта 1961 года в послевоенные годы.

Какими жалкими, беспомощными и корыстными представляются на этом фоне теперешние бесконечные разговоры о развитии перспективных технологий.

16.1. РАДИОКОМПАНИЯ «ВЕКТОР»

Классен В.И.



Классен В.И.

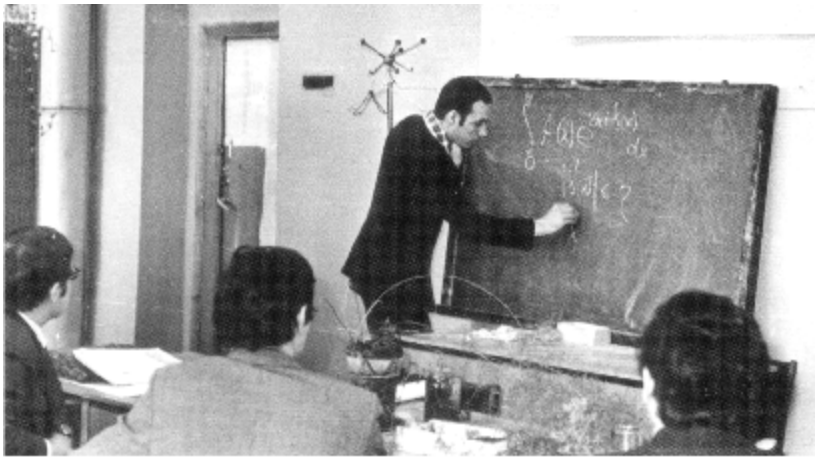
Москва

Моя профессиональная карьера началась на четвертом курсе физтеха, когда после первых лекций на базовом предприятии ЦКБ «Алмаз» (бывшее КБ-1), я понял, что это не то, о чем мечтал, и увидел на стене в общежитии небольшое объявление, что молодой профессор Бубнов Г.Г. организовал кафедру прикладной электродинамики на им же организованном предприятии КБРП им. академика А.А. Расплетина.

В ангаре бывшего Тушинского аэродрома, где расположилось это предприятие, были организованы лаборатории, и я попал в отдел к доктору Меркулову В.В. Нам все казалось

романтичным – и секретность, и «вертушка», и протекающая крыша, и крохотный домик лаборатории надежности под руководством Намиота Е.Ю., и огромные гудящие вибраторы фазированных антенных решеток загоризонтной локации, и страшный доктор Заксон М.Б., обожавший уравнения Максвелла, функции Ханкеля, Бесселя и Неймана, и очаровательная «мама» – секретарь кафедры Галина Николаевна Аксенова.

Меркулов В.В. был абсолютно неординарным ученым. Он увидел связь между теорией антенных решеток и теорией чисел и посоветовал мне в этом покопаться. Так появились статья «Асимптотические методы в теории антенн», которую мы опубликовали в журнале «Радиотехника и электроника», а затем и кандидатская диссертация 1976 года.



Семинар по асимптотическим методам. 1981 г.

В наше время на физтехе наши профессора и академики воспринимались как небожители. Мы их обожествляли, спокойно при этом считая, что скоро и мы будем с ними на равных. Одно другому не мешало.

С Георгием Григорьевичем Бубновым я впервые встретился в 1971 году в Тушино, у него в кабинете. Какого-то особого впечатления он на меня вначале не произвел. В студенческие и аспирантские годы я с ним общался мало, больше со своим научным руководителем Меркуловым В.В. и завлабом Малакшиновым Н.П.. Бубновским любимцем тех лет был мой друг Володя Сергеев, с которым они разрабатывали купольные антенны. Типичная картинка тех лет: мы, студенты, со своими научными отчетами сидим час у него в приемной, волнуемся. Вдруг стремительно из кабинета выходит Бубнов и говорит сакраментальное: «Сидеть. Ждать. Я пошел по цехам». Через два часа он появляется, и допоздна идет весьма конструктивное обсуждение наших результатов.

Обстановка на кафедре физтеха («Прикладная электродинамика»), которую он организовал, была фантастическая. Он любил и умел работать очень много, и каким-то образом это передавалось и нам. Как вот было это тогда заведено работать не меньше 12 часов, так это у меня сохранилось и сегодня. Регулярно проводились семинары, конференции, мы участвовали в симпозиумах, на все находились деньги. На 4–5 курсах появились уже первые наши статьи. Когда говорят «школа Бубнова» – это не натяжка. Он организовал еще молодым человеком КБ радиотехнических приборов им. академика А.А. Расплетина, направленное на разработку, конструирование и организацию производства антенн, и, в первую очередь, фазированных антенных решеток. Бубнов был блестящим инженером с колоссальной интуицией и блестящим организатором науки.

Первое «неученическое» общение с Бубновым у нас произошло в 1976 году, когда мы с Сергеевым на Ученом совете МФТИ защитили кандидатские, и Бубнов вдруг вздумал нас, молодых талантливых свежеиспеченных кандидатов принять на должности ведущих инженеров. «Вы мои любимцы, вы меня должны понять. Я же не могу всех назначать старшими научными сотрудниками». Пришлось ему перешагнуть «через не могу» – мы орали как резаные, кричали – «физтех не поймет». За два года работы в отделе Малакшинова

Н.П. мы сблизились с Георгием Григорьевичем, регулярно обсуждали актуальные вопросы теории и техники антенн и вышли на новое направление – «Гибридные антенны».

Восьмого августа 1978 года Бубнов подписал приказ о создании под моим руководством сектора антенн, который несколько лет занимался теоретическими и экспериментальными исследованиями гибридных зеркальных антенн, но, главным образом, более широким направлением – электродинамикой космических антенн второго поколения.

Бубнов создал внутри Минрадиопрома СССР весьма необычное узкоспециализированное предприятие – Конструкторское бюро, которое вначале в основном выпускало документацию для РЛС. Такие КБ были довольно типичны для авиапрома и молодой ракетной отрасли. Возможно, поэтому вначале сотрудники размещались на площадях ракетного центра им. Хруничева, потом в Тушинском авиационном ангаре, и лишь существенно позже Бубнову удалось построить в Северном Тушино современное 16-этажное здание из стекла и бетона, где сегодня размещается правопреемник КБРП – ОАО «Радиофизика».

Была создана кафедра МФТИ, многочисленные отделы и лаборатории, которые занимались преимущественно теоретическими исследованиями. Как следствие – потоком, десятками на физтеховском Ученом совете защищались кандидатские (позже – и докторские) диссертации. Жизнь просто кипела. В нашей лаборатории собралась плеяда блестящих молодых выпускников кафедры прикладной электродинамики: Саша Шишлов, Леша Тоболев, Саша Азюкин, Саша Шалякин, Ира Виленко, Валера Стеблин, Леша Медухин. В экспериментальных работах нам замечательно помогали техники Лариса Карабута и Саша Кузовкин. По существу, нашим Учителем и научным наставником почти на 15 лет стал большой ученый, всемирно известный профессор Кинбер Борис Евсеевич.

Первой большой совместной работой, за которую наш коллектив был награжден престижной премией Ленинского комсомола, было теоретическое и экспериментальное исследование гибридных зеркальных антенн, доказательство возможности электронного сканирования с помощью таких антенн.

Переехав из ангара в новое здание, мы стали ездить на лифтах, меньше бывать на свежем воздухе (на «старой территории» многие научные вопросы решались на скамейках под многочисленными каштанами), активно использовать советскую вычислительную технику (М-222) и решать серьезные задачи электродинамики для специфичных космических антенн. Мы решали сложнейшие задачи прикладной электродинамики. Отмечу здесь теорию ферритовых фазовращателей (Корчемкин Ю.Б.), синтез антенн (Гармаш В.Н.), теорию ФАР (Савельев П.А.), теорию бифокальных и полифокальных зеркальных антенн (Стеблин В.И., Виленко И.Л.), цикл работ по гибридным антеннам (Шишлов А.В., Тоболев А.К.).

В ЦНПО «Вымпел» Минрадиопрома СССР, куда мы входили в 80-е–90-е годы, разрабатывалась и создавалась вся радиотехническая составляющая отечественных систем предупреждения о ракетном нападении и контроля космического пространства. Я сейчас не помню, занимались ли мы проблемами локации и СВЧ-уничтожения абсолютно всех ракет, но крылатыми ракетами морского и наземного базирования занимались.

Главным для нашей лаборатории и института в целом была разработка новейших локаторов ПРО космического базирования, которые органично вошли бы в горбачевский и «ассиметричный» ответ Рейгану.

Многие годы по инициативе Бубнова наша лаборатория занималась ММДВ – миллиметровым диапазоном длин волн. Заранее была создана мощная аппаратная платформа для прорыва в миллиметровую радиолокацию. Конечно, вначале все эти работы концентрировались в 8-ми миллиметровом диапазоне – окне радиопрозрачности атмосферы Земли, но потом, когда догадались использовать уникальную частоту 60 ГГц (для волны 5 мм), все изменилось. Частота 60 ГГц – это собственная частота колебаний молекулы кислорода O_2, резонансная частота, на которой атмосфера Земли обеспечивает затухание любого радиолокационного сигнала, посылаемого с Земли в космос или из космоса на

Землю. С Земли нельзя поставить помеху космическому локатору, работающему на этой частоте, а космический локатор видит все головные части баллистических ракет, как «бриллианты на фоне черного бархата».

Мы вначале разработали космический радиометр, который с борта орбитальной станции «Мир» определял радиояркостную температуру факела баллистической ракеты, а затем начали разрабатывать приемо-передающий антенный модуль космического базирования миллиметрового диапазона (ППФАМ).

Институт радиофизики мог разрабатывать, но не мог производить. Для производства РЛС ММДВ, ППФАМ и другой техники требовался серийный завод. Было очевидно, что это может быть только часовой завод. Но не любой, а предельно спрятанный от западных спецслужб. Выбор был достаточно очевиден – Углич или Чистополь, но не Петродворец и не Москва. По ряду причин выбрали Чистополь.

Год 1986-й был и для меня, и для моей семьи сложным и переломным. В классическом физтеховском стиле – 10 лет после защиты кандидатской – была закончена докторская, которая была секретной и называлась «Электродинамические проблемы создания космических антенн второго поколения». Туда вошли результаты по теории и экспериментам с гибридными зеркальными антеннами, бифокальным и полифокальным системам, космическим зонтичным антеннам, космическим солнечным электростанциям и некоторые другие.

В марте Бубнов неожиданно заговорил о Чистополе, о необходимости создания радиозавода, который мог бы овладеть технологией изготовления РЛС космического базирования в миллиметровом диапазоне длин волн. Речь, по его мнению, могла идти только о часовом производстве, где рабочие привыкли к микронным точностям. Дело в том, что если антенна или волноводная система работают на длине волны 5 миллиметров, то точность изготовления компонентов должна быть микронной.

Выбирали часовой завод и, как я уже говорил, либо в Угличе, либо в Чистополе, т.к. Петродворец и Москва совсем не подходили с точки зрения обеспечения режима секретности. Чистополь уверенно выиграл этот «конкурс», т.к. находился далеко от Москвы, между Казанью и Чистополем протекала широкая Кама, к тому же тогда моста не было, надо было плыть на пароме

Но Бубнов не был бы мудрым человеком, если бы эти обстоятельства считал главными. Главным вопросом были люди, их интеллектуальный потенциал. Задачи были в основном физтеховского уровня, мы их взяли в Долгопрудном, в ЗФТШ (заочная физтехшкола МФТИ).



Пяйт Ю.Л., Классен В.И., Шишлов А.В. Март 1986 г. Чистополь

Стало ясно, что город подходит на роль будущего «радиограда» Минрадиопрома. Все это прекрасно укладывалось в горбачевские реформы, и никто тогда предположить не мог, даже когда рвануло в Чернобыле, что скоро «рванет» и СССР, и КПСС.

Удивительно, что сейчас, в 2006 году в серьезной прессе обсуждается тот же вопрос, что и 1986г. – каким должен быть российский ответ на безудержную гонку вооружений со стороны США? И сегодня, и тогда трезвые аналитики говорили – асимметричным, то есть умным, не слишком обременительным с точки зрения финансов.

В советские времена любая новая национальная программа начиналась с Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР. То же самое было и по отношению к Чистополю. «В целях безусловного выполнения решений Политбюро ЦК КПСС, расширения с этой целью производственно-конструкторской базы по созданию перспективных СВЧ-элементов и узлов для информационных средств ММДВ космического базирования создать в г.Чистополе конструкторско-технологическое бюро «Вектор» (ЧКТБ «Вектор»), передать из Минприбора в Минрадиопром Чистопольский часовой завод «Восток» на правах опытного завода НИИ радиофизики им. академика А.А. Расплетина; определить, что основным направлением работ ЧКТБ «Вектор» является разработка, конструирование, технологическая подготовка и сопровождение на Чистопольском опытном заводе НИИРФ производства СВЧ-элементов, узлов и модулей антенных решеток информационных систем ММДВ космического базирования для перспективных систем ПРО; установить для ЧКТБ «Вектор» I категорию по оплате труда; организовать в г. Чистополе факультет «Восток» Московского авиационного института им. С. Орджоникидзе; утвердить программу промышленного и жилищного строительства для ЧКТБ «Вектор», факультета «Восток» завода-втуза МАИ и Чистопольского опытного завода НИИРФ; установить лимит численности ЧКТБ «Вектор» 1400–1500 человек; распространить на чистопольские предприятия МРП порядок материально-технического обеспечения без предоставления расчетов и обоснований с подписью «непредвиденные работы», исполняются впереди всех потребителей по литеру «А».

Этот перечень льгот, которые получал Чистополь, можно продолжить еще на нескольких страницах. Почему я говорю Чистополь, а не ЧЧЗ, – потому, что в то время это было почти одно и то же. По тем временам город, часовой завод получили исторический шанс, беспрецедентные деньги, льготы и преференции под конкретную задачу. Николай Иванович Рыжков, тогдашний Председатель Правительства СССР, «под занавес» своего пребывания на высоком посту подписал распоряжение о закупке в Финляндии для Чистополя специального корпуса микроэлектроники площадью 27 000 квадратных метров «суперчистых» площадей.

Сейчас многим трудно понять, почему я принял предложение Бубнова Г.Г. и переехал из Москвы в Чистополь, в совершенно мне тогда незнакомую Татарию. Было чудесное время перестройки, я только-только защитил докторскую на физтехе, моя лаборатория была одной из самых «продвинутых» в институте, жена только-только родила вторую дочку, мы напряглись, и в Строгино, на берегу Москвы-реки построили себе 3-х комнатную кооперативную квартиру. Но Бубнов нашел слова, которые меня убедили, что поехать надо. Я не был членом КПСС, меня могли лишь попросить. Чтобы сказать жене, что мы летим в Татарию, я не нашел ничего лучше, как пригласить ее в кинотеатр, на последний сеанс и в темноте сказать. Плакала весь фильм.

В советские времена существовал отработанный, обкатанный многократно в ВПК метод создания научно-производственных центров. Ни секунды не сомневаясь, мы его применили и в Чистополе.

1. Был задействован полностью мощный советский административный ресурс – ЦК КПСС, Правительство СССР, Минрадиопром (Плешаков П.С.), МинВУЗ, Госплан, Татарский обком партии (Усманов Г.И.), Чистопольский горком партии (Стекольщиков В.Д.) и горисполком (Хайруллин А.Х.).

2. Было решено пригласить в город по пятилетним контрактам выдающихся ученых и инженеров со всей страны в области радиолокации, теории и техники фазированных антенных решеток (ФАР), систем управления и ЭВМ, программистов, конструкторов и технологов, специалистов по СВЧ-приемникам и передатчикам. В Чистополь приехали замечательные специалисты: Петрович В.В. (создал уникальную лабораторию микроэлектроники, разработал pin- и nipin-структуры, обеспечивающие наносекундные времена переброски луча радиолокатора), Грошев И.Н., Лаврик Ю.В. и Пляцок З.А. из Киевского политеха, которые в ЧКТБ разработали два модуля для ФАР ММДВ – «Алиса» и «Альянс»; Бурдин С.Г. (с женою Татьяной Лариной), который со своим отделом и в кооперации со всем предприятием разработали и испытали радиорелейную станцию БС-8; Белош В.В., который в Чистополе построил несколько вычислительных центров – как на базе могучих ЭВМ серии ЕС, так и ПЭВМ, а также разработал схемы управления для фазовращателей и антенных решеток совместно с Камолдиновым С.М.; Богданов В.Ю. – очень грамотный теоретик в области радиолокации.



В гостях у РК «Вектор» делегация республиканского руководства во главе с первым секретарем Татарского обкома КПСС Усмановым Г.И. (крайний слева – нынешний первый заместитель председателя Государственной думы РФ Морозов О.В.)

Основной «бубновской» идеей было перевести все инженерные подразделения Чистопольского часового завода «Восток» в ЧКТБ «Вектор», чтобы легче было завод превратить в радиозавод. Это и было сделано. Численность завода была около 12 000, уменьшилась человек на 300 за счет подразделений конструкторских, технологических, метрологии, стандартизации, технической документации и некоторых других. ЧКТБ внедряло на заводе производство ферритовых фазовращателей ММДВ, ячеек управления ФАР, волноводных элементов с серебрением и золочением, фазовращателей на шаговых двигателях, пьезоэлементах; совместно изготовили первый «кирпичик» будущей космической РЛС ПРО – ППФАМ (приемо-передающий фазированный модуль).



С Генеральным конструктором НИИ радиофизики Толкачевым А.А. и Главным инженером того же института Ремизовым Б.А.

Замечательно про факультет «Восток» в 1999 году написал доцент Казанского государственного технического университета (Казанский авиационный институт) Олег Павлович Лавренов. Иногда мне кажется, что лучше про наше детище и не скажешь, поэтому привожу его текст полностью (газета «Крылья», №1444 – 1445, ноябрь 1999г.):

«Старинный русский город Чистополь издавна славился великолепной рыбалкой, отменными настойками и различными ремеслами. Красавица Кама постоянно вдохновляла живописцев и литераторов на творческие успехи, а прогрессивных горожан на благоустройство города. Вот почему к 1917 году в Чистополе действовала телефонная сеть, электрическое освещение, канализация, водопровод, а музыканты, писатели, художники охотно приезжали сюда отдыхать и творить».

Уже в наше время Чистополь прославился командирскими часами «Восток», «Чистопольской водкой» и трикотажными изделиями. Сегодня главной достопримечательностью и гордостью города являются не промышленные успехи часового завода, не великолепные храмы и городские музеи, а удивительное учебное заведение «Восток» – лучшее потомство нашего некогда блистательного и славного, но, увы, стареющего КАИ.

В 1987 году, в жаркий июльский полдень рейсовый казанский автобус высадил около часового завода двух молодых людей. Они, полюбовавшись высокими камскими берегами, решительно направились в бюро пропусков. В их тощих дипломатах не было проекта мраморной лестницы к Каме, плана организации шахматного клуба. Не собирались они давать и сеанс одновременной шахматной игры горожанам. Вооруженные решениями партии и правительства СССР, 36-летний доктор технических наук В.И. Классен и 30-летний кандидат технических наук А.И. Чехонадских, презрев уют московских квартир, прибыли с твердым намерением превратить Чистополь в …нет, не в шахматную столицу мира, а в центр современной радиоэлектронной промышленности и мысли!

Вслед за ними высадился десант из десятка таких же романтиков и искателей приключений – столичных молодых кандидатов различных малооплачиваемых наук. Поскольку даже дюжине очень энергичных и жизнерадостных людей все-таки была не по силам эта последняя грандиозная задача СССР, в помощь родившемуся ЧКТБ «Вектор» была создана кузница инженерных кадров – факультет «Восток», филиал радиотехнического факультета КАИ.

Прошло 12 лет. СССР развалился. ЧКТБ «Вектор» стал ЗАО «Радиокомпания «Вектор». А факультет прижился, сделал шесть выпусков и продолжает процветать. В прошлом году он переехал в новое прекрасное здание – один из новых корпусов часового завода, став филиалом III факультета. Он очень похож на наше 7-е здание, только в полтора раза больше, выше и красивее. В просторных, сверкающих чистотой аудиториях, на семи этажах сегодня обучается более пятисот человек: две группы прибористов, три – экономистов, заочники-экономисты, курсы бухгалтеров, операторов, подготовительные курсы, компьютерный клуб для школьников, секция технического обучения для рабочих. Необходимо отметить активную помощь во всем этом заведующего кафедрой экономики Афанасьева А.А, Дровникова Ю.С.

С будущего года открывается специальность по экологии. Много сил, средств и изобретательности вложил декан Чехонадских А.И. в оборудование лабораторий. Краса и гордость факультета, зависть КГТУ – два компьютерных класса, оборудованные Pentium II в количестве 30 штук (куплены на собственные, заработанные факультетом деньги), принтерами и подключением к Internet. Все дипломные проекты выполняются только на ЭВМ (распоряжение Чехонадских), а патентный поиск – обязательно в Internet.. Вторая гордость факультета – читальный зал на сто человек. Свободный доступ к литературе, стеллажи с современными изданиями, чистота, уют, цветы, полированные столы с настольными лампами. Только в этом году приобретено книг на 100 000 рублей. Не мудрено, что весь читающий город приходит сюда заниматься. Зал обязательно открыт по субботам, а иногда и по воскресеньям.

Третья гордость факультета – студсовет и студенческая самодеятельность в прямом смысле этого слова. Команда КВН, танцоры, музыканты, оформители, боевая дружина до позднего вечера репетируют, рисуют, отрабатывают, налаживают. И все это самостоятельно, на собственном желании и энтузиазме. Со стороны декана – полная материальная поддержка и одобрение: аудио, видео, фото, краски, кисти, клей, материалы.

Факультету хронически не хватает преподавателей, особенно по специальным дисциплинам, и помощь КГТУ здесь значительна. Но уже защищена докторская диссертация по физике Хусаиновым М.Г. и кандидатская диссертация выпускником факультета Дорониным А.Н. На горизонте еще несколько претендентов на эти звания.

Чистополь и вся округа на 100 км любит и глубоко уважает свой факультет. Много средств в него вкладывает директор Чистопольского часового завода Цивилин В.В., другие предприятия оказывают посильную помощь. Авторитет Чехонадских А.И. и Классена В.И. велик, неоспорим, разумность их решений не подлежит сомнениям или возражениям. Оба умелые администраторы и, с уверенностью можно сказать, талантливые организаторы: у них божий дар располагать к себе людей, широченный кругозор, потрясающая доброта и работоспособность. Подумать только, в маленьком полудеревянном Чистополе с полусельским населением самостоятельно развивается и расширяется филиал-красавец «Восток» со своими приборно-экономическими компьютеризированными специальностями, в РК «Вектор» и МП «БИСТ» успешно развивают спутниковую и релейную связь по всей России. Причем все это делается силами своих выращенных кадров.

Сегодня у факультета-филиала «Восток» достаточно сил, идей и возможностей, чтобы уверенно смотреть в будущее. Он практически доказал, и никто в этом не сомневается, что нужен Чистополю и как высшее учебное заведение, и как культурный центр города. Трудно предугадать будущее, но одно остается неизменным: заря всегда загорается на Востоке.

Расскажу теперь, какие оборонные технологии и технологии двойного назначения мы принесли на чистопольскую землю. Сейчас это уже не секрет. Развивали и разрабатывали эти технологии как сотрудники ЧКТБ, так и часового завода. Все начинается с аббревиатуры ПРО, СПРН и СККП – противоракетная оборона, система предупреждения о ракетном нападении и система контроля космического пространства. Радиолокационной частью этих систем занимался огромный главк Минрадиопрома – ЦНПО «Вымпел» (ныне МАК «Вымпел») под руководством Михайлова Н.В. Более узкую задачу решал НИИ радиофизики

им. академика А.А. Расплетина, который тогда возглавлял Генеральный конструктор А.А. Толкачев.

В содружестве с часовщиками были созданы единственные в мире ФАР ММДВ на пьезовращателях, на миниатюрных шаговых двигателях, было создано (под руководством Киржнер Т.И.) ферритовое производство; были освоены фазовращатели, «День» (совместно с ленинградским НПО «Феррит», секретный 4-ый цех (Кузнецов А.В.) освоил ячейки антенных решеток для РЛС «Самара», большие отряды конструкторов, технологов и рабочих (Зотеев В.П., Корочкин М.В., Захарычев В.А., Хабибуллин Ф.З. и другие) освоили весь спектр СВЧ-волноводных элементов ММДВ, наладили серийный их выпуск, и не только с покрытием из серебра, но и с покрытием из золота. В годы перестройки, когда госзаказа уже по сути не было, мы с успехом продавали золоченые волноводные элементы в США, по контракту с компанией Dorado Co. Уникальные полупроводниковые диоды и pin-структуры создавал Петрович В.В. со своим коллективом – отделом Д6; ничего подобного по характеристикам в мире не было (насколько знаю, и сегодня нет).



ППФАМ РЛС «Самара»

Уникальные проходные управляемые среды на полупроводниках и ферритах научился рассчитывать молодой специалист Игорь Лесюк, различные квазиоптические структуры рассчитывал Миша Попов; Руслан Гулуев, эмигрировавший позже в Канаду, разработал теорию целого ряда волноводных элементов ММДВ. Лаврик Ю.В. демонстрировал высочайший уровень своего интеллекта в теории полупроводниковых ФАР. По сути, вся сегодняшняя компьютерная культура в Чистополе поставлена мощным отделом Д3 и его бессменным лидером – кандидатом технических наук Белошем В.В.. На всех предприятиях, во всех банках, за всеми компьютерами сидят его ученики или бывшие студенты, которые у него учились, или бывшие сотрудники отдела. Кроме разработки и создания многочисленных автоматизированных измерительных стендов (пригодился опыт создания крупнейшего в мире Сибирского солнечного радиотелескопа), в Чистополе именно Белошем В.В. и его отделом были созданы многочисленные ВЦ и компьютерные классы.

Локационная культура пришла с Богдановым В.Ю. Блестяще закончив физтех, он столь же блестяще и увлеченно преподавал студентам, при этом успевая разрабатывать новые наземные и космические РЛС.

Вопросы СВЧ-генерации (в меньшей степени – приема сигналов) чрезвычайно глубоко и плодотворно разрабатывались в отделе Д5 под руководством Бурдина С.Г. и деятельном

участии Тенгиза Гогоберидзе и Германа Федоровского. Создание большой кооперации (Н. Новгород, Харьков, Фрязино, Вильнюс, Москва), обширное экспериментирование позволили нам тогда резко продвинуться в вопросе создания первой советской релейки ММДВ.

Отдельная образцовая лаборатория была создана Хабибуллиным Ф.З., блестящим специалистом по тонкопленочным и толстопленочным технологиям, а позже, в содружестве с «НИИвакууммашем», его же коллектив отработал и внедрил на часовом заводе технологию вакуумного напыления нитрида титана.

Большая стройка шла в селе Булдырь, недалеко от Чистополя. Коллектив Сергея Кронберга создавал экспериментальный радиотехнический комплекс, где будущие космические РЛС должны были настраиваться и обмеряться. Как говорили в те годы, коллективы двух предприятий, ЧКТБ и ЧЧЗ, под мудрым руководством коммунистической партии и родного Минрадиопрома, уверенно шли вперед и создали ППФАМ – прообраз того, что должно было производиться в Финском модуле.

В декабре 1989 года вышел знаменитый Указ М.С. Горбачева «Об аренде и арендных отношениях в СССР». Практически синхронно (сначала ЧЧЗ, а через пару недель и ЧКТБ) мы взяли предприятия в аренду с правом выкупа. Удивительно – ведь два «почтовых ящика», два предприятия ВПК. Но в Москве нам уже шептали – «Украина и Белоруссия «отваливают», рассыплется и все остальное». Мы два года – мучительно, дорого, за деньги и ваучеры, выкупали ЧКТБ «Вектор» и стали АОЗТ «Радиокомпания «Вектор». Как говорится, превратились в 100% частное предприятие и даже выпустили акции.

В стране начался настоящий хаос. Народ это видел по пустым полкам магазинов. Предприятия ВПК видели это с другой колокольни. Если раньше у нас никогда не было проблем с деньгами, то сейчас пошли новые приказы из Москвы: конверсия, продажа всего лишнего имущества, зарабатывайте деньги сами, занимайтесь медицинским инструментом и оборудованием, разрабатывайте мини-плейер для молодежи, займитесь спутниковым телевидением, давайте делать СВЧ-печи, продавайте волноводные элементы в Штаты – ну, в общем, делайте все, что поможет вам заработать деньги, а финансировать РЛС не можем!

Кроме того, что на глазах разваливался Советский Союз, в Татарской АССР, или Татарии, пошли разговоры о суверенитете и об отделении от России. Это было все очень плохо для предприятия, это было все плохо для специалистов, приглашенных на большое дело в Чистополь.

В 90-ом – 91-ом – 92-ом годах было у нас несколько капитальных плюсов и несколько капитальных минусов.

1. В ЧКТБ собралась невиданная концентрация умных людей. Возможно, им временами вместе было тесно. Но умные люди постоянно генерили идеи выхода из ситуации, в которой оказался ВПК в целом и ЧКТБ в частности, и эти идеи были правильными.

2. Мы стремительно выкупали предприятие и брали управление в свои руки, в руки собственников, хозяев своей дальнейшей судьбы.

3. Большую часть имеющихся ресурсов мы тратили уже не на оборонную тематику, а на рыночные продукты: радиорелейки для бизнес-связи (нынешние РРЛ БИСТ), системы спутникового и кабельного телевидения, «джентльменские наборы» СВЧ-волноводных элементов ММДВ.

4. Мы энергично налаживали отношения с немцами, с Дойче Телеком (доктор Эрих Фелманн и Хорст Гансмантель), решив сделать стратегический разворот от космической радиолокации к космической связи. Именно тогда, в содружестве с немцами, мы разработали свой первый большой проект спутниковой связи для КАМАЗа и начали его реализацию.

5. Именно в те беспокойные годы началась наша дружба с Муратовым Р.Ф.и. Шаймиевым М.Ш, которые послали меня в США на переговоры с Hughes Network Systems. В результате был заключен без всякого разрешения Москвы контракт на 48 млн. долларов, и Татарстан получил, кроме двух новых междугородних АТС System-12 от Standart Electrik Lorenz (АТС-843 и АТС-855) станцию спутниковой связи GTE (Бостон), которая обеспечила

руководству связь со всем миром через Фучино на севере Италии и всему населению Татарстана цифровую сотовую связь стандарта DAMPS. В построении этих телекоммуникаций сотрудники Радиокомпании «Вектор» принимали самое непосредственное участие.

6. У нас не было ни одного квадратного метра своих площадей. Мы были предприятием–квартирантом на площадях часового завода. Это сейчас сотни тысяч (правда – малых) предприятий существуют годами таким образом – в технопарках, бизнес-центрах или как-то еще.

Понимая это, мы оформили себе участок земли на другом конце Чистополя, сделали проект в «Союзхимпромпроекте» и начали строить свои собственные площади.

7. Нам никогда не приходило в голову, что кто-то из сотрудников предаст свой коллектив.

Когда подписали Беловежское соглашение и развалился Союз, когда опечатали райкомы партии и не стало КПСС, когда Татария объявила о своем суверенитете, руководство часового завода перекрыло «вертушку» и несколько сот сотрудников ЧКТБ «Вектор» оказались на улице. Искать помощи было не у кого, и мы рассредоточились в 12 точках города – в подвалах, в Учхозе, на факультете «Восток», в Доме купца Мельникова и т.д. Развод был предопределен – мы были людьми разной закваски, из разного теста. И сегодня я со спокойной душой говорю спасибо часовому заводу – спасибо, что предоставили площади в аренду, спасибо за совместную работу, спасибо за «развод» и спасибо за то, что дали возможность демонтировать и вывезти все имущество и научное оборудование. Развод был более или менее цивилизованным. Бывает лучше. Бывает гораздо хуже. У нас остался общий любимый ребенок – факультет «Восток», которому уже 20 лет, и которого мы воспитываем вместе. Вполне мирно.

Наступила новая эпоха. Не было власти в старом понимании этого слова. Мы вмиг стали свободными людьми и получили в «чистом поле» на улице К.Маркса, участок земли, где несколько лет строили свое предприятие. Все эти годы нам активно помогали Петросов В.В., Гвоздовский Н.К. и Левитан Б.А. За 20 лет в Чистополе «построились» два предприятия – хлебозавод и мы. Конечно, здесь уместна и самокритика. Здание мы затеяли семиэтажное (с бомбоубежищем) – слава Богу, остановились на 4-ом этаже, и то его еще не освоили полностью; земли нам отвели мало, сегодня налоги платим и думаем – зачем нам так много?

При поддержке вице-премьера Стекольщикова В.Д. мы начали строить рядом с предприятием 60-ти квартирный дом, подстанцию, очистные сооружения; сделали генеральный план застройки всего Юго-Востока Чистополя; на ул. Нестерова построили десять 2-х квартирных коттеджей. Всего же, за 20 лет, от предприятия получили благоустроенные квартиры и коттеджи 54 семьи сотрудников.



Радиокомпания «Вектор»

На предприятие стали приезжать американцы. Приехал Джейк Холл, Президент Хьюза, «человек General Motors» и с ним президент фирмы–посредника – «Сан-Франциско Москва Телепорт» Том Девидсон. В день поражения ГКЧП, я завизировал договор на 48 млн. USD с Хьюзом. В Чистополь, в Радиокомпанию «Вектор» стали приезжать американцы: вице-президенты Джон Маккланнаган, Джеймс Ференц, Джад, Джеймс Маклоуд, наш друг Том Горман и многие другие.

Совместно с Сабировым А.Б. и Шайдуллиным Л.З. мы довольно оперативно построили первые 14 башен с базовыми станциями сотовой связи.

На предприятие стали приезжать немцы. В первую очередь мой большой друг Эрих Феллман из Deutsche Telecom (по вероисповеданию мы с ним меннониты), затем Хорст Гансмантель из ANT Bosch Telecom, Боденштайн, Шладебах и многие, многие другие. Десяток наших сотрудников в разные годы учились основам спутниковой связи в Германии в Bosch Telecom, в Dornier, в Romantis, а также в Бельгии (6 месяцев) по программе TACIS.

Тогдашний генеральный директор КАМАЗа Бех Н.И. «прикрыл» уже созданное дочернее предприятие, которое должно было обеспечить спутниковой связью 50 автоцентров, и полностью отдал эту задачу нам.

Рынок информационно-коммуникационных технологий в 2004–2005гг. достиг 35 млрд. долларов в год и в среднем последние годы имеет темп роста 25–40%. Это один из самых динамичных рынков в России.

Работая с 1992 года на рынке спутниковой связи, мы заняли в таблице федеральных операторов среднее положение – у нас около шести десятков своих работающих станций спутниковой связи (а всего было установлено около 80-ти, но некоторые клиенты, – например, в Чечне, отключились от нас, когда восстановили более дешевую проводную связь). Всего же, с учетом выполняемых монтажных и пуско-наладочных работ, мы в России построили более 400 станций спутниковой связи – от Москвы до Южно-Сахалинска, от Мурманска до Астрахани.

За последние 10 лет цены на оборудование спутниковой связи упали в 10 раз, технические и качественные характеристики резко повысились. С весны 2004 года Минсвязи России упростило и удешевило процедуру получения частот и разрешений, цены уменьшились примерно в 10 раз. Начав со спутника Intelsat 604, мы сегодня работаем с ИСЗ Sesat, Ямал–200, Intelsat 904, Экспресс, что позволяет создавать сети передачи данных, голоса, Интернета, видеоизображения на любой территории России, СНГ, Европы, Ближнего Востока и севера Африки.

Мы работаем с двумя абсолютными лидерами в области производства оборудования спутниковой связи – израильской Gilat и американской Hughes Network Systems, другими и тесно кооперируемся со всеми московскими операторами спутниковой связи, в первую очередь с ГПКС, Московским Телепортом, СТЭК. КОМ, Сетьтелекомом, Русат, Газкомом, имеющими шлюзы в Москве, Дубне, и Медвежьих Озерах; наш собственный шлюзовый телепорт также расположен в Москве.

Если первые десять лет операторской деятельности мы строили в основном спутниковую связь в виде «этажерок» из мультиплексоров и модемов, ориентировались на «толстые» каналы, соединяющие точку А с точкой В, то в последние 5 лет технологии спутниковой связи стремительно модернизируются. Спутниковый частотный ресурс используется гораздо экономнее, всеми цифровыми потоками управляет центральная станция – Хаб, удаленные терминалы, расположенные на буровых, АЗС, банках, магазинах «Рамстор» или «Евросеть», на школах, синагогах, или игровых залах «Джек Пот», стали легче, дешевле, предельно простыми в монтаже и настройке.

Корпоративные системы связи мы проектируем и строим в основном на ведущих предприятиях Татарстана. Здесь мы можем похвастать высококлассными проектировщиками, в области телекоммуникаций – лучшими в Татарстане, и чрезвычайно опытными бригадами монтажников, которые крайне редко бывают в Чистополе – всегда на передовой.

Основные корпоративные системы телекоммуникаций, которые мы делаем, это структурированные кабельные системы, системы передачи данных, системы видеонаблюдения и архивирования, локальные телевизионные сети, современные телефонные системы связи, радиофикации, контроль доступа, охранно-пожарную сигнализацию, современные решения по презентации и многое другое.

Базовые станции сотовой связи мы строим уже более 10 лет, и мы были первыми, кто это начал делать в Татарстане. Точнее мы были вторыми в России после Би Лайн. Сейчас эта работа упростилась, тем не менее она требует высочайшей квалификации, собранности, смелости (монтаж идет на высоте до 125 м). Работают строители, электрики, сварщики, монтажники, специалисты по кондиционированию, охранно-пожарной и иной сигнализации, специалисты по релейной связи, по антеннам, приемо-передатчикам и т.д.

15 декабря 2005 года в ЗАО «РК «Вектор» был запущен «Вектор-Навигатор» – Центр спутниковой навигации мониторинга транспорта.

Реальность показала, что сотовые телефоны для управления транспортом не годятся. Мобильная связь имеет обыкновение прерываться или вообще пропадать на некоторых участках пути, информацию о местоположении, переданную водителем, невозможно проверить. Спутник же позволяет отследить любое количество транспортных средств. Сигнал поступает в центральную диспетчерскую службу. Диспетчер не только видит на мониторе, где находится та или иная машина, но и с какой скоростью она движется, в каком состоянии груз. С помощью спутниковой системы водитель, находясь в любой точке, в течение нескольких минут может вызвать и скорую помощь, и тягач в случае поломки автомобиля. Работает система просто: на транспортные средства устанавливается бортовой комплект, включающий GPS-прибор, контроллер, средство передачи информации, с помощью которого осуществляется определение текущих координат, скорости, курса, сбор информации о состоянии датчиков. Все это обрабатывается нашими серверами и передается в диспетчерский центр, где и осуществляется контроль за местонахождением и состоянием транспортных средств.

Самую интересную и тяжелую работу берет на себя телематический сервер, он получает, обрабатывает и хранит информацию. Никакая информация не должна быть потеряна, поэтому каждая функция сервера имеет двойное резервирование, то есть, каждое сообщение от автомобиля записывается дважды, используются 3 интернет-канала, чтобы эту информацию передать и два сервера, чтобы ее сохранить.

Нам не нужна услуга, работающая «через раз», поэтому мы сделали все, чтобы обеспечить работоспособность системы: не работает обычный Интернет – переходим на спутниковый, отключили электричество – переходим на резерв, и так по каждому сервису. За сервером и системами его жизнеобеспечения следит персонал круглосуточных дежурных.

По опыту транспортных компаний после внедрения систем мониторинга за счет четкого контроля движения автомобиля грузооборот повышается на 20-30%. Компания, автомобили которой оснащены системой мониторинга, получают конкурентное преимущество за счет оптимального планирования грузоперевозок. По нашему опыту экономия ГСМ составила 50%, подключение к центру одного автомобиля окупилось за 2 месяца.

«Президент Шаймиев» – это сегодня такой же бренд, как IBM или Coca-Cola. Этот бренд как минимум знают в бывшем Союзе.



Шаймиев М.Ш. всегда внимательно вникает во все детали

Конечно, вначале мы дружили крепко с Усмановым. Выкуривали за одну встречу целую пачку «Столичных». Он четко понимал, что мы должны были сделать в Чистополе. С Шаймиевым не курили. И я уже бросил после запрета КПСС, и он не курит. Зато такого внимания, понимания, сочувствия к нашим делам я не видел никогда со стороны других государственных деятелей России.

Факультет «Восток» выпустил более 1000 инженеров, которые работают не только на базовых предприятиях – РК «Вектор» и ЧЧЗ «Восток», но и на любом другом предприятии, банке, учреждении; являются учредителями и организаторами десятков частных бизнесов. Как сказал Шаймиев, познакомившись с нашим факультетом, это «элитное высшее учебное заведение». Сегодня, невзирая на общую плохую демографию, и конкурс высок, и побеждают наши студенты на всероссийских олимпиадах и конкурсах, и прославят еще Чистополь.

Шаймиев спровоцировал поворот ИСЗ Intelsat 604 своими антеннами на Татарстан, заявил, что раз в Москве есть «БиЛайн», то и в Казани, в Татарстане должна быть цифровая сотовая связь (и «Вектор» помчался в Вашингтон за «хьюзовцами»); именно Шаймиев М.Ш. написал письмо Булгаку В.Б., министру связи, с просьбой дать нам лицензию на спутниковую связь. Шаймиев и Муратов неоднократно пытались «перетащить» меня в Казань; последний раз это было связано с Казанским оптико-механическим заводом (КОМЗ). Моя позиция была неизменной:

Власть надо ругать. В этом смысле для когда-то второго города Республики татарстанские власти сделали непозволительно мало – почти ничего. Тем не менее, всегда говорю спасибо за моральную поддержку, которую мы все, приехавшие в Чистополь, чувствуем 20 лет от руководства Республики.

Кинбер Б.Е.

Кинбер Борис Евсеевич – доктор технических наук, профессор, ученый с мировым именем, чьи научные работы активно цитируются не одно десятилетие, – это мой Учитель, научный руководитель на протяжении почти 20 лет. И если Бубнов Г.Г. был учителем больше по жизни, то Борис Евсеевич был учителем – научным руководителем. Как ученый, он принадлежал к плеяде абсолютно блистательных советских ученых в области электродинамики, которых я всегда называл – «миролюбивая еврейская общественность». Это Фельд Я.Н., Бененсон, Вайнштейн Л.А., Заксон М.Б., Боровиков В.А., Кацепеленбаум Б.З., Цейтлин И.М., Вольперт А.Р. и ряд других. Как-то Борис Евсеевич с большим юмором воскликнул: «Витя! Как это так получается – с кем не подружусь, выясняется – еврей. Один Вы – немец!».



Такой разный Кинбер Б.Е.

Кроме двух сотен фундаментальных научных работ, опубликованных в «толстых» журналах «a la» «Радиотехника и электроника» Академии наук, Кинбер Б.Е. в соавторстве написал 3 книги:

1. «Обратные задачи в оптике и теории антенн», Чистополь, 1988 год в соавторстве с Сашей Шишловым, Сережей Капцовым.
2. «Геометрическая теория дифракции», 1978 год, совместно с Боровиковым В.А. – через 10 лет вышла в Англии, в издательстве «Pergamon Press».
3. «Теория и техника антенн», совместно с Классеным В.И., МФТИ, 1985г.

Среди моих любимых научных статей Бориса Евсеевича такие знаменитые, как «Об ошибках измерения диаграмм рассеяния в зоне Френеля» и «О погрешности измерения КНД и ДН антенн на близких расстояниях».

Большинство московских ученых считали Кинбера скандальным человеком. Считаю, что это совершенно не так. Он был щепетильным и сверхпринципиальным, когда дело касалось Науки, научного знания. И если в работе не было научной новизны, он так и говорил; если результат или статья были мелкотравчатыми, он так и говорил – «публикашки». Этим, в общем-то, нажил себе уйму врагов, даже долго не мог в Москве устроиться на работу, имея мировое имя. Я его принял на работу в свою лабораторию в 1978 году.

Он задавал планку отсчета. В его присутствии нельзя было говорить: «мы впервые в Татарстане» или «мы впервые в Чистополе» – только «мы первыми в мире». И чтобы задать

точку отсчета чистопольским научным исследованиям в области электродинамики, в смежных областях, мы в 1988 году организовали в Чистополе Всесоюзную Школу по дифракции и распространению волн. Было приглашено со всего Союза более 150 человек, «профессура» жила на роскошном новом ледоколе «Капитан Демидов» (кают-компания, бар, сауна, бильярд), а слушатели аспиранты жили в гостинице «Чистополь» и в общежитиях совхоза-техникума. Десять дней были лекции, семинары, прогулки по Каме, и что еще запомнилось – дивный запах яблок. Незнакомые чистопольцы каждый день мешками, корзинами приносили яблоки «ученым–москвичам».

Б.Е. происходил из известной музыкальной семьи. Его мама, Лидия Яковлевна Зайцева, имела прозвище «советский Пол Юрок». Она была главным антрепренером, «заведовала» всеми сценическими площадками Москвы – от Большого зала консерватории до Зала им. П.И. Чайковского. Б.Е. слушал классику ежедневно, знал ее досконально, дружил со многими композиторами, исполнителями, сделал и меня постоянным участником Музыкального клуба при Доме композиторов в Москве, у него была большая музыкальная библиотека и колоссальная коллекция пластинок. Он был Учителем. И он был необычайно щедрым – все, что он знал, он должен был отдать молодежи, друзьям, знакомым. С первого дня чистопольской эпопеи он мне говорил, что ничего в Чистополе не будет, если мы сюда не принесем культуру.

В Доме Мельникова он регулярно устраивал музыкальные вечера, читал лекции, привозил пластинки; в город дважды приезжал музыкант мирового класса, его друг Наум Штаркман (в этом году умер); приезжала чудо-певица, меццо-сопрано Виктория Николаевна Иванова. Во всем в жизни его поддерживала супруга Юлия Викторовна. Образованный и культурнейший человек, она много раз бывала в Чистополе, до последнего дня интересовалась нашими успехами, нашими чистопольскими делами, была преданным другом нашей семьи.

16.2. НИИ «ДОМЕН». НЕМНОГО О НАС

Лебедь Б.М., Милевский Н.П.

По-видимому, неслучайно, но получилось так, что наш НИИ «Домен» («в девичестве» ВЖШ-596) родился примерно в те же сроки, что и уважаемый нами НИИ радиофизики. Рождение наше проходило по одному сценарию по указаниям директивных органов, которые были вызваны весьма серьезными обстоятельствами, обусловленными соревнованием двух миров в условиях холодной войны.

С тех пор прошло немало лет. Вам «стукнуло» пятьдесят, нам – чуть больше. Радикально изменилась наша страна и отношения ее с окружающим миром. Изменились и мы все. Масштабы наших совместных проектов существенно уменьшились, но они продолжаются, и, кроме того, нам есть что вспомнить и подвести итоги результатов огромного объема исследований и разработок, выполненных НИИ «Домен» по проектам НИИ «Радиофизика». Работы велись «СВЧ–комплексом НИИ «Домен», включавшим два тематических направления: ферритовые материалы для техники СВЧ (Главный конструктор Яковлев Ю.М.) и ферритовые СВЧ-приборы. Мне посчастливилось долгие годы осуществлять научно-техническое руководство творческим коллективом «Комплекса», начиная с момента его формирования в начале шестидесятых годов и в годы расцвета его творческой деятельности в семидесятые и восьмидесятые годы прошлого столетия, вплоть до перестройки девяностых, резко изменившей прежние приоритеты. Основу коллектива составили молодые выпускники ленинградских вузов и техникумов. Это был необыкновенно дружный, очень работоспособный, обладавший большими креативными возможностями, коллектив научных работников, инженеров и техников, умевший не только много творчески и продуктивно работать, но и не менее творчески и интересно отдыхать. В качестве примера можно привести ежегодные весенние праздники КВН, проводимые регулярно сотрудниками СВЧ-комплекса в один из последних воскресных дней мая. По мнению многих зрителей и участников КВН СВЧ-злободневность, юмористические находки и накал страстей не уступали известному телевизионному шоу. Все наши достижения, успехи, неудачи находили достаточное отражение в программах выступлений на КВН СВЧ. Здесь следует, хотя бы кратко остановиться на истории формирования коллектива НИИ «Домен».

Формирование творческого коллектива и всего того, что впоследствии получило наименование: Научно-исследовательский институт «Домен», началось с первого приказа «о штатном расписании» первого нашего директора Николая Давыдовича Горбунова. Приказ датирован 01 августа 1959 г.



Горбунов Н.Д.

Николай Давыдович – прекрасный организатор и управленец. Человек сталинской закалки, имевший громадный опыт успешной работы в научно-исследовательских организациях, он прекрасно понимал и ценил роль специалистов. Девиз – кадры решают все – был для него делом повседневной заботы о сотрудниках института и, в первую очередь, о широком привлечении молодых специалистов. Николай Давыдович всячески поддерживал и культивировал творческую самостоятельность и инициативность молодых специалистов при решении научно-технических задач, стоявших перед институтом. Тонкое понимание оптимальных условий управления и эффективного функционирования научного подразделения позволило Горбунову Н.Д. в кратчайшие сроки создать активно действующий творческий коллектив. В дальнейшем огромную помощь ему оказал Главный инженер Георгий Александрович Матвеев, впоследствии занявший директорский пост. К большому сожалению, их давно уже нет, но в нашей памяти эти люди, сыгравшие определяющую роль в становлении НИИ «Домен», останутся навсегда.



Матвеев Г.А.

Разработка ферритовых материалов и приборов на их основе для радиотехники СВЧ составляла важнейшее из ведущих направлений деятельности НИИ «Домен». Институт рождался, рос и развивался в тесном и плодотворном сотрудничестве с ведущими отечественными НИИ и КБ, работавшими над проблемами прикладной радиофизики и определявшими уровень развития отечественных стратегических радиоэлектронных средств различного назначения. Среди наших основных заказчиков достаточно упомянуть Московский радиотехнический институт, Научно-исследовательский институт радиофизики им. академика А.А.Расплетина. Вместе с ними активно работали множество других научных учреждений и предприятий, образуя своеобразную среду обитания – прикладную физику. Сосредоточилась на ней и деятельность НИИ «Домен».

По проектам этих предприятий разрабатывались и сооружались уникальные радиолокационные комплексы с электронным управлением лучом и чрезвычайно высоким энергетическим потенциалом. Построение высокоэнергетических генерирующих устройств СВЧ и миллиметрового диапазона и сложных антенн с электрическим управлением диаграммами направленности потребовало соответствующей новой компонентной базы. Для обеспечения устойчивой и надежной работы мощных радиопередающих устройств РЛС были необходимы невзаимные приборы – вентили и циркуляторы и управляемые антенные устройства (фазовращатели, переключатели). Очень сложные требования предъявлялись к комплексу собственных параметров и режимов эксплуатации этих приборов. Уровень требований всегда был высок и, как правило, каждый раз существенно превышал пределы возможностей существовавших подобных разборок. Это приводило к необходимости непрерывно совершенствовать процесс проектирования и технологии ферритовых СВЧ-приборов и изыскивать новые пути решения стоящих задач. В большинстве случаев эти задачи успешно и в заданные сроки решались, а разработанные модели приборов соответствовали лучшим зарубежным аналогам.

Ситуация, однако, существенно изменилась, когда была поставлена задача разработки комплекта ферритовых СВЧ-приборов для проекта «Аргунь». Сформированные технические требования на разработку «развязывающих» приборов были беспрецедентны. Совокупность этих требований, уникальных даже по современным представлениям, поставила массу проблемных вопросов, ответов на которые в то время не существовало.

Проект «Аргунь»

К моменту начала проектных работ по приборам для РЛС «Истра» коллективом СВЧ-комплекса НИИ «Домен» уже был разработан ряд ферритовых материалов и принципы конструирования мощных моделей вентилей и циркуляторов с совокупностью собственных характеристик, даже превышающих текущий среднемировой уровень. Однако оказалось, что все ранее наработанные конструктивные решения в новых условиях малопригодны или вовсе не применимы. Сложности возникали на каждом шагу, на каждом этапе, начиная с согласования исходных требований на приборы. Главная проблема состояла в обеспечении работоспособности приборов в условиях экстремальных требований по величине передаваемой рабочей мощности. Уровень импульсной рабочей мощности для стандартного прямоугольного волновода сечением 57 × 120 мм. Кроме того, по условиям эксплуатации приборов необходимо было обеспечить надежную работу приборов на нагрузки с высоким коэффициентом отражения вплоть до режима короткого замыкания. Уровень эквивалентной импульсной мощности достигал в этих условиях 120 МВт. Возможность реализации таких приборов по тем временам казалась немыслимой. Он и сейчас, по прошествии времени, впечатляет. Ничего подобного в мире тогда не существовало. И хотя разработки велись по

обычным в те времена директивным указаниям, требовалось немалое гражданское мужество коллектива, взявшегося за исполнение этого проекта, ибо право на ошибку исключалось.

Уровень требований был столь высок, что потребовалось заново рассмотреть все этапы технологического цикла построения приборов, начиная от этапа синтеза необходимого ферритового материала и кончая этапами проектирования, настройки и испытаний. Обусловлено это многофакторностью последствий воздействия мощных СВЧ–колебаний на основной рабочий ферритовый элемент приборов. Наряду с последствиями непосредственного воздействия амплитуд переменных магнитных и электрических полей СВЧ на собственные параметры ферритового материала под воздействием нагрева формируется сложнонапряженное механическое состояние ферритового элемента вследствие термоупругих напряжений, вызванных температурными градиентами. Упругие напряжения, в свою очередь, через магнитострикцию ферритового материала изменяют магнитные свойства ферритового элемента прибора и, как следствие, параметры прибора.

Важнейшим фактором, определяющим работоспособность ферритовых приборов при воздействии мощных импульсных сигналов СВЧ, является минимизация возможных нелинейных процессов. Известно, что функциональные характеристики ферритовых приборов реализуются при использовании одного основного типа магнитных колебаний, например однородной прецессии. В то же время в ферритах могут существовать и другие типы собственных колебаний и волн высших порядков, известных как магнитостатические колебания и волны. В линейном приближении по амплитудам переменного магнитного поля СВЧ-сигналов эти колебания и волны независимы. Однако нелинейность движения переменной намагниченности может явиться причиной нелинейной связи между отдельными колебаниями и волнами высших порядков. Наиболее значимыми из этих процессов являются параметрические процессы возбуждения одних типов колебаний и волн под воздействием других, когда их амплитуда превышает некоторое пороговое значение. В результате такой связи образуется весьма эффективный канал оттока энергии основного (рабочего) колебания к параметрически возбужденным сторонним колебаниям и волнам переменной намагниченности. Поскольку нелинейный процесс носит параметрический характер, то пороговые значения амплитуд могут быть очень низкими. Нелинейные процессы такого типа наблюдаются в ферритовых вкладышах во всех видах ферритовых СВЧ-приборов и устройств в виде прогрессирующего нелинейного роста вносимых ими потерь по мере возрастания амплитуды воздействующего СВЧ-сигнала.

Эффективным средством подавления параметрических процессов в ферритах является существенное увеличение собственных потерь параметрически возбужденных колебаний и волн. Поскольку носители и параметрических колебаний и основного рабочего однородного колебания является одна и та же ферритовая среда, то применяемые методы подавления не должны существенно влиять на потери рабочего колебания. С этой целью необходимо было изменить магнитную структуру феррита таким образом, чтобы процессы рассеивания магнитных колебаний высших порядков существенно превосходили рассеивание колебаний основного типа. Принимая во внимание большую разницу в волновых векторах основного и высших типов колебаний, необходимо было в ферритовой среде создать мелкомасштабные центры рассеивания параметрически возбужденных колебаний и волн. В поликристаллических ферритах такими естественными центрами рассеивания могли бы быть кристаллиты. С этой целью необходимо было разработать технологию синтеза ферритов с мелкокристаллической структурой без ухудшения его магнитных и диэлектрических свойств. Такой технологией явилось горячее прессование ферритов. Создание этой технологии применительно к ферритовым СВЧ–материалам началось в конце 50^{x} годов с работой к.т.н. Образцова А.И., и окончательное развитие получило в работах его последователей и сотрудников Харинской М.А., Родионовой М.К., Гегенавы Г.В., Саенко И.В. и др. В результате был разработан технологический процесс горячего прессования ферритов и необходимое технологическое оборудование. Разработка технологии явилась знаковым событием. Это было большим достижением, практически обеспечившим

получение горячепрессованных ферритовых материалов всех СВЧ–марок. Применение технологии горячего прессования сняло проблему синтеза пороговой устойчивости СВЧ–ферритовых материалов. При этом одновременно решалась вторая не менее важная задача – получение ферритового материала с максимальными механическими свойствами. С использованием этого технологического процесса и оборудования был получен необходимый горячепрессовый феррит марки 10СЧ8, полностью удовлетворявший требованиям по порогоустойчивости.



Козырев В.Н.

Параллельно с работами по синтезу необходимого ферритового материала проводилось проектирование мощного вентиля для выходного тракта мощного радиопередающего устройства РЛС «Истра». В качестве базовой модели был принят вариант построения вентиля на основе четырехплечного фазового циркулятора совместно с комплектом мощных согласованных нагрузок. Поскольку вентиль должен был нормально функционировать в режиме короткого замыкания, то нагрузки должны были быть рассчитаны на рассеивание полной рабочей мощности передатчика РЛС.

Для проведения проектных работ по построению вентиля была создана группа из молодых инженеров и техников, организационно-техническое руководство которой осуществлял Леушин И.И. Научно- техническое ядро группы возглавлял талантливый инженер Владимир Николаевич Козырев, внесший существенный и решающий вклад в успешное завершение всего проекта в целом.

Начался проектный процесс, несмотря на уже значительный накопленный опыт, с поиска новых конструкторских и технологических решений и путей их реализации, обусловленных уже отмечавшейся экстремальностью исходных технических требований. Так уже процесс по изготовлению волноводных деталей арматуры вентиля потребовал серьезной конструкторской и технологической переработки. Для обеспечения надежной электрической устойчивости волноводного тракта был применен надув тракта воздухом при избыточном давлении 4,5 атмосфер. Это в свою очередь обусловило необходимость использования толстостенного волновода. В качестве такового был выбран алюминиевый прямоугольный волновод сечением 57×120 с толщиной стенки 10 мм. Пришлось корректировать конструкцию вентиля и радикально изменять технологию его изготовления. Определяющий вклад в решение этой задачи внесли Валинский С.М., Казачков П.И., Ободков Ю.С. и др.

Аналогичная ситуация возникла при выполнении такой казалось бы рутинной операции, как монтаж ферритовых элементов невзаимного фазовращателя внутри волноводных труб. Ферритовый невзаимный фазовращатель для обеспечения необходимого набега фазы $\pi/2$ и достаточной электрической прочности тракта, в котором он монтировался, состоял из двух пластин размером (длина, ширина, толщина) $300 \times 36 \times 10$ мм. Пластины располагались на широких стенках внутри волновода 57×120, одна напротив другой. Из-за большой разницы термических коэффициентов расширения волновода и феррита и значительных температурных градиентов в ферритовой пластине фазовращателя возникают термоупругие напряжения, превышающие пороговые значения механической устойчивости, происходит ее разрушение, а как следствие - электрический пробой. Для минимизации возникающих термоупругих напряжений ферритовая пластина фазовращателя набиралась из квадратных ферритовых элементов размером $36 \times 36 \times 10$ мм. Таким образом, ферритовый вкладыш фазовращателя состоял из более чем сорока ферритовых элементов. Такой сложный ферритовый вкладыш, нареченный разработчиками «селедкой», со всей тщательностью должен быть смонтирован практически вслепую внутри волноводной трубы длиной более метра. Для закрепления ферритовых элементов были исследованы и апробированы практически все ранее применявшиеся способы, начиная от пайки до применения различных адгезивов. Однако ни один из них полностью не избавлял от возникновения критических скалывающих термоупругих напряжений. Пришлось провести

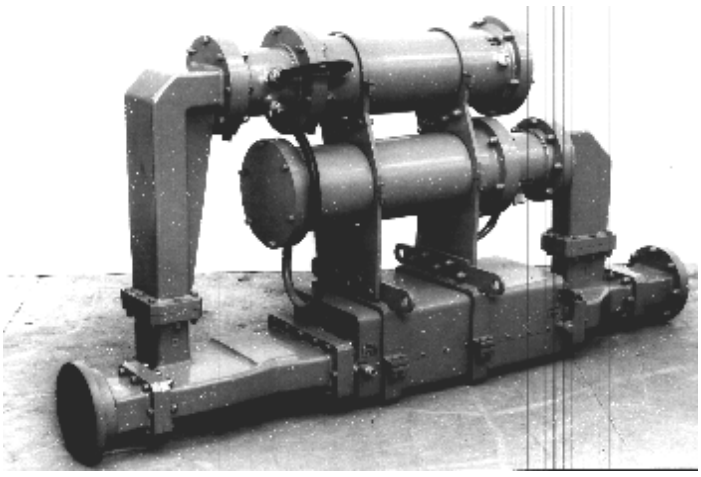
огромный объем расчетных работ и натурных исследований и испытаний соединений пары феррит-металл. В результате была разработана оптимальная технология крепления ферритовых элементов, в которой пришлось частично пожертвовать прочностью соединения в пользу его пластичности, при всех температурных режимах вентиля.

Но по-прежнему оставалась нерешенной задача уверенного и надежного контроля качества технологического процесса закрепления ферритовых элементов фазовращателя, что нередко вело к отказам. Полностью и окончательно ее удалось решить только путем разработки разъемной волноводной секции фазовращателя, обеспечившей уверенный визуальный и контактный контроль качества клейки.

Сходные задачи пришлось решать при разработке согласованных нагрузок на полную рабочую мощность. С момента начала проекта было принято решение разрабатывать «сухой» вариант нагрузки с водяным охлаждением. В качестве поглотителя СВЧ–мощности в нагрузках первоначально использовался карборунд, а впоследствии были применены специально разработанные ферритовые материалы.

Окончательным критерием пригодности использованных конструктивных решений и технологических разработок циркулятора и нагрузок являлись натурные испытания отдельных узлов и приборов в целом на рабочей СВЧ–мощности. При выполнении проекта был проведен огромный объем таких испытаний. Натурные испытания на мощности как бы подводили итог качеству и степени завершенности проделанной работы. Не всегда эти испытания заканчивались успехом и, как правило, первопричиной такого исхода являлись конструктивно-технологические недоработки. Однако, встречались и курьезные неудачи при проведении испытаний.

Один такой случай произошел при проведении приемо-сдаточных испытаний вентиля с представителем Заказчика. При проведении подготовительных операций и сборки вентиля в одной из нагрузок был случайно оставлен большой лоскут ветоши, применявшийся при очистке внутренних полостей перед сборкой. Собранный прибор был установлен на испытательной стенд и на него была подана полная рабочая мощность. Вскоре после начала испытаний, несмотря на герметичность волноводного тракта, начал распространяться запах горелого. Испытания срочно приостановили и провели полную разборку вентиля и к большому изумлению извлекли из нагрузки вентиля большой обугленный кусок ветхого нижнего мужского белья. Удивление, быстро перешедшее в веселье, комментарии участников испытаний вмиг улетучились, как только представитель заказчика попытался квалифицировать случившееся как возможную попытку умышленного срыва важнейшего государственного заказа. С большим трудом удалось замять назревавший скандал с возможными непредсказуемыми последствиями. К счастью этот инцидент не повлек за собой никаких последствий, кроме ужесточения контроля при проведении сборочных работ. Днем рождения прибора, получившего наименование 15 ВВВ-7, мы считаем 1967 год, когда впервые полный цикл испытаний был полностью успешно завершен. Родилась новая модель мощного вентиля, не имевшего аналогов в мировой технике СВЧ.



Волноводный вентиль (шифр «Доза») оконечного каскада радиопередающего устройства РЛС «Истра»

Предстоял следующий этап: организация мелкосерийного производства приборов на ленинградском заводе «Ферроприбор». Процесс внедрения в производство прошел в кратчайшие сроки благодаря активному участию в работах ведущих разработчиков института и специалистов завода. Несомненная заслуга в успешном и быстром завершении процесса освоения принадлежит Фокину М.М., Маркут-Маркау В.И., Леушину И.И. и руководимому ими коллективу специалистов и рабочих НИИ «Домен» и завода «Ферроприбор». Первые образцы приборов 15ВВВ-7, изготовленные заводом «Ферроприбор», начали поступать на испытательный полигон в Сары-Шаган. Но на этом создание модели 15ВВВ-7 не закончились.

Уже в процессе опытной эксплуатации приборов 15ВВВ-7 в составе радиолокационного комплекса «Аргунь» обнаружилось, что при длительной непрерывной работе в системе водяного охлаждения постоянно накапливались желеобразные осадки, приводившие к недопустимому росту гидродинамического сопротивления тракта охлаждения и, как следствие, к резкому ухудшению охлаждения ферритовой секции прибора и возможному разрушению ферритовых пластин. Это приводило к необходимости периодически осуществлять трудоемкую операцию по очистке водяного тракта системы охлаждения. Все ужесточения по регламентации качества охлаждающей воды не давали результата. Осадки продолжали появляться. Причиной явилась разнородность материалов, составляющих общий водяной тракт систем охлаждения мощного радиопередающего устройства и вентиля. Системы охлаждения генераторных приборов традиционно изготавливались из медных сплавов, а вентиль 15ВВВ-7 имел алюминиевую систему охлаждения. Разность электрохимических потенциалов этих металлов и явилась причиной образования осадков. Поэтому срочно была разработана модифицированная ферритовая секция, имевшая водяную систему охлаждения из медного сплава.

И на этом завершилось столь памятное для нас, сотрудников НИИ «Домен», активное участие в работах по проекту «Аргунь». Сегодня, много лет спустя со времени нашего участия в проекте «Аргунь», можно подвести вполне определенные итоги. Что нам дал тот цикл наших НИОКР, стимулированных проектом «Аргунь»? Теперь хорошо видно, что мы достигли многого. Экстремальные требования, предъявленные к приборам, необходимым для проекта, потребовали широкого и весьма серьезного пересмотра всего процесса проектирования и производства мощных ферритовых СВЧ-приборов. Возникла острая необходимость поиска новых путей и решений, адекватных резко возросшим требованиям. Это в равной степени касалось разработки ферритовых материалов и изделий из них. Разработаны методы конструирования ферритовых секций мощных приборов, позволившие решить сложную и трудную задачу одновременного обеспечения заданной электрической прочности и тепловых режимов, обеспечивающих устойчивое термоупругое состояние ферритовых элементов. Вся совокупность полученных (достигнутых) проектных, конструкторских и технологических решений обеспечила возможность на качественно новом уровне строить мощные приборы при значительном снижении затрат на производство. Это создало необходимые экономические предпосылки для применения их в СВЧ-энергетических комплексах гражданского назначения.

И все же главным итогом явилось построение унитарного сверхмощного по тем временам вентиля, ставшее знаковым событием в жизни всего коллектива НИИ «Домен» и в значительной степени предопределившее пути дальнейшего развития всего направления мощных ферритовых приборов СВЧ. Приятно также сознавать, что коллектив разработчиков и технологов СВЧ-комплекса НИИ «Домен» принял активное участие и внес заметный вклад в построение сложнейшего радиотехнического объекта, определявшего мировой уровень развития радиолокационных средств.

И в заключении следует привести пример того, насколько продуктивны были конструкторские решения, полученные в рамках работ по проекту «Аргунь». Выше уже отмечалось, что узким местом, определяющим предельные мощностные возможности невзаимных ферритовых СВЧ–приборов, является волноводная секция с ферритовыми

элементами. По результатам разработок по проекту было рекомендовано разработать разъемный вариант волноводной ферритовой секции, ибо только такая секция гарантированно обеспечивала необходимое и достаточное качество монтажа в волноводе ферритовых элементов фазовращателя. Преимущество такого подхода многократно проверялись и подтверждались в последующих разработках. В качестве примера можно привести разработку экспортного образца вентиля, предназначавшегося для экологического проекта в США. Вентиль модели WFHC-3-1 был выполнен на волноводе международного стандарта WR-340 на среднюю рабочую частоту 2,45ГГц и имел среднюю рабочую мощность при допущении режима работы на короткое замыкание. Прибор WFHC-3-1 был успешно испытан в США.

Следует отметить, что проведение испытаний приборов на номинальной рабочей мощности всегда было предметом наших особых забот. Во время работы над проектом «Аргунь» институт активно разрабатывал мощные уникальные вентили и циркуляторы для других радиосистем и на другие частоты. Ключевым моментом каждого проекта, определявшем степень его завершенности, было проведение натурных испытаний на предельных рабочих режимах по канализируемой мощности. Причем разработка соответствующих генераторных электровакуумных приборов на номинальную мощность, как правило, сильно запаздывала. Приходилось в процессе проектирования наших приборов ограничиваться расчетными данными и испытаниями на эквивалентных режимах. Работы приходилось приостанавливать в ожидании источников номинальной рабочей мощности. Разработки затягивались, и проекты переходили в стадию нервозного ожидания конечных испытаний на номинальной мощности. И перед разработчиками вставал почти гамлетовский вопрос: «будет держать или не будет держать мощность». Но разрядка наступала также неотвратимо, как и задержка, и проходило это каждый раз по-разному. Приведем два разных примера. Не так давно, лет 30 назад, из столицы приходит сообщение – имеем возможность и готовы проводить испытания, время ограничено. Оперативно принимается решение. Арендуется автомобиль «Волга», в него загружаются два ящика с испытуемым изделием общим весом более 300кг и с соответствующим сопровождением приборы доставляются к месту назначения. Испытания на эквивалент антенны и с непосредственным выходом в эфир прошли успешно.

Но бывало и так. Примерно в тот же период в институт приходит телеграмма: «Удачно смонтировали ваш прибор. На объекте отсутствует инструкция по эксплуатации прибора. Срывается запуск. Срочно высылайте инструкцию эксплуатации». Подпись: «Командир в/ч , г.Чехов, Московская обл.». Институт отвечает: «Свою оплошность исправляем. Срочно высылаем инструкцию эксплуатации». Подпись: «Главный инженер п/я, г.Ленинград.» Проходит месяц, другой. В институт поступает телеграмма: «Продолжаем ждать инструкцию эксплуатации. Срывается запуск. Командир в/ч, г.Чехов, Московская обл.»

Институт поднят на ноги. Кто, когда и куда отправил инструкцию эксплуатации прибора? Разобрались. Инструкция была вовремя отправлена в Чехов, но не в Подмосковье, а на Сахалин. Выводы были сделаны. Пробный запуск системы прошел успешно. Конечно, бывали и другие случаи, когда испытания проходили неудачно, что случалось существенно реже.

Проект «Руза»

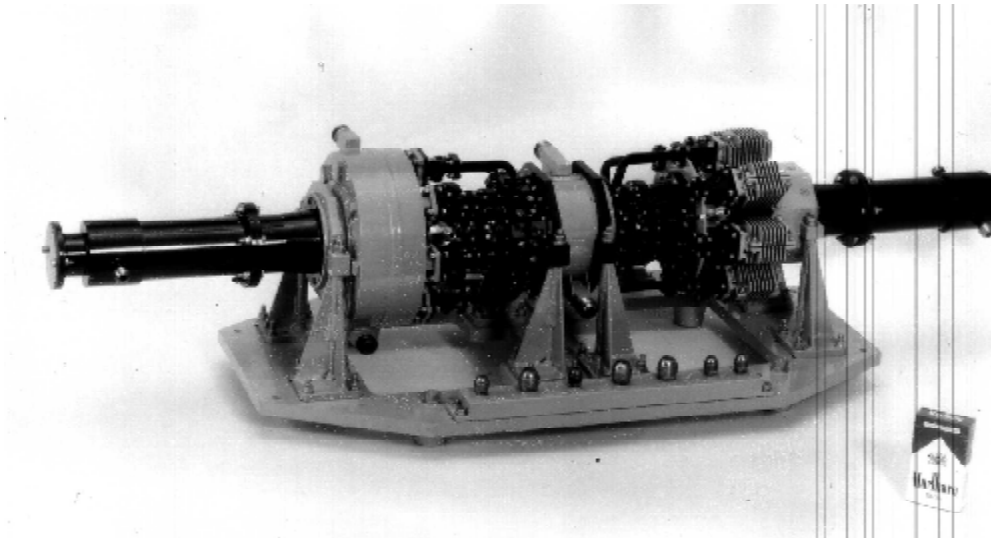
Между тем неустанный инновационный НИИ «Радиофизика» продолжал работать на ниве проблем прикладной радиофизики, что и вылилось в очередной новый уникальный проект – построение радиолокационных станций в миллиметровом диапазоне длин волн (ММДВ) с огромным энергетическим потенциалом и фазированными антенными решетками (проект «Руза»). И снова перед нами встали проблемы, подобные тем, что мы решали ранее в деци- и сантиметровом диапазонах длин волн. Необходимо было разработать комплект вентилей для сверхмощного радиопередающего устройства и фазовращателей для ФАР.

Главная особенность нового проекта состояла в том, что заявленная номинальная мощность радиопередающего устройства ни при каких условиях не могла быть передана по стандартному прямоугольному волноводу сечением 3,2 × 7,4 мм. Для ее канализации с самого начала необходимо было использовать сверхразмерный многомодовый волновод. В качестве базового был выбран круглый волновод диаметром 40 мм с рабочей модой H_{01}. Недостатком сверхразмерных волноводов является повышенная склонность к возбуждению мод высших порядков при практически любых нарушениях симметрии волновода. Проблема реализации одномодового режима передачи прибавилась к нашим обычным проблемам проектирования мощных ферритовых СВЧ–приборов. Как известно, намагниченный феррит, необходимый для реализации приборов, представляет собой сильно анизотропную среду, выделенной осью которой является направление, совпадающее с направлением намагничиваемого поля. А это означает, что в круглом сверхразмерном волноводе ферритовый элемент прибора должен не только иметь форму, не нарушающую цилиндрическую симметрию, но и намагничиваться продольным аксиальным линейным полем. Во всех других случаях нарушается симметрия, и неизбежно возбуждаются высшие моды.

Из всех известных изотропных эффектов, используемых для построения невзаимного прибора, этим условиям соответствует только эффект Фарадея. Необходимость выполнения этих двух условий существенно ограничивает возможности проектирования мощных приборов, та как при этом еще остается задача обеспечения эффективного охлаждения и минимизация упругих и термоупругих напряжений ферритового элемента прибора. И, как оказалось, это очень серьезная задача, решить которую в рамках проекта «Руза» удалось лишь частично, но об этом чуть позже.

Разработанную вполне работоспособную модель вентиля ММДВ, мы, тем не менее, считаем «резервным» решением, так как она весьма ограничена в дальнейшем развитии ее возможностей. Уже сейчас видно, что трудности реализации подобных конструкций вентилей будут быстро нарастать по мере увеличения рабочих частот и их разработка вряд ли будет экономически рациональна.

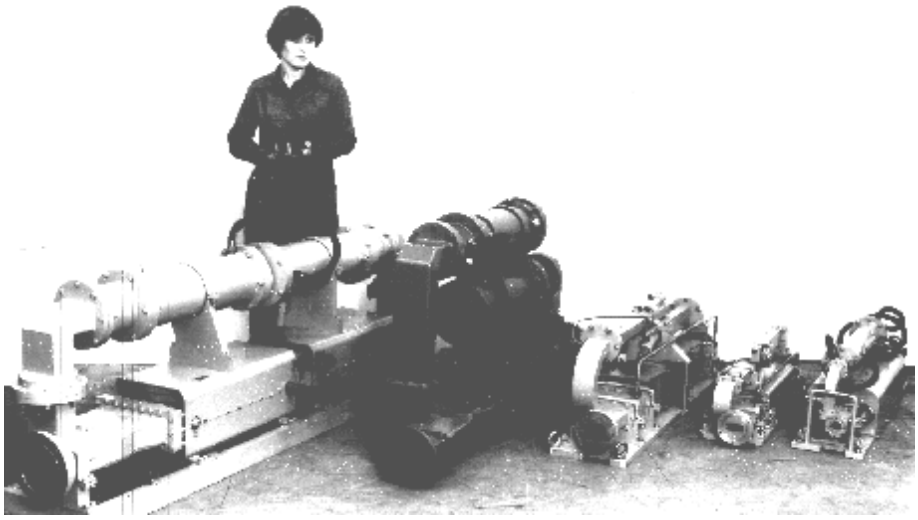
Существенно больше возможностей и перспектив построения невзаимных систем ММДВ непосредственно на сверхразмерных волноводах и, особенно, с использованием квазиоптических методов. Возможности таких систем по передаваемой мощности практически безграничны. Основная трудность реализации подобных систем связана с отводом выделяющегося тепла. Но она может быть решена путем применения ферритовых материалов с малыми потерями. Сегодня можно полагать, что возможна разработка фарадеевских вращателей с потерями порядка 0,1 дБ при вращении плоскости поляризации на 45 ÷ 90°. При этом использование сильноанизотропных ферритовых материалов позволяет полностью отказаться от внешних магнитных цепей. Это и есть, по нашему мнению, «столбовой» путь развития мощных невзаимных систем ММДВ и диапазона суб-ММВ. Если будут возможности, то мы готовы вести такие работы.



Вариант мощного вентиля ММДВ на круглом сверхразмерном волноводе ∅ 40 мм и волноводной модой H_{01}

А теперь нам хотелось бы подвести общие итоги по разработке мощных приборов – вентилей и циркуляторов для радиотехнических систем различного назначения. За почти полувековой период нашего сотрудничества с ведущими радиотехническими НИИ и КБ были разработаны десятки образцов мощных приборов, позволяющих работать на уровнях до единиц мегаватт импульсной мощности в сантиметровом и дециметровом диапазонах и на уровнях до сотен киловатт – в миллиметровом диапазоне.

Указанные мощности относятся к режимам работы приборов на согласованную нагрузку. Однако большинство из них допускает непрерывную работу на КСВЧ ≤ 3 и, кратковременно, на короткое замыкание. По комплекту собственных параметров эти приборы соответствуют лучшим мировым моделям. Некоторые из этих приборов представлены на рисунке.



Мощные приборы, разрабатываемые по заказам
Слева направо: «Арзамас-16», НИИ РП («Доза»), («Джонка»), МРТИ («Допуск»), НИИ РП («Джаз»)

И, тем не менее, это только часть наших разработок. Прошедшие годы были годами бурного развития отечественной техники, радиотехники СВЧ и ее важнейшей части –

радиолокации на СВЧ и ММДВ. Для этих целей наряду с уже отмеченными приборами были разработаны сотни новых моделей всех необходимых типов ферритовых СВЧ и ММДВ приборов. К сожалению, в последнее десятилетие объемы научно-исследовательских работ резко снизились, и часть очень интересных проектов оказалась невыполненной. Однако положение меняется к лучшему. Современное состояние формирует и диктует новые вызовы. Хотелось бы надеяться, что под их воздействием возродятся «старые» и возникнут новые творческие коллективы, и эти вызовы, несомненно, получат адекватные ответы.

Хочется рассказать ещё об одном эпизоде из жизни предприятия НИИ «Домен» в период, когда наш коллектив активно принимал участие в создании проекта «Руза».

Среди многочисленных приборов, которые предстояло разработать нашему предприятию, не последнее место занимал фазовращатель для первого уровня фазирования антенной решетки. Разработка фазовращателя была поручена лаборатории 431, основным профилем которой являлось создание управляемых СВЧ-ферритовых приборов миллиметрового диапазона длин волн. Непосредственными участниками разработки являлись со стороны НИИ «Домен» Милевский Николай Павлович – руководитель проекта, Смирнова Елена Анатольевна – заместитель руководителя, начальник отдела фазовращателей Пузаков Анатолий Николаевич, другие сотрудники лаборатории. Общее научно-техническое руководство комплексом работ по обеспечению проекта «Руза» ферритовой электронной компонентной базой (ФЭКБ) осуществлял заместитель начальника отделения СВЧ-ферритового приборостроения по науке, д.т.н., профессор Лебедь Борис Матвеевич.

Фазовращатель должен был обладать поистине уникальным свойством по уровню канализируемой через него СВЧ-мощности. В длинноволновой части миллиметрового диапазона длин волн аналогичных приборов в мировой практике не существовало. Совершенно естественно, что в начале процесса создания прибора была поставлена НИР, в которой предстояло определить тип линии передачи, на основе которой должен был проектироваться фазовращатель. Работа получила шифр «Диктат». Все последующие годы мы не раз вспоминали диктаторский характер прибора, о чем поведаем ниже.

Как и все наши коллеги – участники проекта «Руза», мы тоже попытались применить волновод увеличенного, по сравнению с требованиями ГОСТ, поперечного размера, так называемый, сверхразмерный, многомодовый волновод. Намерение совершенно очевидное – попытаться увеличить поперечные размеры линии передачи с целью пропустить через неё как можно большую мощность. Но на этом пути мы потерпели неудачу, для управляемых приборов использование многомодового волновода оказалось неприемлемым, слишком велики были неоднородности, нарушающие регулярность линии передачи, что приводило к возбуждению нерабочих типов волн и недопустимому увеличению потерь СВЧ–мощности. Оставался традиционный путь – применение вынужденного воздушного охлаждения (жидкостное охлаждение элементов антенной решетки исключалось).

Использование традиционного способа для решения поставленной задачи натолкнулось на целый ряд препятствий и самым главным из них – это обеспечение теплосъема с поверхности феррита. Через поверхность площадью 1,7 $см^2$ необходимо было снять мощность 5 Вт, выделяемую в феррите объемом 0,1 $см^3$. Без принудительного охлаждения только за счет естественной конвекции в указанном объеме феррита возникла бы средняя температура порядка 400ºС.

Решение задачи эффективного теплосъема повлекло за собой необходимость обеспечения механической прочности конструкции прибора. Теперь прибор содержал радиаторы, располагающиеся не на привычной планарной поверхности, а на «хиленьком» круглом стержне, причем расположение радиаторов осуществлялось с учетом недопущения паразитного КЗ витка, резко ухудшающего энергетику и быстродействие процесса переключения. Применение клеев, обладающих пластичностью в широком интервале температур, не обеспечивало заданной механической прочности, поэтому были

использованы традиционные эпоксидные клеи типа К-9, ВТ-250, К-400, широко применяющиеся в радиоэлектронной промышленности.

По окончании НИР «Диктат» был создан экспериментальный образец быстродействующего ферритового фазовращателя (БФФ). Однако назвать созданный образец законченным прибором можно было с очень большой натяжкой. Практически был создан экспериментальный образец фазовой фарадеевской секции, в которой отсутствовали переходы – преобразователи поляризации и ячейка управления. Такой «недоделанный» подход был широко распространен в МЭП, и НИИ «Домен» не являлся в этом смысле исключением. Но в этот период вышло постановление Правительства СССР о создании экспериментального образца РЛС «Руза» на полигоне Сары-Шаган, традиционного места испытаний систем ПРО.

В НИИ «Домен» прибывает представительная делегация ЦНПО «Вымпел» во главе с главным инженером Космачевым, Генеральным конструктором РЛС «Руза» Толкачевым А.А., Свидерским Р.Р., Касаткиным В.В. Начались изнурительные переговоры о поставках разработанных приборов. В перечень были включены приборы «Диполь-1», «Диполь-3», «Диполь-ЦК», «Джанкой», «Диктат». Если по первым четырем приборам было достигнуто согласие по срокам и количеству, то по прибору «Диктат» разгорелись жаркие дискуссии. Заказчик настаивал на поставках полноценного прибора с переходами – преобразователями поляризации и ячейкой управления. Исполнитель соглашался только на поставку прибора, созданного в рамках НИР. Все участники переговоров понимали, что позиция Заказчика справедлива, но перейти через сложившиеся стереотипы никто не решался. Переговорный процесс неумолимо двигался в тупик, и тут объявился некий «чертик из табакерки» – начальник 431 лаборатории НИИ «Домен» Милевский Н.П., который согласился с мнением Заказчика. Все дружно объявили храбреца «крайним», хотя понимали условность этого решения.

Начались трудовые будни по реализации принятого решения. В НИИ «Домен» и в НИИРП были созданы творческие коллективы, которые «с колес» выдавали исходные данные на разработку конструкторской документации переходов – преобразователей поляризации и ячеек управления. Гомельский радиозавод и Южный радиозавод в г. Желтые воды изготавливали соответственно переходы и ячейки управления. Я бесконечно благодарен сотрудникам антенного отделения НИИРП Кудрявцеву Л.И, Свидерскому Р.Р, Касаткину В.В, Хмелевскому Б.М, Ганцевичу М.М. Это благодаря их усилиям четко сработали производственные коллективы заводов. Исходные данные на проектирование и изготовление комплектации четко были выданы специалистами НИИ «Домен» Порохнюком А.В., Науменко Л.В., Китановым С.Е., Смирновой Е.А., Шустовым Ю.А., Пузаковым А.Н. и многими другими. Некоторых из названных специалистов уже нет с нами, но мы никогда не забудем их, они часть нашей жизни.

За год с небольшим была выполнена работа, на которую обычно затрачивалось 3-4 года. Экспериментальные образцы «полноценного» фазовращателя были отгружены на Гомельский радиозавод для монтажа в антенный модуль.

Описанный эпизод из жизни научных коллективов отраслевых предприятий того времени не был бы интересным, если бы не имел неожиданного продолжения.

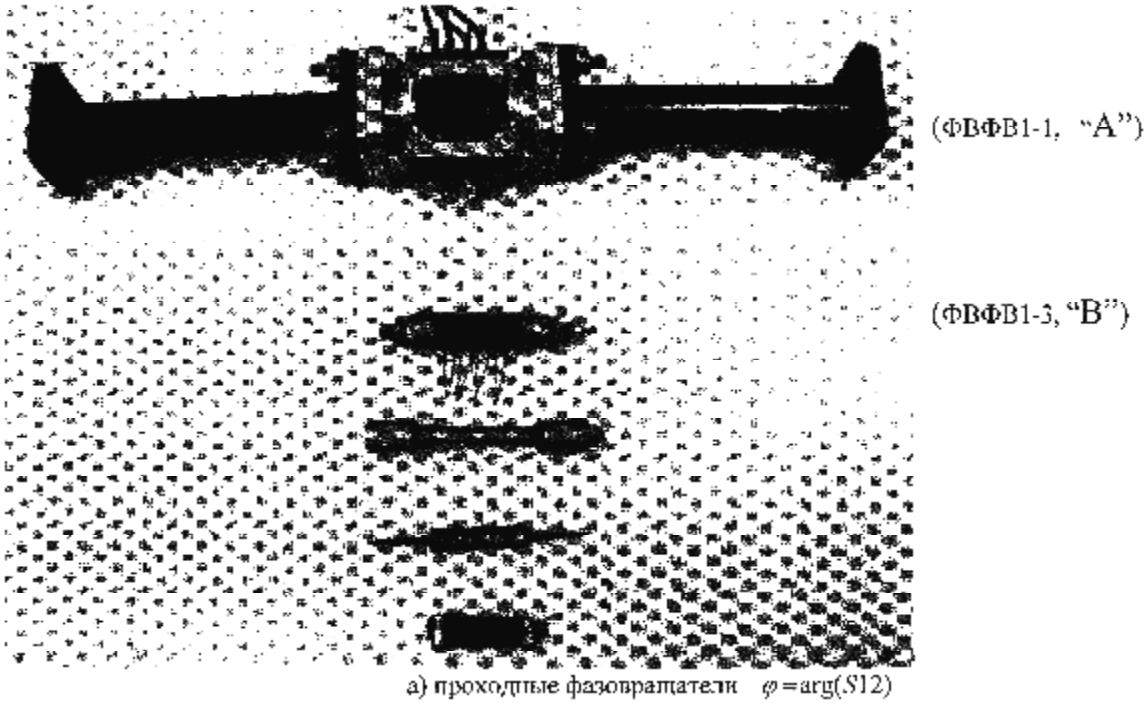
Примерно через год после отгрузки приборов началась сборка антенных модулей и настройка их фазовых характеристик. Однако выполнить настройку было невозможно, т. к. параметры фазовращателей не соответствовали значениям, прописанным в документах на них. Вот и настал тот самый момент, когда все дружно вспомнили «чертика из табакерки». Этот год был для 431 лаборатории НИИ «Домен» годом города Гомеля.

Первыми сотрудниками 431 лаборатории, выехавшими в Гомель, были ведущие инженеры Науменко Леонид Владимирович и Викторова Инна Дмитриевна. Они провели прямые (не в составе модуля) измерения параметров и подтвердили их деградацию. Милевский Н.П. был вызван «на ковер» и получил соответствующие ситуации указания со всеми эмоциональными комментариями. Начался анализ причин деградации параметров.

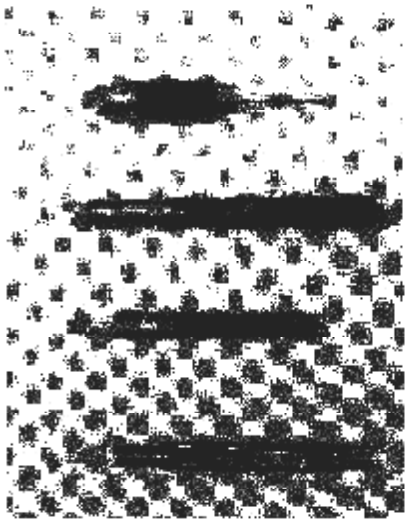
Большинство специалистов сошлось во мнении, что причиной деградации являются термоупругие напряжения, возникающие в конструкции прибора в результате длительной полимеризации эпоксидного клея. Для устранения возникшего дефекта, был испробован и применен электронный способ настройки параметров прибора. Весь коллектив лаборатории 431 посменно в течение целого года работал в цеху Гомельского радиозавода, осуществляя сборку и монтаж элемента регулировки с последующей настройкой параметров прибора. Работа была выполнена в срок, антенные модули были отгружены на испытательный полигон.

Однако злоключения прибора «Диктат» на этом не закончились, Примерно через год начался монтаж модулей в апертуру антенны РЛС «Руза», разумеется, с предварительной проверкой фазовых параметров. Результаты измерений были не столь вопиющими, тем не менее, деградация параметров превышала допустимые нормы для каждого 4 – 5 прибора. На полигон была командирована теперь уже гомельская бригада регулировщиков радиоэлектронной аппаратуры и, конечно, «черт из коробочки» Милевский Н.П. Работа гомельской бригады была на редкость эффективной, установленный еще на Гомельском радиозаводе элемент регулировки был успешно использован и в этот раз. По завершении работ по устранению дефектов Милевский был «условно» отпущен вместе с гомельской бригадой.

Сейчас по истечении более 20-ти лет с того совещания, а также после всех злоключений, с которыми пришлось столкнуться многим людям, причастным к созданию антенной решетки РЛС «Руза», начинаешь анализировать свои действия, взвешивать их зрелость и оптимальность. Ведь имеет право на жизнь и другая точка зрения – нельзя было принимать решения без всесторонней предварительной проработки и постановки полноценной ОКР со всеми видами испытаний в нормальном временном и организационном режиме. В этом случае была бы обеспечена спокойная жизнь большой группе специалистов и, конечно, достигнут положительный результат. Однако можно не сомневаться, что времени и средств было бы затрачено намного больше. Все это далеко не праздные «маразматические рассуждения». Для истинного инженера научно-техническая интуиция также важна, как и фундаментальные системные знания, и накопленный опыт.



а) проходные фазовращатели $\varphi = \arg(S12)$



б) отражательные фазовращатели $\varphi = ar$

Заключение

Сегодня, оглядываясь назад, мы с чувством особого удовлетворения и несомненной гордости вспоминаем наше активное участие в создании сложнейших радиокомплексов, определявших передовой фронт науки и техники и место нашей страны в мире.

Приятно сознавать, что мы не только решали вставшие перед нами задачи, но всегда делали это с душой и стремлением достичь результата, хотя очень часто не имели предшественников.

Это были годы интересной творческой работы в большом коллективе СВЧ-комплекса НИИ «Домен», коллектива, не просто хорошо работавшего и выполнявшего самые взыскательные требования времени, но стремившегося по возможности «быть впереди планеты всей». Авторы горды тем, что были ведущими исполнителями этого коллектива. Они бесконечно благодарны судьбе, подарившей возможность встреч и работы с целой плеядой интересных творческих людей и коллективов. Очень надеемся, что и они не разочарованы в наших совместных партнерских отношениях, которые, к нашей радости, продолжались, не прерываясь, и продолжаются до сих пор.

Авторы приносят искреннюю благодарность Меркину Э.И. и Рубини А.Е. за помощь, а также всем тем, кто способствовал появлению этой работы.

17. ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Левитан Б.А.



Генеральный директор ОАО «Радиофизика» Левитан Б.А.

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. За 3 года обеспечен рост объемов реализации на 30-40% ежегодно. Сегодня выработка на одного работающего в год приблизилась к 2,0 млн. рублей, что существенно превышает средние показатели по отрасли. Это позволило обеспечить рост средней заработной платы ~20-25% в год, осуществить другие мероприятия, направленные на материальное стимулирование сотрудников. Безусловно, этот рост, а тем более реализация дальнейших планов, невозможен без существенного повышения производительности труда, эффективности использования основных средств, сокращения издержек, непрофильных затрат и активов.

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 (опуская промежуточные состояния) более 97% акций находятся в собственности Концерна ПВО «Алмаз-Антей» (~75% через ГСКБ) и лишь 2-3% акций принадлежат миноритариям. Через работу Совета директоров выстроена достаточно четкая



Главный Бухгалтер предприятия ОАО «Радиофизика» Елисеева Л.А.

вертикаль административного управления. Безусловно, это потребовало концентрации усилий коллектива на задачах Концерна, 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 миллиметрового диапазона волн;

– зеркальные антенны с контурными диаграммами направленности космического базирования;

– станции и сети спутниковой связи для управления движением воздушных судов и целым рядом других направлений.

Бурный рост твердотельной электроники за рубежом, массовое освоение производства монолитных интегральных схем (МИС), корпусных и безкорпусных полупроводниковых приборов на подложках CaAs, 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.

Освоение (АФАР) технологий приводит к очень высокой степени интеграции в рамках одного функционального узла (элемента) 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.). А это приводит в свою очередь к необходимости диверсифицировать и сам процесс разработки, возникает необходимость перераспределения функций существующих и создание новых структурных подразделений, центрами кристаллизации которых могут стать действующие сейчас временные творческие коллективы. Высокая повторяемость изделий в составе АФАР (до нескольких десятков тысяч) требует для обеспечения приемлемой цены внедрение 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 микроэлектронных 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 одну большую размером 80 × 32 × 24 м. 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 стадии реализации проект по оснащению большой безэховой камеры плоским Т-сканером размером 6 × 4 м, который обеспечит измерения параметров крупногабаритных антенн в ближней зоне и другие разработки.

В настоящее время интенсивно ведётся ремонт производственных помещений, приводятся в порядок рабочие места, улучшаются условия работы людей. Широко внедряется автоматизация процессов производства, в течение 2009 года введено в эксплуатацию более 50 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 др. 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 и его омоложению.

Возможно, настало время формирования специальной программы и дальнейшего повышения научно-технического уровня предприятия с выделением существенных средств из прибыли на эти цели.

Коллектив живёт, работает и надеется на лучшее будущее.



Руководство предприятия:
Сидят– Курикша В.А., Рувинский В.И., Толкачев А.А., Левитан Б.А.,
Топчиев С.А., Радченко В.П., Поплавский И.В.
Стоят– Колос В.И., Козлов В.Н., Михеев С.Ф., Сараджев А.И., Иванов С.В.,
Кузин А.А., Шелудченко А.Н., Денисенко В.В., Доминюк Я.В.,
Очков Д.С., Косматов В.И.

18. НАШИ АВТОРЫ



АРШОН Борис Иосифович родился 24 июля 1926 года в г. Одессе. Окончил Московский энергетический институт, радиотехнический факультет. С 1958 года – старший, затем ведущий инженер лаборатории антенных измерений Яузского радиотехнического института (ЯРТИ). Переведен в составе коллектива разработчиков РЛС «Неман-П» сначала в Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи (НИИДАР), а затем в НИИ радиоприборостроения (НИИРП). В 1971 году назначен заместителем Главного конструктора разработки измерительного комплекса «Пилот», а в 1974 году переведен в КБРП им. академика А.А.Расплетина начальником тематического сектора. С 1981 по 2006 гг. – ведущий инженер тематических подразделений НИИРФ – ОАО «Радиофизика».

Сфера деятельности: радиоизмерения, разработка схем и комплексов для измерения параметров антенн.

Кадровый сотрудник предприятия. Ветеран труда.



АФАНАСЬЕВ Анатолий Петрович (1948 – 2008)

Родился в 1948 году в Нерчинско-Заводском районе Читинской области. Окончил Новосибирский государственный университет, математический факультет. После окончания университета и до последних дней жизни работал в Конструкторском бюро системного программирования (г. Гомель).

Один из создателей программного обеспечения первых многофункциональных РЛС с фазированной антенной решеткой «Истра», комплекса «Аргунь-И» и РЛС «Руза».



БЕЛОГЛАЗОВ Владимир Викторович родился 30 октября 1944 года в г.Москве. Окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе, факультет радиоэлектроники летательных аппаратов по специальности «Радиоуправление». Работал в Научно-исследовательском институте радиоприборостроения (НИИРП), Научно-исследовательском институте радиофизики (НИИРФ), занимал должности от инженера до начальника отдела. В настоящее время работает в ОАО «Topcon Positioning Systems, СНГ».

Область научных интересов: радиолокационная техника и техника глобальных навигационных систем.



БОТАВИН Виталий Павлович родился 16 мая 1937 года в г. Новосибирске. Окончил Московский физико-технический институт. С 1957 по 1967гг. работал в Радиотехнической лаборатории Академии наук (РАЛАН – РТИ). Занимал должности от старшего лаборанта до начальника лаборатории. Принимал участие в разработке РЛС ЦСО-П, ЦСО-С и ряде других. С 1967 по 1984год работал в ОКБ «Вымпел»-Научно-исследовательском институте радиоприборостроения (НИИРП), Научно-исследовательском институте радиофизики (НИИРФ). С 1984 по 1986 год – начальник сектора МНИРТИ. С декабря 1986 года по апрель 1994 года – начальник отдела НИИРФ (РЛС «Руза» на полигонном этапе монтажа и настройки и др.).

В настоящее время – начальник отдела Лесопромышленной компании «Темп», г.Москва.

Сфера интересов: мощные СВЧ системы, радиолокация.

Кандидат технических наук. Ветеран труда.



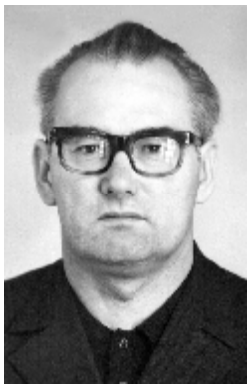
БУБНОВА Клара Николаевна родилась 18 июля 1934 года в г.Витебске. Окончила Московский физико-технический институт, радиофизический факультет. С 1958 по 1971 год работала в НПО «Алмаз» в антенном отделе. С 1971 года преподавала во Всесоюзном заочном институте инженерного транспорта (ВЗИИТ) на кафедре высшей математики.

В настоящее время – доцент кафедры теории вероятностей и прикладной математики Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ).

Сфера интересов: высшая математика.

Кандидат технических наук.

Ветеран труда.



ВАСИЛЬЕВ Юрий Петрович родился 23 октября 1935 года в г.Кяхта Бурят-Монгольской АССР. Окончил Московский энергетический институт, факультет электронной техники. После окончания института работал инженером в СКБ ИРЭ АН СССР. С 1966 года в Конструкторском бюро радиотехнических приборов (КБРП) - старший, ведущий инженер, начальник сектора. С 1993 года – начальник отдела и Главный метролог ОАО «Радиофизика». Руководил разработкой облетных измерительных комплексов и испытаниями антенных устройств на объектах.

Сфера интересов: радиоизмерения и метрологическое обеспечение радиотехнических изделий.

Кадровый сотрудник предприятия. Ветеран труда.



ГАВРИЛОВ Юрий Александрович родился 28 июня 1947 года в г.Боготоле Красноярского края. Окончил Новосибирский электротехнический институт.

Директор ОАО «Конструкторское бюро системного программирования» (г. Гомель).

Специалист в области информационных технологий.

Награжден орденом Дружбы (1997г.), Благодарностью Президента РФ (2005г.)



ДЕНИСЕНКО Владимир Викторович родился 17 апреля 1954 года в г. Чите. Окончил в 1977 году Московский физико-технический институт, факультет физической и квантовой электроники, в 1980 – аспирантуру этого же института.

В 1980 году поступил на работу в КБРП им. академика А.А. Расплетина (ныне ОАО «Радиофизика»), где работает по настоящее время. С 1986 года - начальник отдела фидерных устройств, с 1992 года - начальник отделения антенно-фидерных устройств. Автор ряда статей в научных журналах России и за рубежом.

Область научных интересов и практической деятельности: антенно-фидерные устройства.

Кандидат физико-математических наук. Награжден знаком «Почетный радист».



ДОМИНЮК Ярослав Васильевич родился 6 марта 1953 года в г.Новосибирске. Окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе, факультет радиоэлектроники летательных аппаратов. С 1976г. по 1987 г. работал в НИИ радиоприборостроения. С 1987 года работает в Научно-исследовательском институте радиофизики - ОАО «Радиофизика», в настоящее время в должности начальника отделения.

Сфера интересов: радиопередающие устройства радиолокационных станций.



ЖУЧКОВ Вячеслав Дмитриевич родился 16 августа 1939 года в г.Москве. Окончил Московский авиационный технологический институт, факультет «Летательные аппараты». В 1966 году поступил на работу в КБРП (ныне ОАО «Радиофизика»). Занимал должности от инженера-конструктора Ш категории до начальника опытно-конструкторского сектора. С 1975 по 1978 год – ответственный представитель объекта 2501/2511. С 1999 года – ведущий конструктор отдела В-3010 по созданию антенных систем.

Кадровый сотрудник института. Ветеран труда. Награжден медалью «В память 850-летия Москвы».



ЗОЛОТАРЕВ Михаил Михайлович родился 8 ноября 1939 года в городе Москве. Окончил Московский инженерно-физический институт, факультет вычислительных устройств и средств автоматики. После окончания института работал в Радиотехническом институте им. академика А.Л.Минца, Научно-исследовательском институте радиоприборостроения, Научно-исследовательском институте радиофизики, Морском научно-исследовательском институте радиоэлектроники «Альтаир». В настоящее время работает в ОАО «Радиофизика» в должности начальника сектора.

Область научных интересов: радиолокация, траекторная обработка радиолокационной информации и управление радиолокационными станциями, программно-алгоритмическое обеспечение многоканальных РЛС с фазированными решетками.

Награжден медалями «Ветеран труда», «За освоение целинных земель», «В память 850-летия Москвы».



ИВАНОВ Сергей Владимирович родился 4 июня 1951 года в г.Плавске Тульской области. Окончил Каунасский политехнический институт, факультет радиоэлектроники. После окончания института распределен в КБРП им. академика Расплетина (ныне ОАО «Радиофизика»), где работает по настоящее время. Прошел путь от инженера-конструктора до заместителя главного инженера.

Принимал непосредственное участие в разработке и выпуске конструкторской документации по тематике предприятия. Имеет более тридцати авторских свидетельств на изобретения.

Награжден знаком «Изобретатель СССР», Золотой медалью ВВЦ, медалью «В память 850-летия Москвы».



КИРИЛЬЧУК Лев Степанович родился 8 марта 1931 года в с. Ново-Юрьевка Николаевской области (Украина). В 1954 году окончил Киевский политехнический институт, радиотехнический факультет и был направлен на работу в НИИ-20 (ныне НИЭМИ). В 1962 году переведен в ОКБ «Вымпел» (НИИРП), а в 1987 году переведен в НИИ радиофизики (ныне ОАО «Радиофизика»), где работает по настоящее время.

Принимал участие в разработке, наладке и испытаниях радиолокаторов систем ПРО, в связи с чем, большую часть времени (с 1959 по 1995 гг.) находился на полигоне Сары-Шаган.

Награжден медалями «За трудовое отличие», медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» второй степени», «Ветеран труда».



КЛАССЕН Виктор Иванович родился 21 января 1950 г. в с.Степановка Оренбургской области.

Окончил Московский физико-технический институт, факультет радиотехники и кибернетики (1973г.), аспирантуру (1976г.) и докторантуру (1986г.) того же института. С 1976 г. работал в НИИ радиофизики им. академика А.А. Расплетина в должности старшего научного сотрудника, начальника сектора, начальника научно-исследовательского отделения, одновременно преподавал на кафедре прикладной электродинамики МФТИ.

В 1986 г. по решению Министерства радиопромышленности СССР направлен в г.Чистополь для создания конструкторско-технологического бюро «Вектор», а также факультета «Восток» Казанского авиационного института.

Доктор технических наук, профессор, действительный член Академии технологических наук РФ с 1992 г., руководитель кафедры «Компьютерные и телекоммуникационные системы» филиала «Восток» КГТУ им. А.Н. Туполева. Лауреат премии Ленинского комсомола. Награжден знаком «Почетный радист», Почетной грамотой РАСУ, Почетной грамотой Республики Татарстан, медалью «В память 1000-летия Казани». Руководитель года (2006г.). Автор более 80 научных трудов, 13 авторских свидетельств. Поддерживает научные и деловые связи с профильными фирмами США, Германии и Израиля.



КОБЕЛЬКОВ Геннадий Петрович родился 23 января 1936 года в г.Сатка Челябинской области. Окончил Московский физико-технический институт, радиотехнический факультет. Работал в НИИ радиоприборостроения, затем в НИИ радиофизики им. академика А.А. Расплетина (ныне ОАО «Радиофизика), в настоящее время - начальник сектора. Принимал активное участие в проектировании, создании, испытаниях и эксплуатации радиолокационных средств различного назначения.

Сфера интересов: теория и техника создания радиолокационных средств, вычислительная техника.

Является одним из авторов открытия лавинно-пролетного эффекта, автор ряда изобретений в области электроники и радиотехники, имеет более 100 публикаций.

Ветеран труда.



КОЗЛОВ Владимир Николаевич родился 4 февраля 1961 года в г.Москве. Окончил Московский электротехнический институт связи (МЭИС), факультет «Автоматика, телемеханика, электроника». Работает в ОАО «Радиофизика» начальником отделения. Является ведущим специалистом по созданию сетей и систем спутниковой связи, проводимых предприятием.

Сфера интересов: системы и сети связи.

Кандидат технических наук.



КОЗЛОВ Юрий Игоревич родился 20 марта 1937 года в г.Москве. Окончил Московский авиационный технологический институт по специальности конструктор-технолог производства радиоаппаратуры. С 1963 года работает в СКБ-38 – КБРП – НИИРФ – ОАО «Радиофизика», в настоящее время – начальник сектора. Принимал активное участие в разработке и испытаниях средств систем ПВО и ПРО, разработке технологии изготовления искусственных диэлектриков, руководил испытанием распределения эквипотенциальных полей в ближней зоне ФАР загоризонтной радиолокации. С 1975 года работает над созданием экранированных безэховых камер (БЭК). При его непосредственном участии введено в эксплуатацию 9 безэховых камер.

Ветеран труда. Награжден Золотой медалью ВДНХ за создание перспективных поглотителей электромагнитных волн.



КОЗЛОВА Ольга Семеновна родилась 13 августа 1949 года в г.Москве. Окончила Московский институт культуры, библиотечный факультет по специальности библиотекарь-библиограф высшей квалификации. В декабре 1975 года поступила на работу в КБРП им. академика А.А.Расплетина. В настоящее время – начальник отдела информации ОАО «Радиофизика».

Ветеран труда. Награждена медалью «В память 850-летия Москвы».



КУРИКША Вадим Александрович родился 5 июля 1957 года в г.Ярославле. Окончил Московский физико-технический институт, факультет радиотехники и кибернетики. Работает в ОАО «Радиофизика» заместителем Генерального директора – главным конструктором направления. Принимал активное участие в разработке радиолокационных средств, возглавляет работы по созданию систем и средств связи, проводимых в ОАО «Радиофизика».

Сфера интересов: радиосвязь, радиотехнические системы.

Кандидат технических наук.

Награжден знаком «Почетный радист», медалью «В память 850-летия Москвы».



ЛЕБЕДЬ Борис Матвеевич родился 7 января 1932 года в военном городке Александровского района Ивановской области. В 1949 году окончил Суворовское военное училище (г.Саратов). В 1955г. окончил Ленинградский политехнический институт по специальности «Техническая физика». С 1955г. работал инженером-исследователем в НИИ-34 (г.Ленинград). В 1959г. переведен в НИИ «Домен», где работает по настоящее время.

В 1964 году защитил диссертацию на соискание степени кандидата технических наук, а в 1973 году защитил докторскую диссертацию. Обе работы были посвящены исследованиям поведения ферромагнетиков в переменных СВЧ полях высокой интенсивности и построению физических основ проектирования ферритовых приборов СВЧ и ММ – диапазонов. В 1984 году получил звание профессора по специальности «Антенно-фидерные устройства и техника СВЧ».

В настоящее время – Главный научный сотрудник ОАО НИИ «Феррит-Домен». Автор более 300 научных статей и ряда изобретений.



ЛЕВИТАН Борис Аркадьевич родился 13 декабря 1946 года в г.Москве. Окончил Московский институт электронного машиностроения. С 1969 по 1986 год работал в НИИ радиоприборостроения. Занимал должности от инженера до заместителя Главного конструктора. С 1987г. работает в Научно-исследовательском институте радиофизики. В настоящее время – Генеральный директор - Главный конструктор ОАО «Радиофизика».

Специалист в области радиолокации и мощных СВЧ систем. Принимал активное участие в создании ряда мощных СВЧ устройств, передающего устройства РЛС миллиметрового диапазона «Руза» с использованием, впервые в технике радиолокации, гироприборов с криомагнитами. Участвовал в полигонных испытаниях радиолокационных станций «Аргунь» и «Руза».

Кандидат технических наук.



ЛЮБАВИН Виктор Григорьевич родился 3 августа 1937 года в Ивановской области. В 1956 году окончил Ивановский индустриальный техникум. В 1966 году окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе, факультет радиотехнических систем управления летательными аппаратами по специальности «Радиоэлектронные устройства». До 1987 года работал в НИИ радиоприборостроения в должности ведущего инженера, где окончил аспирантуру, затем – в ОАО «Радиофизика» в должности старшего научного сотрудника.

Сфера интересов: волноводные тракты мощных радиопередающих устройств; средства связи с космическими аппаратами.

Соавтор двенадцати изобретений.

Ветеран труда. Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», знаком «Изобретатель СССР»



МАРКОВ Владимир Александрович (1934-2009)

Родился 31 января 1934 года в г. Курске в семье служащих. В 1959 году с отличием окончил радиотехнический факультет Московского физико-технического института и пришел по распределению в СКБ-30 КБ-1. В 1987 году переведен в Научно-исследовательский институт радиофизики, впоследствии ОАО «Радиофизика», где работал в должности начальника отдела. Один из создателей первых многофункциональных РЛС с фазированной антенной решеткой.

Область научных интересов: радиолокационная техника.

В 2003 году был удостоен почетного звания «Заслуженный машиностроитель». Ветеран труда.



МИЛЕВСКИЙ Николай Павлович родился 19 сентября 1943 года в г.Тамбове. Окончил Ленинградский государственный университет по специальности «Радиофизика». С 1968 года по настоящее время работает в НИИ «Домен». В 1989 году получил звание старший научный сотрудник по специальности «Антенно-фидерные устройства и техника СВЧ». Автор более 100 статей и ряда изобретений.

В настоящее время – Генеральный директор ОАО НИИ «Феррит-Домен».

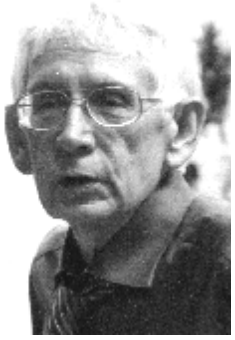
Кандидат технических наук.

Ветеран труда.



МОИСЕЕНКО Владимир Наумович родился 14 октября 1928 года в с.Новые Боровичи Черниговской области. Окончил Военную академию связи в г.Ленинграде по специальности военный инженер по радиолокации. С 1945 по 1972 год служил в Советской Армии. С 1973 по 1988 год – директор Конструкторского бюро системного программирования.

Награжден орденами Красной Звезды, Знак Почета, медалями и знаком «Почетный радист СССР».



МЯСНИКОВ Вадим Евгеньевич родился 9 сентября 1938 года в г.Москве. Окончил Московский энергетический институт, факультет электронной техники. Научный руководитель ФГУП НПП «Торий» (1998-2001гг.). Специалист в области разработки и производства мощных вакуумных СВЧ- приборов.

Главный конструктор сверхмощной усилительной цепочки СВЧ-приборов мм-диапазона для РЛС «Руза».

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, член-корреспондент Международной и Российской инженерных академий.

Имеет правительственные награды.



ОХРИМЕНКО Виталий Григорьевич родился 18 апреля 1933 года в г. Полтаве, Украина. Окончил Харьковский политехнический институт им. В.И.Ленина по специальности радиоинженер. Работал в НИИ радиоприборостроения ведущим инженером. Принимал активное участие в разработках и испытаниях систем ПРО с 1956 по 1997 год. В настоящее время на пенсии.

Сфера интересов: разработка радиопередающих устройств.

Ветеран труда. Награжден медалью «К 100-летию В.И.Ленина».



ОЧКОВ Дмитрий Сергеевич родился 26 октября 1949 года в г.Москве. Окончил Московский физико-технический институт, факультет радиотехники и кибернетики. В 1979 году защитил диссертацию на ученую степень кандидата технических наук, имеет ученое звание старший научный сотрудник. В 1970 года поступил на работу в КБРП им. академика А.А.Расплетина, в настоящее время – начальник научно-исследовательского отделения ОАО «Радиофизика».

Сфера интересов: СВЧ радиоэлектронные устройства и системы, приемо-передающие радиолокационные устройства.

Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», знаками «Почетный радист», «Почетный машиностроитель».



ПОКРАС Сергей Михайлович родился 13 июня 1937 года в г. Тамбове. В 1960 году окончил Московский энергетический институт, радиотехнический факультет. С 1971 по 1979 год работал в НИИ радиоприборостроения (НИИРП) начальником группы, начальником сектора, осуществлял комплексную разработку крупных СВЧ энергетических установок и наземного экспериментального комплекса. С 1980 по 1986 год – начальник тематического сектора по разработке наземного экспериментального комплекса в Научно-исследовательском институте радиофизики (НИИРФ).

В настоящее время – начальник отдела в Московском радиотехническом институте (МРТИ).

Кандидат технических наук. Ветеран труда.



ПОПЛАВСКИЙ Игорь Викторович родился 1 сентября 1955 года в Казахстане, в г.Актюбинске. В 1978 году окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе, факультет радиоэлектроники летательных аппаратов. В 1977 году поступил на работу в КБРП им. академика А.А.Расплетина (ныне ОАО «Радиофизика»), где прошел трудовой путь от техника до главного инженера – заместителя генерального директора предприятия.

Принимал непосредственное участие в разработке автоматизированных стендов и оснащении ими безэховых камер, в изготовлении макетов и образцов изделий в экспериментальном цехе, в расширении и переоснащении производственной базы, модернизации инженерных систем и коммуникаций.

Имеет звание «Заслуженный машиностроитель России», награжден знаком «Почетный радист».



ПЯТКИН Алексей Константинович родился 9 августа 1978 года в г.Рязани. Окончил Московский физико-технический институт, факультет радиотехники и кибернетики в 2002 году и аспирантуру МФТИ в 2005 году. С 2001 года работает в ОАО «Радиофизика», пройдя путь от техника до начальника сектора.

Сфера интересов: синтез и цифровая первичная обработка радиолокационных сигналов, системотехника современных и перспективных цифровых РЛС.

Кандидат технических наук



РАДЧЕНКО Валерий Петрович родился 17 июня 1961 года в г.Москве. Окончил Московский авиационный институт им.Серго Орджоникидзе, факультет прикладной механики. До 2008 г. работал в ОАО "Радиофизика" начальником научно-исследовательского отделения. В настоящее время – заместитель Генерального директора.

Принимал активное участие в разработке конструкций антенн спутниковой связи, фазированных антенных решеток.



РУВИНСКИЙ Валентин Исаакович родился 3 октября 1941 года в г.Казани. В 1963 году окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе, радиотехнический факультет и поступил на работу в СКБ-38 (ныне ОАО «Радиофизика»). В 1973 году без отрыва от производства окончил экономический факультет МАИ и получил вторую специальность инженера-экономиста.

За годы работы в ОАО «Радиофизика» принимал активное участие в разработке и испытаниях антенных устройств различного назначения. Неоднократно выезжал на объекты монтажа в качестве представителя предприятия-разработчика. В настоящее время является заместителем Генерального директора по экономике.

Кадровый сотрудник института. Ветеран труда. Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», знаком «Почетный радист».



СИЛАЕВ Евгений Александрович в 1971 году окончил радиофакультет Московского энергетического института и был распределён в ОКБ ”Вымпел” (НИИРП). В 1976 окончил аспирантуру НИИРП. С 1976 по 1992 год занимался разработкой, сопровождением и модернизацией аппаратуры для формирующих устройств РЛС ”Неман” и ”Руза” на заводах-изготовителях и полигоне Сары-Шаган. С 1993 года работает в ОАО “Радиофизика”, начальник сектора.

Автор 19 научных работ, 4 из которых опубликованы в США.

Сфера интересов: высокочастотные кварцевые генераторы, фазовые шумы радиоэлектронных устройств, когерентность сигналов радиотрактов, неустойчивость нелинейных цепей.



СТАФЕЕВ Валентин Иванович родился 15 декабря 1936 года в г.Оренбурге. Окончил Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, механико-математический факультет. С 1959 года работает в КБ-1 – НИИ радиоприборостроения – ОАО МАК «Вымпел», в настоящее время – начальник сектора.

Область научных интересов: спецпрограммирование средств ракетно-космической обороны.

Имеет правительственные награды. Ветеран труда. Кадровый работник предприятия. Заслуженный ветеран труда предприятия.



ТОБОЛЕВ Алексей Кимович родился 16 января 1956 года в городе Харькове. В 1979 году окончил Московский физико-технический институт, факультет радиотехники и кибернетики. Работает в ОАО «Радиофизика» в антенном отделе, начальник сектора. Участвовал в ряде работ по созданию радиолокационных систем и систем связи.

Область научных интересов: теория и техника зеркальных и рупорных антенн, гибридные зеркальные антенны, антенные измерения.

Кандидат технических наук. Лауреат премии Ленинского комсомола.



ТОЛКАЧЕВ Алексей Алексеевич родился 20 ноября 1931 года в г. Москве. Окончил Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, физический факультет. Работал в КБ-1 - ОКБ «Вымпел» - НИИ радиоприборостроения. С 1986 года – Генеральный конструктор и научно-технический руководитель НИИРФ. Главный конструктор радиолокатора с фазированной антенной решеткой «Истра» и комплекса «Аргунь-И», первой в мире РЛС с фазированной антенной решеткой миллиметрового диапазона «Руза», другими научно-исследовательскими работами.

Заведующий кафедрой МФТИ. Автор более 200 научных работ и изобретений.

Доктор технических наук.

Лауреат премии Министерства оборонных отраслей промышленности России. Награжден орденом Почета, медалями, знаком «Почетный радист». Ветеран Великой Отечественной войны. Ветеран труда.



ФАРБЕР Владимир Ефимович родился 17 апреля 1946 года в г.Ровно, Украина. Окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе, факультет радиоэлектроники летательных аппаратов. После окончания института работал в Научно-исследовательском институте радиоприборостроения (НИИРП), в Научно-исследовательском институте радиофизики (НИИРФ). В настоящее время работает в ОАО «Радиофизика» в должности начальника отдела и по совместительству на кафедре радиолокации, управления и автоматики факультета радиотехники и кибернетики Московского физико-технического института.

Доктор технических наук, профессор.

Область научных интересов: радиолокация, траекторная обработка радиолокационной информации и управление РЛС, программно-алгоритмическое обеспечение многоканальных РЛС с ФАР.



ФИЛАТОВ Николай Александрович родился 27 марта 1938 года в д. Борисовка Новодеревенского района Рязанской области. Окончил Рязанский радиотехнический институт, факультет конструирования и технологии радиоаппаратуры. Работал в НИИ радиоприборостроения начальником исследовательского отделения. Принимал активное участие в разработке и испытаниях средств системы ПРО г.Москвы в 1960 – 2006 гг. В настоящее время работает главным специалистом.

Сфера интересов: прикладная электродинамика и техника создания радиопередающих систем.

Ветеран труда. Присвоено звание «Заслуженный машиностроитель», награжден знаком «Почетный радист».



ШАБАНОВ Роберт Иванович родился 7 мая 1936 года в г.Таганроге. Окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе, радиотехнический факультет. Работал старшим мастером на Тушинском машиностроительном заводе. В КБРП с 1963 года работал старшим, ведущим инженером, начальником сектора, лаборатории, отдела и Главным метрологом института. Заместитель Главного конструктора Бубнова Г.Г. по метрологическому обеспечению ФАР РЛС в ОКР «Фундамент» и «Методика». Преподавал на базовой кафедре МАИ. Автор 86-ти научных работ и 22 изобретений.

В настоящее время работает в ОАО «Радиофизика» в должности ведущего научного сотрудника.

Сфера интересов: метрологическое обеспечение сложных антенных систем в лабораторных и полигонных условиях.

Лауреат Государственной премии СССР. Кадровый сотрудник института. Ветеран труда.



ШАПОШНИКОВ Сергей Степанович родился 14 апреля 1921 года в г.Москве. Окончил Московский энергетический институт, радиотехнический факультет. После окончания института работал в Яузском радиотехническом институте (ЯРТИ), в Научно-исследовательском институте дальней радиосвязи (НИИДАР), в Научно-исследовательском институте радиоприборостроения (НИИРП), в Научно-исследовательском институте радиофизики (НИИРФ), занимал должности от инженера до начальника НИО. Принимал активное участие в разработке линии передачи энергии с помощью СВЧ пучка. В настоящее время работает в Московском радиотехническом институте (МРТИ), ведущий научный сотрудник.

Сфера интересов: радиолокация, антенны.

Доктор физико-математических наук, доцент.

Участник Великой Отечественной войны. Ветеран труда. Награжден знаком «Почетный радист».



ШИТИКОВ Александр Михайлович родился 10 августа 1970 года в г.Москве. Окончил Московский физико-технический институт, факультет радиотехники и кибернетики по специальности «прикладная математика и физика». В ОАО «Радиофизика» работает с 1991 года, старший научный сотрудник.

Сфера интересов: теория и техника антенн, диаграммоформирование, фазированные антенные решетки, системы управления фазированными антенными решетками, настройка и калибровка фазированных антенных решеток.

Кандидат технических наук.



ШИШЛОВ Александр Васильевич родился 31 мая 1954 года в станице Шелковская Чечено-Ингушской АССР. Окончил Московский физико-технический институт, факультет радиотехники и кибернетики. В 1977 году поступил на работу в КБРП им. академика А.А.Расплетина (ныне ОАО «Радиофизика»), где работает по настоящее время. Занимал должности от инженера до начальника отдела.

Автор ряда статей в научных журналах России и за рубежом.

Область научных интересов и практической деятельности: теория и техника антенн.

Кандидат технических наук. Лауреат премии Ленинского комсомола. Награжден знаком «Почетный радист».

С О Д Е Р Ж А Н И Е

1. **Введение..... 3**
2. **Основные памятные даты в истории ОАО «Радиофизика»..... 10**
3. **Бубнов Георгий Григорьевич (воспоминания жены)**
   Бубнова К.Н...... **12**
4. **Работы по конструированию антенн**
   Поплавский И.В., Радченко В.П., Шишлов А.В...... **30**
5. **Разработки антенных систем**
   Денисенко В.В...... **76**
6. **Радиотехнические измерения..... 129**
   6.1. Метрологическое обеспечение разработок антенно-фидерных устройств (АФУ)
   Шабанов Р.И., Васильев Ю.П., Аршон Б.И. **129**
   6.2. Развитие средств радиоизмерений с использованием специализированных безэховых камер
   Козлов Ю.И., Тоболев А.К., Шитиков А.М...... **155**
7. **Разработка мощных передающих устройств РЛС..... 170**
   7.1. Организация отдела радиопередающих устройств
   Денисенко В.В., Доминюк Я.В. **170**
   7.2. Мощные передающие устройства
   Филатов Н.А., Охрименко В.Г. **177**
   7.3. Разработка СВЧ-элементов для мощных передающих устройств РЛС
   Любавин В.Г...... **184**
   7.4. Гироприборы в радиолокации
   Мясников В.Е. **191**
8. **Разработка приемопередающих трактов когерентностных РЛС**
   Очков Д.С., Силаев Е.А...... **203**
9. **Мощные СВЧ-системы..... 211**
   9.1. СВЧ-энергетика в ОАО «Радиофизика»
   Шапошников С.С., Покрас С.М..... **211**
   9.2. К истории разработки мощных СВЧ - систем
   Ботавин В.П...... **217**

10. Экспериментальные радиолокационные станции противоракетной обороны 236

10.1 Экспериментальные радиолокационные станции «Истра» и «Руза»
Толкачев А.А. **236**

10.2. Поляризационные методы и защита от помех в РЛС «Истра»
Кобельков Г.П. **255**

11. Обзорные РЛС миллиметрового диапазона
Пяткин А.К. **263**

12. Программно-алгоритмическое обеспечение радиотехнических средств 271

12.1. Особенности построения программно-алгоритмического обеспечения многофункциональных РЛС с ФАР
Золотарев М.М., Фарбер В.Е. **271**

12.2. Программно-алгоритмическое обеспечение контроля состояния аппаратуры радиолокатора «Истра»
Марков В.А. **280**

12.3. Первая программа первой РЛС с ФАР
Стафеев В.И. **284**

12.4. Становление КБ системного программирования
Моисеенко В.Н. **289**

12.5. Создание ОБП-2 и её модификаций
Афанасьев А.П. **307**

13. Системы спутниковой связи – опыт конверсии
Козлов В.Н., Курикша В.А., Левитан Б.А. **322**

14. Работа и быт на полигонах 325

14.1. Эпизоды из жизни конструкторов на объектах монтажа радиолокаторов
Жучков В.Д. **325**

14.2. Командировка на Север
Рувинский В.И. **334**

14.3. Заводские испытания РЛС «Истра» 1973-1974 года и другие события
Белоглазов В.В. **339**

14.4. Как я помогал Джанибекову
Гаврилов Ю.А. **342**

14.5. Рыбалка на реке Чу
Кобельков Г.П. **346**

14.6. Курьезные случаи
Кирильчук Л.С. **350**

15. Научно-информационная деятельность на предприятии
Денисенко В.В., Иванов С.В, Козлова О.С., Шишлов А.В. **352**

16. Наши смежники о себе и о нас **375**

16.1. Радиокомпания «Вектор»
Классен В.И. **375**

16.2. НИИ «Домен». Немного о нас
Лебедь Б.М., Милевский Н.П. **391**

17. Взгляд в будущее
Левитан Б.А. **404**

18. Наши авторы **408**

19. Содержание **421**