

М. М. Лобанов.

**РАЗВИТИЕ СОВЕТСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ
ТЕХНИКИ**

По тексту сайта <http://hist.rloc.ru/>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ АВТОРА

ПРЕДИСЛОВИЕ

Глава первая Средства радиолокации для зенитной артиллерии

Зарождение идеи использования радиоволн

Первые опыты

Первая станция радиообнаружения для зенитной артиллерии

Разработка радиоискателя «Буря»

Дальнейшие исследования по радиообнаружению

Мероприятия по расширению НИИ-9

Расширение исследований по радиообнаружению

Борьба с микрофонным эффектом и шумами

Первая научно-техническая конференция по радиообнаружению

Радиоискатели Б-2 и Б-3

Завершение исследований по станциям для ЗА

Решение Комитета обороны при СНК СССР о создании радиоискателя для ЗА

Работы Украинского физико-технического института в развитии радиолокации

Глава вторая Решение проблемы дальнего радиообнаружения для ПВО

Возникновение проблемы

Первая аппаратура радиообнаружения «Рapid»

Принципы построения систем радиообнаружения самолетов для службы ВНОС

ПВО Начало исследований по станциям дальнего обнаружения

Управление ПВО РККА освобождается от заказов на средства радиообнаружения

Система радиообнаружения «Ревень»

Двухантенная станция дальнего обнаружения «Редут»

Второй вариант станции дальнего обнаружения

Третий вариант станции дальнего обнаружения

Продолжение исследований по дальнему радиообнаружению

Глава третья Бортовые средства радиолокации

РЛС «Гнейс-2» для ПА ПВО

Самолетная РЛС «Гнейс-5»

Средства радиообнаружения для Военно-Морского Флота

Проверка системы РУС-1 и станций «Редут» и «Редут-К» на море

Корабельные станции серии «Гюйс»

Корабельная РЛС «Марс-1»

Самолетные РЛС «Гнейс-2М» и «Гнейс-5М» для ВВС Военно-Морского Флота

Глава четвертая. Новые радиолокационные средства ПВО в годы Великой Отечественной войны

Мобилизация ресурсов и новые разработки

Первый боевой опыт зенитной артиллерии с радиолокацией

Разработка станций орудийной наводки

РЛС «Турмалин»

РЛС «Яхонт» для наведения зенитного прожектора

Зенитный радиолокационный дальномер «Хрусталь»

Высотные приставки к станциям РУС-2 и РУС-2с

Приборы опознавания

Новая РЛС дальнего обнаружения П-3

Заказы ГАУ на РЛС дальнего обнаружения

Глава пятая Уроки и выводы из предвоенного развития радиолокационной техники.

О совете по радиолокации при государственном комитете обороны (ГКО)

Глава шестая Радиолокация после войны

Предпосылки к дальнейшему развитию радиолокации

Новая проблема

Послевоенные радиолокационные средства для Войск ПВО, ВВС и ВМФ
Радиолокационная станция П-3а
Радиолокационная станция П-8
Радиолокационная станция П-10
Радиолокационная станция П-12
РЛС дальнего обнаружения и наведения П-20
Радиолокационные станции целеуказания и оружейной наводки
РЛС целеуказания «Мост»
РЛС оружейной наводки для крупнокалиберной зенитной артиллерии
РЛС оружейной наводки СОН-9 и СОН-9а
Артиллерийские радиолокационные станции наземной разведки
Наземная РЛС СНАР-1
Станция наземной разведки СНАР-2
Заключение по РЛ Сухопутных войск
Радиолокационные средства для Военно-Морского Флота
Станция обнаружения «Гюйс-2»
Корабельная станция «Риф»
Дальномер «Штаг Б»
Радиолокационная станция «Заря»
Артиллерийская станция «Залп»
Береговая РЛС «Залп-Б»
Станция «Зарница» для торпедных катеров
Станция «Флаг» для подводных лодок
Береговая РЛС «Лот»
Заключение по РЛ Военно-Морского Флота
Послевоенное развитие радиолокационных средств для ВВС
Радиолокационное оборудование бомбардировщиков дальнего действия
Бомбоприцелы «Кобальт» и «Рубидий»
Бомбардировочный прицел РБ П-4
Радиолокационные высотомеры малых и больших высот
Радиолокационное оборудование фронтовых бомбардировщиков
Бомбардировочный прицел ПСБН-М
Бомбардировочный прицел РБП-3
Радиолокационные станции для истребителей
РЛС перехвата и прицеливания РП-1
Радиолокационные дальномеры
«Прибор защиты хвоста»
Радиолокационные средства обеспечения посадки самолетов
Радиолокационная система «Материю»
Самолетное оборудование для пользования системой «Материю»
Подвижная радиолокационная система посадки самолетов РСП-4
Обзорный радиолокатор ОРЛ-4
Посадочный радиолокатор ПРЛ-4
Диспетчерский радиолокатор ДРЛ-4
Автоматический УКВ радиопеленгатор АРП-4
Подвижной диспетчерский пункт ПД П-4
Заключение по РЛС для ВВС

ПОСЛЕСЛОВИЕ

МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ ЛОБАНОВ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ОТ АВТОРА

Работая над историей возникновения и развития советской радиолокационной техники, автор не ставил перед собой задачи изложить научно-технические основы радиолокации, ее теорию. Эти основы и их развитие по мере расширения области применения радиолокационной техники (РЛТ) и усложнения ее задач в советской и зарубежной научно-технической литературе описаны достаточно полно и глубоко.

Автор поставил перед собой иную цель - показать радиолокацию в практическом аспекте ее развития. Для этого автор считал необходимым:

рассказать читателям, что дала радиолокация нашим Вооруженным Силам, поскольку она возникла и начала свое развитие исходя из военных потребностей; ознакомить читателей с людьми, которые были пионерами радиолокации, создавшими первые и последующие образцы радиолокационной техники;

показать независимость возникновения советской радиолокации от зарубежной, ее собственные пути развития;

показать организующую роль партии, ее ЦК и правительства в развитии радиолокации.

Видеть и освещать развитие радиолокационной техники таким, каким оно сложилось в действительности, являлось непреложным условием автора. В разделе о послевоенной радиолокационной технике рассказывается о некоторых типах станций, которые были созданы до периода внедрения радиолокации в ракетную технику и начала разработок сложнейших радиолокационных комплексов. Описанные РЛС, вследствие бурного научно-технического прогресса, стали ныне уже достоянием истории. Наряду с информацией, собранной из официальных источников, в книге нашли отражение сведения, полученные от самих исследователей, конструкторов и разработчиков первых систем радиообнаружения и радиолокационных станций.

Автор выражает глубокую благодарность генералам, адмиралам и офицерам, помогавшим своими полезными советами при подготовке рукописи к печати.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Первая мировая война, принявшая затяжной позиционный характер, породила две новые грозные наступательные силы: танки, как могущественную ударную силу прорыва обороны врага, и авиацию, как средство разведки фронтового тыла за труднопреодолимой оборонительной полосой противника.

Прошло более 20 лет. Пришедший к власти в Италии и Германии фашизм, вынашивая реваншистские планы, поставил на очередь развязывание новой мировой войны. В том же направлении развивалась и внешняя политика империалистической Японии. Готовилась большая война, которая должна была вовлечь не только вооруженные силы воюющих сторон, но и народы этих государств с их военно-промышленной экономикой. Для оказания сопротивления врагу и достижения над ним победы война требовала мобилизации всех ресурсов каждой страны: промышленности, сельского хозяйства, всех видов транспорта, средств связи и др. Подрыв экономики враждебных государств, как основы военно-экономического потенциала, был первоочередной задачей стратегии воюющих сторон.

В решении этой проблемы в период от первой мировой войны и до появления ракетной техники основную роль должна была выполнять бомбардировочная авиация, действовавшая внезапно, массированно и на большую глубину. Борьба с этой грозной силой для каждой воюющей страны имела важнейшее государственное значение. Коммунистическая партия и Советское правительство возложили защиту важнейших объектов нашего государства на Войска ПВО и делали все необходимое, чтобы они были на уровне предъявляемых к ним требований и могли успешно выполнить возложенные на них задачи.

В 30-е годы войска ПВО опирались на истребительную авиацию, зенитную артиллерию и зенитные пулеметы. Однако, какими бы совершенными ни были эти средства и как бы ни высока была боевая подготовка летчиков-истребителей и артиллеристов-зенитчиков, ПВО не могла иметь успеха без хорошо организованной службы воздушной разведки и наблюдения.

Поскольку нападение с воздуха могло совершаться в любое время суток, то и средства воздушной разведки должны были непрерывно днем и ночью вести наблюдение за небом, обнаруживать самолеты врага и следить за ними.

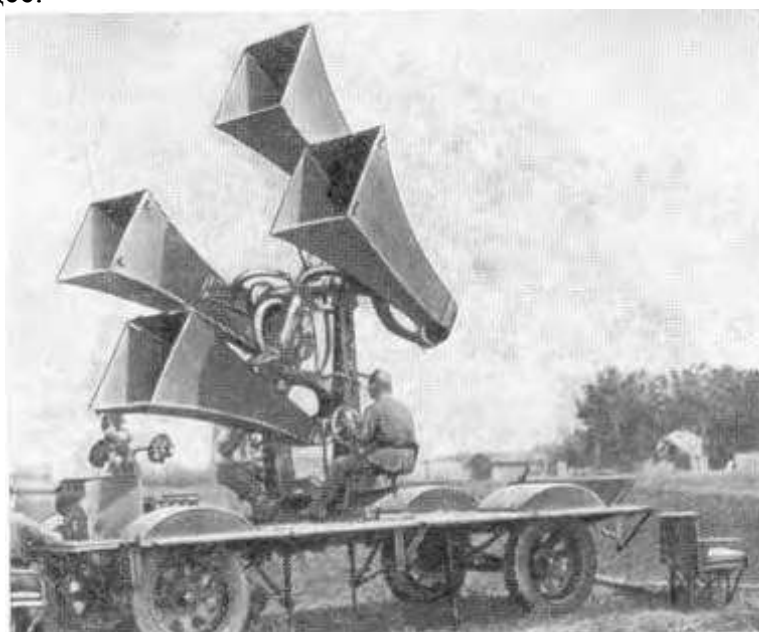
После первой мировой войны средствами разведки и наблюдения в нашей армии и армиях капиталистических стран были прежде всего оптические приборы: бинокли для наблюдателей постов воздушного наблюдения, оповещения и связи (служба ВНОС), оптические визиры и дальномеры для зенитной артиллерии. Обладая высокой точностью определения угловых координат местоположения самолетов, эти приборы имели существенные недостатки: ими нельзя было пользоваться ночью и при неблагоприятных метеорологических условиях (в туман, дождь, снегопад, облачность), трудно обнаруживать самолеты из-за ограниченного поля зрения. Кроме того, оптические дальномеры обладали невысокой точностью измерения расстояний до самолета. Поэтому в дополнение к оптическим приборам возникла идея применения для обнаружения самолетов звукоулавливателей, а для освещения – зенитных прожекторов. Освещенный самолет мог быть атакован истребителем-перехватчиком или обстрелян огнем зенитной артиллерии и зенитных пулеметов.

Казалось, что комплексное применение оптических и акустических средств решало надежное обнаружение самолетов противника в любое время суток и в любых погодных условиях. Однако это продолжалось сравнительно короткое время. С увеличением потолка, скорости и радиуса действия авиации возможности оптических и акустических приборов и зенитных прожекторов стали

недостаточными. Необходимо было изыскивать принципиально новые технические средства оснащения службы воздушного наблюдения, оповещения и связи (ВНОС).

В предвидении развития авиации по заданию НТК Военно-технического управления РККА (ВТУ РККА) в 1929 г. начали проводиться исследования возможностей обнаружения самолетов по улавливанию теплового излучения двигателей.

В июне 1932 г. на научно-испытательном полигоне ГАУ РККА проводился показ новых образцов инженерной техники, средств связи и интендантского имущества, разработанных отечественной промышленностью в итоге выполнения первого пятилетнего плана развития народного хозяйства. Представлявшиеся образцы предлагались к принятию на вооружение и снабжение Красной Армии. Коммунистическая партия и Советское правительство придавали этому показу большое значение. В течение трех дней новая техника осматривалась руководящим составом Реввоенсовета Республики во главе с его председателем – Наркомом обороны К. Е. Ворошиловым. Члены Реввоенсовета были разделены на три группы, возглавлявшиеся К. Е. Ворошиловым, М. Н. Тухачевским и С. М. Буденным. Каждая группа последовательно переходила от образца к образцу, осматривала их, слушая краткий доклад военного инженера-испытателя, высказывала свое мнение, которое затем обобщалось по трем группам. В числе демонстрировавшихся образцов были легкий звукоулавливатель и система «Прож-звук». Осматривая технику, группа М. Н. Тухачевского подошла к средствам акустического обнаружения. Выслушав краткий доклад М. М. Лобанова о тактико-технических характеристиках образцов, М. Н. Тухачевский, обменявшись мнением с сопровождавшими его И. П. Уборевичем, А. И. Корком, Н. А. Ефимовым (начальником ГАУ), Н. М. Синявским и др., высказал предложение о принятии их на вооружение. Затем он поинтересовался, над чем инженеры предполагают работать дальше, чтобы повысить эффективность ПВО. Выслушав ответ, что параллельно с работами по звукоулавливанию уже третий год ведутся исследования обнаружения самолетов по их тепловому излучению и, кроме того, перед учеными ставится вопрос о разработке радиотехнических методов обнаружения самолетов, М. Н. Тухачевский одобрительно отнесся к последней идее.



Звукоулавливатель 3Т-2

Система «Прожзвук» и легкий звукоулавливатель были вскоре приняты на вооружение прожекторных войск ПВО. Следует отметить, что М. Н. Тухачевский со свойственным ему вниманием всегда интересовался состоянием

противовоздушной обороны и оснащенностью войск ПВО вооружением и боевой техникой. Большое значение он придавал средствам обнаружения самолетов, требуя от центральных управлений НКО разработки этих и других вопросов. Наглядным примером могут служить документы, написанные собственноручно М. Н. Тухачевским.

Тов. Бордовскому С. В., тов. Алкснису Я. И., тов. Орлову А. Г.¹

В связи с тем что работа магнето самолета засечена радиоприемником (доклад т. Бордовского), предлагаю в срочном порядке спроектировать и построить аппаратуру для пеленгации самолетов в воздухе.

19. VI. 1932 г. доложить мне план работ.

Зам Наркомвоенмора и Председателя РВС СССР

М. Тухачевский².

15. VI, 1932 г. №4187/сс

Зная, что на вооружении иностранных армий состоят звукоулавливатели и прожекторы, М. Н. Тухачевский в тот же день пишет второй документ.

Тов. Орлову А. Г.

У Вас есть акустики. Прошу подработать вопрос о глушении шума многомоторного самолета с учетом интерференции звуковых волн. Моторы можно настроить на такие тона, чтобы они взаимно друг друга тушили.

Проконсультируйтесь с авиаконструкторами и в кратчайший срок доложите о результатах.

Нельзя ли подумать о том же для танков.

15. VI. 1932 г.

М. Тухачевский³.

19 июня А. Г. Орлов доложил М. Н. Тухачевскому о проведенном в ГАУ первом совещании по этому вопросу, а 27 июня 1932 г. М. Н. Тухачевский уже издал циркулярную директиву «О разработке вопросов глушения шума самолета при полете». В директиве был Утвержден состав комиссии из представителей НКО и виднейших ученых от ЦАГИ, МГУ, ВЭИ, ЛЭФИ и др.

В комплексе различных исследований по усовершенствованию акустических приборов обнаружения и зенитных прожекторов значительный интерес представляла научно-экспериментальная работа, выполненная инженерами Военно-электротехнической академии РККА (ныне академия связи им. С. М. Буденного) С. Г. Вальдманом и Н. А. Раковым. Авторы этой оригинальной работы поставили задачу повысить эффективность накрытия самолета лучом прожектора с 50-60% до 90–100%. Была создана схема многолучевой системы «Прожзвук-М», у которой прожектор вместо одного луча имел плоский световой веер из пяти лучей. Оригинальный метод поиска и веерный луч обеспечивали при отсутствии ветра успешность светового накрытия самолета до 95%. Однако дальность наблюдения освещенного самолета значительно сократилась против дальности штатного прожектора. Поэтому многолучевая система применения не получила. Но идея этой системы не была забыта и впоследствии была реализована в радиолокации. Несколько позже развернувшихся исследований по акустическому методу обнаружения в Всесоюзном электротехническом институте (ВЭИ) были начаты работы по обнаружению самолетов по их тепловому излучению. В 1932-1934 гг. были созданы экспериментальные теплообнаружители, которые неоднократно испытывались в разных условиях и по различным типам самолетов. Испытания

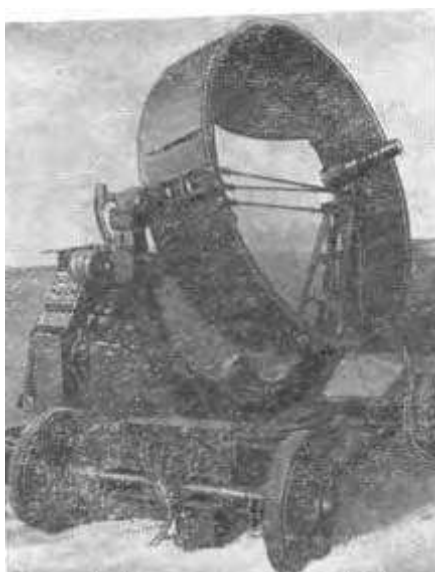
¹ Бордовский С. В. - начальник Технического управления РККА, Алкснис Я. И. - начальник ВВС РККА, Орлов А. Г. - начальник Управления военных приборов ГАУ

² ЦГСА, ф. 20, оп. 41, ед. хр. 15, л. 61.

³ Там же, л. 62.

позволили установить неперспективность теплового метода обнаружения самолетов. Однако было бы неразумно, ограничившись этими испытаниями, не попытаться опробовать метод теплообнаружения на других видах военной техники для содействия решению иных тактических задач. Военные инженеры Главного артиллерийского управления (ГАУ) предложили провести дополнительную проверку аппаратуры теплообнаружения по обнаружению танков для артиллерийской разведки и по военным кораблям в интересах Военно-Морского Флота. Испытания по танкам показали малоудовлетворительные результаты. После этого было предложено провести испытания на море. Начальник Морских Сил РККФ В. М. Орлов весьма одобрительно отнесся к предложению ГАУ и рекомендовал провести опыты на Балтике у командующего флотом Л. М. Галлера, большого поклонника новой техники. В июне - июле 1934 г. под руководством автора данной книги на одном из фортов Кронштадта, а затем на борту линейного корабля «Марат» были проведены разносторонние испытания по обнаружению торговых судов и кораблей Балтийского флота. В результате испытаний теплоулавливателя диаметром 150 см дальность обнаружения составила: торгового судна 8–9 км; сторожевого корабля 12–16 км; эскадренного миноносца 16-22 км; подводной лодки в надводном положении 3 км; парового катера 4 – 5 км; точность пеленга 1–1,5°.

Полученным результатам Л. М. Галлер и В. М. Орлов дали очень высокую оценку и просили как можно быстрее передать отчеты по испытаниям и техническую документацию теплоулавливателя. заказывающим органам ВМС.



Теплоулавливатель ТУИ

Таким образом, работы ВЭИ - ГАУ, выполненные по инициативе и заданиям ВТУ - ГАУ, хотя и не решили первоначально поставленной задачи для ПВО, не пропали зря и положили начало развитию и применению в Военно-Морских Силах нового технического средства разведки и наблюдения надводной обстановки, обеспечивающего поражение целей противника. Во время Великой Отечественной войны теплообнаружение широко использовалось на флоте и в береговой обороне.

За исследования по теплообнаружению и полученные результаты коллектив проф. В. А. Грановского (руководитель работы) в 1941 г. был удостоен Государственной премии СССР.

Глава первая

СРЕДСТВА РАДИОЛОКАЦИИ ДЛЯ ЗЕНИТНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

Зарождение идеи использования радиоволн

Неудовлетворительные результаты испытаний аппаратуры акустического и теплового методов для обнаружения самолетов, предвидение их неперспективности в недалеком будущем, а также понимание государственной важности проблемы создания средств обнаружения для ПВО привели военных инженеров ВТУ РККА к идее применения радиотехники для этих целей.

В 1932 г. заказы на разработку и производство средств обнаружения и освещения самолетов (системы «Прожжзвук») из ВТУ РККА были переданы в ГАУ НКО. Одновременно с этим мероприятием в ГАУ были переведены инженеры, ведавшие в НТК ВТУ РККА данной техникой, М. А. Федосенко, Г. С. Гойлов, П. И. Григорьев и Н. Н. Духонин. Ненадежность и неперспективность акустических средств обнаружения становились все более ясными именно для этих инженеров, несущих ответственность за научно-технический уровень боевой техники войск ПВО. Они сознавали, какая диспропорция образовалась между возможностями бомбардировочной авиации противника наносить удары и возможностями ПВО эффективно отражать эти удары с максимальным ущербом воздушному агрессору.

Тщательное изучение вооружения и боевых средств ПВО показывало, что основная причина создавшейся диспропорции вытекала не из боевых свойств истребительной авиации и зенитной артиллерии и их неспособности уничтожать самолеты врага, а из того, что они не располагали надлежащими средствами воздушной разведки, которые позволяли бы заблаговременно обнаруживать самолеты противника и наводить на них истребители и огонь зенитных батарей. Средства воздушной разведки и обнаружения являлись наиболее узким местом в системе вооружения войск ПВО и потому вызывали особую озабоченность командования ВТУ РККА, а затем и ГАУ НКО.

Но если акустические приборы были ненадежны и неперспективны, а средства теплового обнаружения в те годы только еще разрабатывались и не сулили обнадеживающих результатов, то какие иные технические пути могли быть использованы? По инициативе М. А. Федосенко НИИИС КА в 1930 г. провел экспериментальную работу по обнаружению самолета путем улавливания электромагнитного излучения от системы зажигания (магнето) двигателя. Этот опыт, которым руководил М. И. Куликов, не дал удовлетворительного результата. Легкий самолет обнаруживался на расстоянии всего 1 км, а при соответствующей экранировке магнето обнаружение стало вообще невозможным⁴. М. А. Федосенко и Г. С. Гойлов пришли к единодушному выводу, что единственное решение этой проблемы следует искать в использовании радиоволн, распространение которых мало зависит от погоды и времени суток, и потому их преимущество очевидно.

Обсуждая проблему, М. А. Федосенко и Г. С. Гойлов полагали, что, наращивая мощности излучаемых радиоволн и повышая чувствительность радиоприемных устройств, можно непрерывно добиваться такого совершенства средств радиообнаружения, которое не отставало бы от уровня развития авиации и тем самым не допускало бы образования диспропорции между тактическими возможностями средств воздушного нападения и средствами их обнаружения.

⁴ О результатах испытания было доложено М. Н. Тухачевскому, что, по-видимому, и послужило основанием директивного письма от 15 июня 1932 г.

Разрабатывая в 1930 г. по указанию начальника вооружения РККА И. П. Уборевича систему обеспечения Красной Армии новыми средствами связи, инженерной техникой и средствами ПВО, ВТУ РККА предусмотрело проведение исследований радиотехнических методов обнаружения самолетов на принципе активного применения радиоволн.

Летом 1931 г. на очередном заседании НТК ВТУ РККА, возглавлявшемся

Г. Н. Чистяковым, в присутствии начальника ВТУ Н. М. Синявского рассматривался вопрос о состоянии звукоулавливания. В информационном докладе М. А. Федосенко о результатах исследований по акустическим средствам обнаружения были освещены также первые результаты ВЭИ по теплообнаружению. На заседании были затронуты вопросы намечаемых работ по использованию радиотехники для тех же целей и необходимость привлечения новых НИИ, которые могли бы взять на себя такие работы.

Задание подобрать организацию для согласования планируемых исследований было поручено автору данной книги. Дело было новым, трудным. Поэтому не случайно порой даже видные ученые ставили под сомнение использование радиотехнических средств для обнаружения воздушных целей.

Анализируя причины отрицательного отношения к реализации предложения ГАУ, мы понимали, что критика идеи высказывалась теми учеными и военными специалистами, которые по своей служебной деятельности не имели касательства к проблеме ПВО и не отвечали за развитие вооружения и техники данного направления. К тому же в научно-технической литературе того времени не было достоверной информации о возможности отражения электромагнитных волн от самолета.

Чтобы преодолеть барьер сомнений, неверия и скептицизма и тем расчистить путь к практическим работам в этой области, нужен был эксперимент. ГАУ приняло логически правильное решение: организовать опыт радиообнаружения самолета и тем практически доказать, может радиотехника того уровня решить проблему или не может. Опыт должен стать решающим судьей между нами, военными инженерами, ответственными перед войсками ПВО, и теми, кто советует подождать, не спешить, чтобы не превратить «победу в поражение».

Первые опыты

В сентябре 1933 г. в ЦРЛ обсуждались итоги исследований и неудовлетворительные результаты испытаний экспериментального электроакустического звукоулавливателя, воспринимавшего из широкого спектра шумов самолета только наиболее интенсивную его часть – инфразвуковую. Участвуя в испытаниях и в обсуждении их результатов, автор книги поделился с начальником отдела акустики ЦРЛ Б. Н. Можжевеловым мыслями о взглядах ГАУ на использование радиотехники для решения проблемы, которую не может решить акустика. Б. Н. Можжевелов с пониманием отнесся к вопросу и посоветовал обратиться к руководителю группы дециметровых волн ЦРЛ инженеру Ю. К. Коровину и предложить ему это задание.

В тот же день состоялось знакомство с Ю. К. Коровиным. Внимательно выслушав суть дела, он, подумав, сказал: «Если дирекция скажет «добро», я готов начать работы, убеждайте и настаивайте, я вас поддержу».

Так в короткие минуты был найден «общий язык» в понимании важности новой проблемы. У читателей может возникнуть вопрос: чем объяснить, что молодой 26-летний инженер без длительных размышлений согласился на работы в новом направлении. Объяснение этого следует из результатов испытаний, проведенных Ю. К. Коровиным и его сотрудниками летом 1933 г., аппаратуры ДЦВ, созданной для двухсторонней радиосвязи в пределах прямой видимости. Испытания аппаратуры, проведенные на антенном поле ЦРЛ под Ленинградом, показали: 1)

наличие отражения радиоволн от поверхности земли, высот и холмов, которые окружали антенное поле, и о приходе в точку приема радиоволн с различных направлений, отраженных от возвышенностей, находящихся в секторе направленного излучения передатчика; 2) подтверждение сути квадратичного закона распространения УКВ (формулы проф. В. А. Введенского)⁵ и возможность практического использования эффекта переизлучения радиоволн для практических целей, в том числе обнаружения отражающих объектов и определения направления на них. Так, опыты по радиосвязи на ДЦВ непредвиденно подготовили почву для опытов радиообнаружения самолетов и в октябре 1933 г. явились решающим фактором в принятии Ю. К. Коровиным предложения ГАУ.

Давая согласие на проведение опытов по радиообнаружению самолетов, Ю. К. Коровин имел в виду не только показать принципиальную возможность радиообнаружения самолетов и убедиться в этом практически, но и определить хотя бы примерно количественную сторону такого обнаружения. В приближенном расчете Ю. К. Коровина, связывавшем мощность излучения, чувствительность приемника, усиление передающего и приемного зеркал и расстояние до самолета, наибольшую неопределенность представляла величина отражательной поверхности самолета или его эффективная площадь рассеяния.

Пределы чувствительности приемника были известны из опытов по радиосвязи, выполненных летом 1933 г. Результаты наблюдений отражательных свойств ДЦВ и расчета укрепили интуитивное ожидание успеха опытов по самолету.

Следует отметить, что согласие главного инженера отдела приемной аппаратуры ЦРЛ В. И. Сифорова на проведение опытов по самолету было основано на результатах изучения распространения ДЦВ и на приближенном расчете Ю. К. Коровина.

Директор ЦРЛ Д. Н. Румянцев не был специалистом в области акустики и радиотехники, но, понимая важность и государственное значение намечаемых работ, дал согласие принять задание ГАУ НКО на проведение исследований по радиообнаружению. Свое решение директор мотивировал весьма четко, заявив: «Если мы (ЦРЛ. - М. Л.) в течение нескольких лет не решили важную для ПВО проблему обнаружения самолетов с помощью акустики, то какое у нас право оставаться в долгу у государства, партии и народа и не взять на себя обязательство попытаться решить эту проблему радиотехникой?»

Эти «золотые слова» на заре советской радиолокации, сказанные старым коммунистом, опытным хозяйственником и руководителем, прозвучали пророчески в противовес неверию и скептицизму некоторых ученых и радиоспециалистов.

В октябре 1933 г. между ГАУ и ЦРЛ был заключен договор, явившийся первым в Советском Союзе юридическим документом, положившим начало планомерным научным исследованиям и опытно-конструкторским работам по радиообнаружению, и первым документом систематического финансирования таких работ⁶.

Проведение опытов и последующих исследований и разработок Д. Н. Румянцев возложил на отдел приемной аппаратуры ЦРЛ, начальником которого был Н. А. Краюшкин, главным инженером – специалистом по радиоприемным устройствам В. И. Сифоров (чл.-кор. АН СССР). В военно-морской лаборатории этого отдела, возглавлявшейся М. Е. Стариком, работала группа исследователей техники дециметровых волн в составе Ю. К. Коровина, В. А. Тропилло, студентов-вечерников С. Н. Савина и В. В. Елизаровой и техника А. Треумнова. Этой группе

⁵ ЦРЛ в Ленинграде. - Советское радио, 1973, №9, с. 190-191.

⁶ ЦТ АСА, ф. 20, оп. 41, ед. хр. 70, л. 72 - 146,

под руководством Ю. К. Коровина и были поручены подготовка аппаратуры и проведение опытов по самолету. Для проведения опытов по самолету Ю. К. Коровин использовал аппаратуру двухсторонней связи на ДЦВ и внес в нее только те изменения и дополнения, которые были необходимы для опыта. В состав аппаратуры входили: радиопередатчик непрерывного излучения, работавший на волнах 50-60 см, мощностью 0,2 Вт, суперрегенеративный приемник и параболические зеркала-антенны диаметром 2 м. Генераторные лампы для этой аппаратуры были созданы В. А. Тропилло и Ю. А. Кацманом (Ленинградский электротехнический институт ЛЭТИ). В декабре 1933 г. были завершены все подготовительные работы, и аппаратура была перевезена на территорию Гребного порта у Кроншпица Галерной гавани Ленинграда. Вначале для достижения лучших результатов опыта аппаратура настраивалась по плоским отражающим металлическим экранам в виде алюминиевых дисков разных размеров, латунной сетки (экрана), которые служили своеобразными эталонами для определения качества настройки и эффективности аппаратурного комплекса. Метод определения предельной дальности обнаружения основывался на прослушивании пульсации принимаемого сигнала, исчезающего за порогом чувствительности слуха. Момент прекращения слышимости пульсаций фиксировался довольно точно, но судить о расстоянии между радиоаппаратурой и отражающим экраном без фактического его измерения на местности, конечно, было невозможно.

После подготовительных работ были начаты опыты по обнаружению гидросамолета. Излучающая аппаратура размещалась на берегу, а приемная на льду сначала в 20 м от берега, а затем в 10 м от излучающей аппаратуры. Согласно договору с ГАУ испытания по самолету должны были закончиться в декабре 1933 г. Однако неблагоприятные погодные условия, недостаточная толщина и прочность льда у побережья Финского залива не позволяли провести опыты с гидросамолетом, установленным на лыжи. Наконец 3 января 1934 г. погода улучшилась, и долгожданный опыт был проведен. Пробег гидросамолета по льду и взлет впереди приемно-излучающей аппаратуры с одинаково ориентированными зеркалами в пространстве давал возможность прослушивать интерференцию излучаемого и отраженного сигналов. Проведенный интереснейший эксперимент убедительно подтвердил, что электромагнитные волны не только отражаются от самолета, но и могут быть приняты наземным радиоприемным устройством. Умозрительные предположения относительно характера выходного сигнала приемника приобрели качество физического явления. Эффект Доплера наблюдался впервые в диапазоне ДЦВ в таких масштабах расстояний, что служил практическим доказательством возможности обнаружения самолетов, следовательно, ориентация на радиотехнический метод обнаружения самолетов была правильной и перспективной.

В отчете ЦРЛ «Пеленгация самолетов на ДЦВ», направленном 14 февраля 1934 г. в ГАУ, Ю. К. Коровин так формулировал первые итоги своей работы:

1. Пеленгация самолетов на дециметровых волнах возможна при высокочастотных мощностях порядка десятков ватт и волне 10–20 см на расстоянии 8–10 км. Вывод основан на результатах, полученных с мощностью 0,2 Вт на волне 50 см.

2. При мощности в антенне 0,2 Вт и длине волны 50 см расстояния до обнаруживаемого самолета составляли 600–700 м.

3. Пеленгация элементарных поверхностей (диска диаметром 25 см) получена при той же мощности и той же волне на расстоянии 100 м. Опыты с элементарными поверхностями позволяют ориентировочно подсчитать эффект отражения, даваемого сложными зеркалами (самолетами).

В последующие дни января Ю. К. Коровин совместно со своими помощниками провел еще ряд летных наблюдений и собрал достаточный материал для уяснения недостатков использованной аппаратуры и путей дальнейшего ее совершенствования. Значительным недостатком аппаратуры, примененной в опытах по самолету, было отсутствие возможности быстрого и плавного вращения обоих зеркал в горизонтальной и вертикальной плоскостях. По этой причине отраженные от самолета сигналы принимались только в небольшом промежутке времени пересечения им зоны облучения, характеризовавшейся диаграммой направленности зеркала передатчика. Слежение за самолетом было невозможным. В зависимости от курса самолета продолжительность приема отраженного сигнала менялась от нескольких секунд до нескольких десятков секунд.

О Т Ч Е Т

ПО НАРЯДУ "ПЕЛЕНГАЦИЯ САМОЛЕТОВ НА ДЕЦИМЕТРОВЫХ ВОЛНАХ".

З а д а н и е

а) Целью работы являлось проверка возможности пеленгации самолетов по отраженным волнам, в диапазоне 50 - 100 см о аппаратурой разработанной в ЛПА ЦРЛ для целей связи.

Более детально:

1) Выяснить порядок высокочастотных мощностей, необходимых для нормальной работы пеленгатора на расстояниях порядка 8 - 10 километров.

2. Определить наименьшие допустимы расстояния между генераторным и приемным зеркалом, наметить пути и способы устранения прямого действия генератора на приемник помещенный на расстоянии 1 - 2 метров от генератора.

3. Выяснить, качественно, характер вторичного, т.е. отраженного от самолета, поля.

4. Установить пути по которым работа должна развиваться дальше.

б) Работа выдвинута по заданию 14-го сектора УВП ГАУ.

в) Краткие технические условия: Генератор дающий до 0,6 W на волне 50 см. Направляющее устройство с углом излучения меньше 30°. Суперрегенеративный приемник с зеркалом дающим направленный прием.

г) Начало 8 1933 г. Конец 1/1-1934 г.

д) Стоимость предположительная и фактическая 6.000 р.

Отчет ЦРЛ (подлинник)

В процессе опытов была замечена также и трудность ослабления прямого сигнала до величины, при которой положение рабочей точки на амплитудной характеристике суперрегенеративного приемника обеспечивало максимальную чувствительность при приеме отраженного сигнала. Здесь было очевидное противоречие требований. Для синхронного вращения зеркал надо было расположить их рядом на одной штанге, но это резко увеличивало бы прямой

сигнал, ослабить который можно было бы только экранировкой и компенсацией с помощью специально управляемых экранов (компенсаторов), меняющих амплитуду и фазу сигнала передатчика, подаваемого на приемный вибратор для компенсации прямого сигнала. Таким казался в то время дальнейший возможный путь решения задачи.

Другое направление выяснилось в ходе опытов. При выключенной модуляции также наблюдались пульсации характерного шума при приеме сигнала от движущегося экрана, а при приеме от самолета прослушивались низкие частоты. Следовательно, можно было вместо суперрегенератора использовать детектор в схеме тормозящего поля, у которого линейная часть амплитудной характеристики на несколько порядков больше, чем у суперрегенератора. При подаче на такой детектор прямого сигнала достаточной величины можно было эффективно преобразовывать весьма слабый отраженный сигнал в напряжение низкой частоты, определяемой эффектом Доплера. Эта схема представляла собой, по существу, супергетеродинный приемник, в котором промежуточная частота была переменной в полосе низких частот, определяемых скоростью и курсом самолета. Это направление было положено в дальнейшем в схему эскизного проекта радиопеленгатора самолетов на ДЦВ. Схема приемника в этом случае давала возможность размещать передающее и приемное зеркала в непосредственной близости друг от друга, не боясь, что прямой сигнал будет подавлять приемник. В то время еще не было видно всей трудности борьбы с микрофонным эффектом в этой схеме.

Выводы и предложения ЦРЛ по дальнейшему развертыванию работ были рассмотрены и утверждены в ГАУ⁷.

Опыты ЦРЛ в январе 1934 г. явились фактическим началом советской радиолокационной техники, ее рождением и исходной вехой последующего блистательного развития.

Первая станция радиобнаружения для зенитной артиллерии

После того как опытом ЦРЛ задание первого договора было выполнено, 14 февраля 1934 г. ГАУ заключило с ЦРЛ второй договор⁸, предусматривавший комплекс исследований, расчетов и экспериментов, необходимых для создания опытного образца установки радиобнаружения самолетов и проверки его в полевых условиях. На 1934 г. ЦРЛ ставилась задача разработать проект станции для наведения на самолет луча прожектора. Разработку этой станции, определявшей только две угловые координаты самолета (азимут и угол места), ГАУ рассматривало как первую ступень в использовании новых средств обнаружения для ЗА. Следующим этапом работ в ЦРЛ намечалось создание более сложной станции, которая могла бы определять три координаты цели (азимут, угол места и высоту) и обеспечивать прицельную стрельбу по неосвещаемым и невидимым самолетам без применения прожекторов и оптических дальномеров.

Для станции наведения прожектора Ю. К. Коровин избрал дециметровый диапазон волн, с тем чтобы диаграммы направленности электромагнитного излучения и приема могли вращаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях, отрываясь от земли. В то время он считал, что отрыв луча возможен только на дециметровых или еще более коротких волнах.

В мае 1935 г. ЦРЛ изготовила первую экспериментальную радиоустановку, и в связи с переводом Ю. К. Коровина в Центральную военно-индустриальную радиолaborаторию (ЦВИРЛ) установка была отправлена в г. Горький. Дальность обнаружения легкого самолета на испытаниях составила около 3 км. Были

⁷ ЦТ АСА, ф. 20, оп. 41, ед. хр. 70, л. 72-146.

⁸ Там же

отмечены неустойчивая работа излучающего и приемного устройства, большие микрофонные шумы в схемах магнетронного генератора и приемника и сильное воздействие излучаемой энергии на приемник. Эти недостатки Ю. К. Коровин объяснял невысоким качеством генераторных и приемных ламп, изготовлявшихся кустарным способом, и тем, что проект аппаратуры был разработан с учетом сложения достаточно интенсивного прямого и отраженного сигналов и непосредственного усиления выделяющейся при этом доплеровской частоты. Но интуитивный учет микрофонного эффекта не оправдал предусмотренных конструктивных мер – увеличения массивности и жесткости генераторного и приемного блоков, не снизил микрофонного эффекта и не позволил реализовать потенциальные возможности устройства. Поэтому Ю. К. Коровин вернулся к старой схеме, с которой он вел первые опыты с самолетом.

В результате упорного труда Ю. К. Коровина и молодых инженеров Р. О. Васильева, Е. А. Меркина и В. М. Птичкина в ЦВИРЛ была создана в 1936 г. установка «Енот».

Магнетроны для нее изготовили Ю. К. Коровин и профессор Горьковского физико-технического института (ГФТИ) М. Т. Грехова. В установке использовались спаренные параболические зеркала диаметром 1,5 м, вращавшиеся в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В передатчике стоял магнетрон с четырехсегментным анодом, работавший на волне 18 см с мощностью около 8 Вт. Приемная высокочастотная часть имела два варианта. В первом варианте в качестве смесителя использовалась специальная приемная лампа, работавшая в схеме с тормозящим полем; во втором - детектором служил вакуумный диод с очень малым расстоянием между катодом и анодом. Эффективность обоих вариантов высокочастотной части была одинаковой. Усилитель низкой частоты непосредственно усиливал колебания доплеровской частоты, получавшиеся после вычитания на упомянутых детекторах прямого и отраженного сигналов. Уровень прямого сигнала на детекторе (гетеродинное напряжение) регулировался специальным устройством. Излучение и прием производились с помощью полуволновых вибраторов, установленных в фокусах зеркал.

Испытания установки показали дальность обнаружения самолетов до 11 км и опять-таки нестабильную работу излучающей и приемной схем и наличие микрофонных шумов, мешавших приему отраженных сигналов. И хотя эти дефекты меньше влияли на устойчивость действия установки, чем в первом варианте аппаратуры ЦРЛ, все же они по-прежнему оставались главной причиной малоудовлетворительной работы второй установки «Енот».

В 1937 г. работы по совершенствованию аппаратуры радиообнаружения в ЦВИРЛ продолжались. К этому времени у коллектива разработчиков окончательно сложилось мнение о перспективности системы, основанной на использовании аппаратуры с непрерывным излучением. Считалось, что для стабильной работы приемно-передающего комплекса и для использования режимов его работы, позволявших в принципе определять расстояния до самолета (частотная модуляция и др.), совершенствование схем и аппаратуры должно идти в определенном направлении.

Существенным улучшением было бы уменьшение до минимума прямого сигнала на входе приемника, доведение его до уровня, при котором паразитная модуляция колебаний ВЧ передатчика уже не являлась бы помехой. Такую задачу можно было решить только переходом к супергетеродинному приемнику с преселекцией для повышения чувствительности. Необходимо было также стабилизировать частоты передатчика и гетеродина приемника, разработать новые приемные лампы для усиления по высокой частоте (на волне 18 см), разработать схемы амплитудной и частотной модуляции, а также схемы индикации, соответствующие наиболее

перспективным вариантам дальномера, и, наконец, испытать все новое в полевых условиях.

Ю. К. Коровин, будучи по натуре оптимистом и обладая опытом исследований и разработок, накопленным в ЦРЛ и ЦВИРЛ, не сомневался, что трудности при создании радиопеленгатора для ЗА скоро будут преодолены. Он полагал, что в 1937-1938 гг. ЦВИРЛ может разработать радиопеленгатор самолетов с дальностью обнаружения до 75 км и точностью пеленга на расстояниях до 25 км не менее 2° , что должно обеспечить надежный поиск и сопровождение цели.

Уверенность Ю. К. Коровина разделялась и руководством ЦВИРЛ, что подтверждало заключение в 1937 г. очередного договора с ГАУ.

При выполнении работ по этому договору в лаборатории Ю. К. Коровина удалось получить некоторые положительные результаты. Так были исследованы различные варианты антенных устройств, чтобы уменьшить влияние прямого сигнала при размещении их на общей опоре. Разработаны объемные колебательные контуры высокой добротности для дециметровых волн, с их помощью пытались стабилизировать частоты магнетронных генераторов и гетеродина приемника (где применялись лампы с тормозящим полем и маломощные магнетроны). Был изготовлен супергетеродинный канал приема, стабильно работавший совместно с излучающим устройством. Разработка усилителя высокой частоты не дала, однако, положительных результатов. Эта задача на волнах 18–20 см была решена позже (в 1940 г.) в НИИ-9 Н. Д. Девятковым с помощью разработанного им триода с малыми межэлектродными расстояниями и Ю. А. Кацманом в ЛЭТИ с помощью усилительного клистрона. Испытания осенью 1937 г. экспериментальной установки радиопеленгатора все же не подтвердили расчетов Ю. К. Коровина. Установка работала нестабильно, шумы излучающего и приемного устройств по-прежнему снижали дальность обнаружения самолета.

Учитывая, что к этому времени работы по радиообнаружению продвинулись значительно дальше в НИИ-9, разработки в ЦВИРЛ по заданиям ГАУ были прекращены. Небольшому коллективу ЦРЛ – ЦВИРЛ хотя и не удалось до конца решить поставленную задачу, однако в истории советской радиолокации он занимает видное место, доказав своими опытами практическую возможность использования электромагнитного излучения для обнаружения самолетов. Кроме того, опыт ЦРЛ сыграл решающую роль в привлечении Ленинградского электрофизического института (ЛЭФИ) в качестве второй научной базы к разработкам по радиообнаружению для зенитной артиллерии параллельно с работами для службы ВНОС по заданию Управления ПВО РККА.

Разработка радиискателя «Буря»

После того как ЦРЛ были проведены опыты по радиообнаружению самолета, инженеры ГАУ, понимая сложность решения этой проблемы, предложили командованию параллельно развернуть аналогичные работы в ЛЭФИ. Важность скорейшего решения новой проблемы вполне оправдывала такое дублирование.

Не лишено интереса знать, как оперативно реагировало ГАУ на опыты ЦРЛ. Привожу краткую хронологию мероприятий тех дней января 1934 г.

4 января Ю. К. Коровин телеграммой известил ГАУ о проведенном им опыте. В тот же день командование поручило автору этих строк выехать в Ленинград, подробно ознакомиться с ходом опыта, его условиями и результатами и, договорившись о заключении второго договора с ЦРЛ на 1934 г., направиться в ЛЭФИ и заручиться согласием на развертывание научно-исследовательских работ по радиообнаружению.

5 января представитель ГАУ ознакомился в ЦРЛ со всем, что относилось к проведенному опыту.

6 января состоялась первая встреча с директором ЛЭФИ академиком А. А. Чернышевым, во время которой после знакомства и объяснения цели визита обсуждалось предложение ГАУ о развертывании исследований по радиообнаружению. Чтобы узнать точку зрения по этому вопросу академика А. А. Чернышева, он вначале беседы не был информирован об опыте Ю. К. Коровина. Далее произошел следующий диалог:

– А на каком основании в ГАУ считают радиообнаружение возможным, вы что-нибудь читали по этому вопросу?

– Нет, Александр Алексеевич, в научно-технической литературе об этом мы ничего не читали!

– Ну так что же вас воодушевляет, интуиция или волевое желание?

– До недавнего прошлого и то, и другое, как вытекающее из служебной ответственности ГАУ перед войсками ПВО. Но в последнее время кроме интуиции и желания у нас сложилась твердая уверенность в реальности этой проблемы.

– На базе чего основывается эта реальность?

– На опыте ЦРЛ, Александр Алексеевич!

– Я об этом опыте не знаю, расскажите пожалуйста!

Чернышеву подробно рассказали об опыте Коровина и его результатах, о попытках применения акустических и тепловых методов обнаружения самолетов и об обращении ГАУ к радиотехнике.

– Предприимчивые и дотошные вы люди, военные инженеры!

– Приходится быть такими, если не подсказывают наши ученые и промышленность.

– Интересно, очень интересно! Я подумаю, а вы приходите завтра, и мы еще раз потолкуем!

Ответ был получен на следующий день, 7 января 1934 г. При встрече в институте

А. А. Чернышев, предвидя все вопросы, без каких-либо оговорок, с заметным подъемом

заявил:

– Я весь вечер думал над вашим предложением, провел некоторые расчеты и считаю, что начинать работы можно, давайте обдумаем задание и подготовим договор!

Согласие академика, директора известного в стране института следовало расценивать как несомненный успех. Скорее хотелось узнать о примерных сроках проведения и завершения исследований:

– Александр Алексеевич, вы уверены, что задача радиообнаружения скоро будет решена?

– Задача будет обязательно решена, ну а сколько потребуется на это времени, сказать не могу, поработаем - увидим.

7 января были разработаны задания и условия договора, который в тот же день был отпечатан, подписан директором ЛЭФИ и на следующий день нарочным отправлен в ГАУ. 11 января 1934 г. договор был подписан и утвержден в ГАУ⁹. Так в течение всего лишь одной недели после опыта ЦРЛ был привлечен к исследованиям ЛЭФИ.

Непосредственным руководителем работ А. А. Чернышев назначил начальника радиосектора института опытного, знающего и трудолюбивого инженера Б. К. Шембея. Общее руководство исследованиями директор оставил за собой. Работы были начаты в дециметровом диапазоне, как обеспечивающем создание для

⁹ ЦТ АСА, ф. 20, оп. 41, ед. хр. 70, д. 82.

зенитной артиллерии подвижных установок с достаточной для стрельбы точностью определения угловых координат цели.

После всестороннего обсуждения выбора диапазона и технического направления исследований А. А. Чернышев и Б. К. Шембель остановились на применении аппаратуры с непрерывным излучением и использованием эффекта Доплера. Вот что пишет по этому поводу Б. К. Шембель¹⁰.

«Использовать (для радиообнаружения самолетов. – *М Л*) существующую для зондирования ионосферы аппаратуру (импульсную. – *М. Л.*) невозможно, так как длительность посылок высокочастотного сигнала для требуемых расстояний у нее слишком велика. Поэтому нужна разработка совершенно новой аппаратуры: короткоимпульсных источников питания анода генераторной лампы, самой генераторной лампы, широкополосных приемников, быстродействующих осциллографов и др. Кроме того, осторожное отношение к импульсному методу вызывалось также опасениями, что помехи, создаваемые отражениями от неподвижных, хорошо отражающих предметов, и сравнительно высокий уровень шумов приемника из-за его широкополосности могут привести к непредвиденным трудностям.

Использование же интерференционного метода было очень заманчиво своей технической подготовленностью, так как для его реализация могли быть использованы уже имевшиеся средства радиотехники непрерывного режима: генераторы, приемники и др. Возможность использования в этом методе узкополосной приемной аппаратуры являлась, по нашему мнению, его большим преимуществом. Главным же преимуществом непрерывного метода считалось то, что он позволяет наблюдать только движущиеся объекты, а это исключает помехи от неподвижных предметов, расположенных между приемной аппаратурой и целью или за ней...» И далее: «Что касается определения координат цели, то в то время решение этой задачи представлялось нам возможным при использовании любого метода. В любом случае необходимо было создавать узконаправленные антенные системы, а затем определять координаты либо через время запаздывания эхосигнала, как и при определении высоты слоев ионосферы, в первом методе, либо же приемом излученных самолетом вторичных волн на разнесенные приемники – во втором. В последнем случае решение задачи определения курса самолета представлялось более простым...».

Под руководством Б. К. Шембеля инженеры ЛЭФИ В. В. Цимбалин и А. Я. Гейман за первую половину 1934 г. спроектировали пять вариантов искрового генератора в диапазоне 80-100 и 20-50 см; разработали и изготовили серию магнетронов с различными параметрами, построили установку непрерывного генерирования электромагнитных колебаний дециметрового диапазона, создали установку для исследования полей вторичного излучения от предметов различных форм и размеров. В тот же период Б. К. Шембель провел оценочный расчет мощности, необходимой для обнаружения и пеленгации самолета на расстоянии порядка 10 км. По этому расчету выходило, что при коэффициенте направленности антенны около 33 дБ и при чувствительности приемника 50 мкВ/м потребуется излучаемая мощность порядка 1 Вт. Помимо разработки проекта зенитного радиолокатора (так была названа в то время установка радиообнаружения для ЗА) в ЛЭФИ велись теоретические и экспериментальные работы по магнетронным генераторам. Так, проф. Ф. А. Миллер исследовал магнетронный генератор, чтобы выяснить электронный механизм генерирования колебаний, определить форму и характер колебаний во внутренних контурах.

По первой части работы Ф. А. Миллер вывел основные уравнения движения электронов, разработал приложение теории к колебаниям в резонаторе,

¹⁰ Шембель Б. К. У истоков радиолокации в СССР. - Советское радио, 1977, № 5, с. 15-17

сформулировал принцип самовозбуждения магнетрона с разрезным анодом и определил мощность колебаний. Вторая часть работы проф. Ф. А. Миллера относилась к изучению общей характеристики магнетронных колебаний, конфигурации колебательных систем, определяющих вид колебаний, выводу уравнения траектории электронов на концах щелей и экспериментальному подтверждению теории.

Обе части работы Ф. А. Миллера были опубликованы и явились исходными данными для дальнейшего совершенствования магнетронных генераторов в дециметровом и сантиметровом диапазонах¹¹. Непосредственным результатом этой работы явилось создание магнетрона с разрезным анодом на волну 30 см и мощностью 7 Вт В 1934 г. инженерами ЛЭФИ были поданы заявки на следующие изобретения¹².

М. Д. Гуревич (старший) и Б. К. Шембель «Способ получения кратковременных импульсов высокочастотных колебаний»;

М. Д. Гуревич (старший) «Устройство для определения расстояний с помощью отраженных электромагнитных волн» и «Устройство для модуляции генераторов высокой частоты импульсами, получаемыми извне приемником, настроенным на частоту последнего»;

Б. Н. Дыньков и Б. К. Шембель. «Магнетрон, отличающийся тем, что его полуаноды выполнены из одного куска листового металла вместе с держателями, крепящими полуаноды к одному или нескольким выводам».

В феврале 1935 г. М. Д. Гуревичем (старшим) и Б. К. Шембелем была подана авторская заявка на «Устройство для получения периодических колебаний напряжения», на основании которой авторам было выдано свидетельство¹³ [10]. Это устройство было применено в первой экспериментальной установке ЛЭФИ на волне 70 см, разработанной в начале 1934 г. под руководством М. Д. Гуревича (старшего).

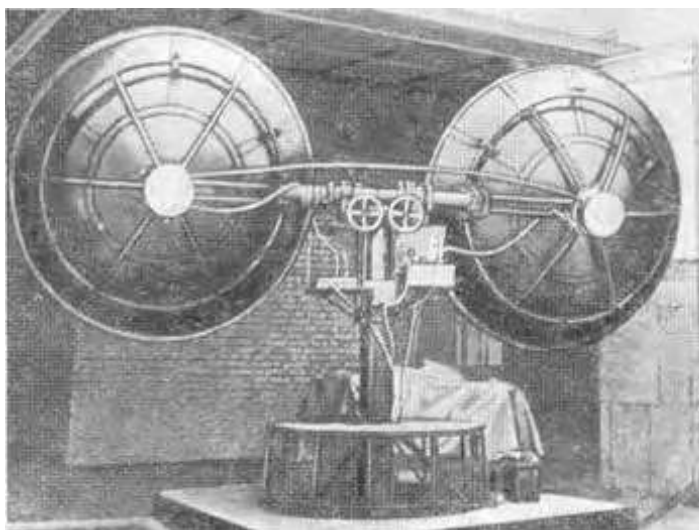
Перечисленные заявки на изобретения и ряд других авторских предложений, поданных в то же время свидетельствовали о том, что в 1934 г. исследования в области подготовки средств радиообнаружения развернулись уже довольно широко и вовлекли значительный круг ученых и инженеров многих научно-исследовательских институтов и лабораторий.

Весной 1935 г. в лаборатории Б. К. Шембеля были проведены важные работы, позволившие создать экспериментальную установку радиообнаружения для зенитной артиллерии. К ним относились: новые магнетроны с четырехсегментными анодами, отдававшими в антенну мощность более 10 Вт при волне 21-29 см. Разработанные в 1934 г. в ЛЭФИ и в ЦРЛ двухсегментные магнетроны работали неустойчиво, и от них пришлось отказаться. Успех новых магнетронов в значительной степени определился качеством их изготовления в электровакуумной мастерской института, возглавлявшейся М. Д. Гуревичем (младшим).

¹¹ Журнал технической физики, 1935, т. 5 вып. 2.

¹² Названия заявок - из фондов Всесоюзной патентно-технической библиотеки

¹³ Авторское свидетельство БИ № 43934 от 31 08 1935 г.



Первый экспериментальный радиоискатель для зенитной артиллерии

Опыты с суперрегенеративным приемником дециметровых волн показали, что уровень его собственных шумов слишком велик и снижает чувствительность до недопустимых пределов. От применения такого приемника сразу же пришлось отказаться. Переход к детектору на лампе с тормозящим полем с переносом нагрузки из цепи сетки в цепь анода уменьшил шум примерно на три порядка.

К лету 1935 г. в ЛЭФИ под руководством Б. К. Шембеля инженерами М. Д. Гуревичем (младшим), Э. И. Голованевским и М. Г. Курилко была изготовлена экспериментальная установка радиообнаружения самолетов для ЗА с двумя параболическими антеннами диаметром 2 м, которые были укреплены рядом на общей опоре и могли вращаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Приемник и передатчик были смонтированы у основания антенн. Двухпроводные фидерные линии в металлических трубах связывали приемник и передатчик с полуволновыми вибраторами, укрепленными в фокусах зеркал-параболоидов.

Генератор установки работал на магнетроне с четырехсегментным анодом на волне 21–29 см при анодном напряжении 900–1200 В и магнитном поле 850–1100 Гс, со средним к.п.д. $35^{+15}\%$. В условиях оптимальной связи фидера с колебательной системой генератора и при согласовании сопротивления антенн и фидера мощность излучения достигала 8–15 Вт. Приемник с прямым детектированием был собран на лампах с настроенной сеткой, разработанных проф. М. Т. Греховой и успешно освоенных в лаборатории под руководством М. Д. Гуревича (младшего).

Испытания установки показали, что она обладала чувствительностью, достаточной для обнаружения летящих стай ласточек на расстоянии 150–200 м. Легкий самолет У-2 обнаруживался на дальности 5–6 км.

В итоге первых исследований, конструкторско-производственных работ по созданию магнетронов, магнетронных генераторов, приемников в ЦРЛ и в ЛЭФИ в середине 1935 г. были созданы и испытаны первые установки радиообнаружения самолетов для ЗА, определявшие две угловые координаты: азимут и угол места¹⁴.

В 1934–1935 гг. параллельно с работами коллектива Б. К. Шембеля в ЛЭФИ был опробован импульсный метод радиообнаружения, исследования по которому возглавлял инженер М. Д. Гуревич (старший). Под его руководством была создана экспериментальная установка с магнетронным генератором дециметровых волн, работавшим в прерывистом режиме. К выходу приемника подключался синхронизированный от генератора осциллограф, на экране которого отмечались прямой и отраженный импульсы. Это давало возможность наблюдать отраженные импульсы от леса, находившегося на расстоянии 500 м от установки.

¹⁴ ЦТ АСА, ф. 20, оп. 41, ед. хр. 70, л. 228.

Попытки принять отраженный сигнал от самолета с помощью этой установки оказались безрезультатными из-за засветки экрана электронно-лучевой трубки отражениями от местных предметов. Вскоре после назначения научным руководителем ЛЭФИ проф. М. А. Бонч-Бруевича инженер М. Д. Гуревич был переведен в другую лабораторию, и работы, начатые им по импульсному радиообнаружению, оказались прекращенными практически до 1938 г.

Осенью 1935 г. ЛЭФИ был объединен с Радиоэкспериментальным институтом (РЭИ – дир. А. М. Кугушев) и преобразован в Научно-исследовательский институт № 9 (НИИ-9) НКТП. Директором института был назначен Н. И. Смирнов, член партии с 1905 г., человек энергичный, с большими организаторскими способностями, обладавший широким кругозором. Научным руководителем стал проф. М. А. Бонч-Бруевич, известный радиоспециалист, сыгравший выдающуюся роль в развитии радиотехники и радиофикации страны, проводившейся по личным указаниям В. И. Ленина. Новое руководство института разработало обширный план научно-исследовательских работ в интересах обороны страны и получило от правительства значительные средства на их выполнение. По договору с ГАУ НИИ-9 в 1935–1936 гг. должен был создать новую подвижную установку радиообнаружения для ЗА и всесторонне испытать ее на полигоне ГАУ. На основе экспериментальной установки 1935 г. и ее испытаний по самолетам опытный завод института изготовил подвижный двухантенный зенитный радиоискатель «Буря». Разработку по-прежнему осуществляла лаборатория, возглавлявшаяся Б. К. Шембелем.

Зенитный радиоискатель «Буря»

В комплект радиоискателя «Буря» входили: магнетронный генератор на волне 24-25 см с мощностью непрерывного излучения 6–7 Вт; приемник с прямым усилением; две антенны (излучающая и приемная) параболического типа диаметром 2 м и шириной диаграммы направленности 7–10°; источник питания (аккумуляторы и сухие батареи).

В сентябре - октябре 1936 г. на артиллерийском полигоне ГАУ состоялись испытания радиоискателя по одиночным самолетам и звену самолетов Р-5. Руководили испытаниями инженеры-испытатели полигона К. Н. Томилин и В. А. Калачев при участии Б. К. Шембеля и представителя ГАУ, автора этих строк. Испытания позволили выяснить дальность действия радиоискателя на различных курсах полета самолета, возможность поиска и сопровождения цели, точность определения ее координат, устойчивость работы и влияние посторонних помех.

В отчете полигона и в научно-техническом журнале ГАУ от 19 ноября 1936 г.¹⁵ было зафиксировано, что «при курсе цели 0° радиоискатель «Буря» показал максимальную дальность обнаружения 10–11 км; срединные ошибки по азимуту 3°, по углу места 4,1 °. Ввиду актуальности задачи пеленгации самолетов для обороны СССР и получения уже реальных положительных результатов новым методом насущной необходимостью является форсирование разрешения как окончательного вопроса пеленгации, так и всех смежных с ним вопросов (дальность, скорость, любые курсы)...

17 ноября 1936 г. ГАУ обратилось к директору НИИ-9 с письмом, в котором, ссылаясь на полигонные испытания радиоискателя «Буря», было сказано: «Необходимо отметить, что результаты испытаний настолько заметны, что они заставляют вести работы в дальнейшем форсированным способом, с тем чтобы увеличить дальность действия, точность пеленгования и более надежный поиск

¹⁵ ЦГАСА, ф. 20, оп. 41, ед. хр. 70, л. 242.

целей, для чего рекомендовать расчленив поиск и сопровождение цели по азимуту и углу места...»¹⁶.

Разработчикам НИИ-9 полигонные испытания показали, что их впереди ожидает много сложной работы, требующей инженерного творчества, глубоких и разносторонних исследований и экспериментов.

Начальник ГАУ Н. А. Ефимов, ознакомившись с принципом работы радиискателя, его устройством и результатами полигонных испытаний, предложил заказать опытную партию радиискателей типа «Буря». Свое предложение он мотивировал соображениями, связанными с обострением международной политической обстановки, агрессией немецко-итальянского фашизма в Испании и необходимостью ускорить оснащение войск ПВО новыми, более совершенными средствами наведения прожекторов и стрельбы ЗА. Однако единодушные доводы специалистов и начальника Управления военных приборов ГАУ Н. Ф. Романова о необходимости доработки радиискателя «Буря», в соответствии с рекомендациями артиллерийского полигона, убедили Н. А. Ефимова снять свое предложение.

Ретроспективно рассматривая две противоположные точки зрения, следует признать более правильной точку зрения начальника ГАУ, поскольку изготовление опытной партии радиискателей «Буря» неизбежно заставило бы радиопромышленность включиться в создание станций радиообнаружения для зенитной артиллерии раньше, чем это произошло в действительности, а это несомненно способствовало бы более успешному преодолению предвоенных трудностей, возникших в ЦРЛ и в ЛЭФИ - НИИ-9.

Дальнейшие исследования по радиообнаружению

Полигонные испытания радиискателя «Буря» выдвинули следующие первоочередные задачи НИИ-9 на 1937 г.: увеличение дальности обнаружения самолетов и точности определения угловых координат, повышение надежности обнаружения и сопровождения целей.

Если пути и методы решения первой задачи были достаточно ясны (увеличение мощности излучения, повышение направленности излучения за счет больших габаритов антенн или применения более коротких волн, создание приемника с большей чувствительностью), то способы решения второй и третьей задач требовали предварительного изучения. Как один из вариантов решения второй задачи Б. К. Шембель предложил применить антенны с равносигнальными зонами, которые использовались в радиомаяках. Этот вариант предусматривал одно излучающее и три приемных устройства с параболическими антеннами.

Для проверки возможности увеличения дальности обнаружения самолетов и проведения различных экспериментов при исследованиях в НИИ-9 была создана в 1937 г. радиоустановка РИ-4, смонтированная стационарно на опытно-испытательной базе института в Островках и выполненная по образцу первой радиоустановки 1935 г., находившейся на крыше здания ЛЭФИ. На этой установке проверялись расчеты инженеров по увеличению дальности действия и исследовались возможности работы на различных вариантах схем радиообнаружения. Интересно, что коэффициент направленности антенны установки РИ-4 был в четыре раза выше того же коэффициента радиискателя «Буря» (это могло получиться и на «Буре», если его рабочая волна была бы вдвое короче). При использовании той же волны, что и на «Буре», антенны установки РИ-4 были вдвое больше по диаметру (4 м). Опыты на РИ-4, проведенные под руководством Э. И. Голованевского, имели цель удвоить дальность действия установки по сравнению с «Бурей», т.е. довести ее примерно до 25 км, что и было

¹⁶ ЦГАСА, ф. 20, оп. 41, ед. хр. 70, л. 268.

достигнуто в 1938 г. Новое приемное устройство РИ-4 отличалось от аналогичного в радиискателе «Буря» тем, что вся полоса принимаемых доплеровских частот делилась специальными фильтрами на 18 каналов по 50 Гц каждый, что должно было снизить уровень шумов в каждом канале примерно в 4 раза и, следовательно, вчетверо повысить чувствительность приемника по каждому каналу и вдвое повысить дальность действия всей установки¹⁷. Мощность излучения РИ-4 составляла 100-150 Вт.

В плане исследований на 1937 г. содержалась еще одна важная тема «Разработка радиодальномера с применением частотной модуляции для проверки возможности определения третьей координаты цели – расстояния до нее, необходимого для введения в прибор управления артиллерийским зенитным огнем (ПУАЗО)». Идею радиодальномера с частотной модуляцией Б. К. Шембель предложил на основе личных наблюдений отражений от Крымских гор в период полигонных испытаний радиискателя «Буря». Эти наблюдения показали, что частотная модуляция с помощью фильтров позволяет селектировать цели по расстоянию, чем устраняются помехи от близлежащих предметов.

Под руководством Б. К. Шембеля была начата разработка экспериментального дальномера с механическим устройством, позволявшим модулировать частоту магнетронного генератора на 2–3%. Установка имела две параболические антенны и генератор в диапазоне 15-25 см с мощностью излучения 5-10 Вт.

Окончание изготовления радиодальномера и его испытания по самолетам были проведены группой молодых инженеров летом 1938 г. Из-за большого уровня шумов в магнетронном генераторе и широкого разброса его параметров установка показала небольшую дальность действия (7–8 км). Выключение схемы модуляции повышало дальность действия до 15–16 км. Однако этот технический прием определения дальности до целей все же не получил развития, так как в НИИ-9 в то время уже создавалась научно-техническая база для конструирования импульсного радиодальномера.

В период испытаний радиодальномера проводилось также изучение возможности обнаружения самолета при тех положениях его на курсе полета, когда эффект Доплера не наблюдается, т.е. когда радиальная составляющая скорости самолета равна нулю. В середине 1937 г. М. А. Бонч-Бруевич впервые высказал мысль, что во время войны могут быть созданы специальные помехи, которые затруднят или полностью нарушат работу аппаратуры радиообнаружения. Свое предположение, а точнее, уверенность он основывал на огромном значении и эффективности таких средств в операциях войск ПВО. Этим предостережением М. А. Бонч-Бруевич нацеливал заказчиков НКО, исследователей и разработчиков НИИ-9 на необходимость не упускать в будущем из виду столь важный вопрос и добиваться его разрешения, как средства противодействия аппаратуре радиообнаружения со стороны противника.

Мероприятия по расширению НИИ-9

В 1936 г. дирекция. НИИ-9 расширяла оборонную тематику института и добивалась укрепления его научно- инженерными кадрами. С этой целью НИИ-9 был объединен с научно-исследовательским институтом телевидения. По предложению М. А. Бонч-Бруевича в коллектив института вошел основной состав лаборатории УКВ ВЭИ во главе с проф. Б. А. Введенским, крупным ученым в области радиофизики и распространения УКВ. Вместе с ним в НИИ-9 перешли молодые ученые и инженеры, способные к самостоятельной научной работе: М. Л. Слиозберг, Е. А. Селин, Е. Н. Майзельс и др. В НИИ-9 была усилена вакуумная лаборатория для разработки радиоламп дециметрового и сантиметрового

¹⁷ По расчетам Шембеля Б К

диапазонов волн и улучшения технологии мелкосерийного изготовления генераторных и приемных ламп.

Одним из важных для НИИ-9 мероприятий было строительство в 1935-1936 гг. полигонной испытательной базы в 40 км от Ленинграда на берегу Невы, названной Островки. Необходимость в такой базе возникла с того времени, как институт помимо теоретических работ стал вести экспериментальные исследования с применением мощных излучающих устройств электромагнитных волн. В городских условиях проводить такие работы было невозможно, требовалось строительство мощных уникальных установок и специальных сооружений.

В течение полутора лет под руководством энергичного, опытного инженера института А. Г. Громова в Островках была создана хорошо оснащенная полигонная база с лабораторными зданиями, вышками башенного типа и взлетно-посадочной полосой для легких самолетов.

К сожалению, эта испытательная база во время войны оказалась в сфере военных действий и была полностью разрушена.

Расширение исследований по радиообнаружению

С конца 1937 г. исследования по радиообнаружению в НИИ-9 получили еще больший размах и развитие. Часть малоперспективной и не обнадёживающей своими результатами проблемной тематики из плана исследований института сняли, а высвободившиеся силы подключили к работам по радиолокации. Этому мероприятию большую помощь оказал секретарь ЦК ВКП(б) и Ленинградского обкома А. А. Жданов. К исследованиям по тематике радиообнаружения были привлечены лаборатории, возглавлявшиеся проф. Б. А. Введенским и А. Е. Сузантом. Изобретательская натура М. А. Бонч-Бруевича, его увлеченность поисками новых оригинальных схем решения проблемы в интересах ПВО, его последовательная и неослабная уверенность в конечном успехе проводившихся под его руководством работ увлекли Б. А. Введенского, и он стал ближайшим помощником научного руководителя НИИ-9 в этой области.

Было поучительно слушать беседы обоих профессоров и принимать в них участие, когда затрагивались различные научно-инженерные аспекты и способы их решений. В одной из таких бесед между учеными Б. А. Введенский раскритиковал расчет антенного устройства, выполненный М. А. Бонч-Бруевичем для экспериментального радиискателя. Критика задела М. А. Бонч-Бруевича, и он, вспыхнув, дружески, но в шутливо-язвительном тоне, заявил:

- Вы, Борис Алексеевич, по-видимому, забыли формулу профессора Введенского, которой я пользовался в своих расчетах, потрудитесь ее вспомнить (как автор. – *М. Л.*), и тогда вы поймете, кто из нас прав!

– Ну раз так, Михаил Александрович, то, видимо, вы правы, и я отказываюсь от критики, – с некоторым смущением ответил Б. А. Введенский.

Борис Алексеевич Введенский, обладая поразительно разносторонней научно-технической эрудицией, никогда не связывал инициативы инженеров-разработчиков и не давил их своим авторитетом. Запомнился пример такого взаимодействия с молодыми инженерами, пришедшими к нему за советом, какой тип приемника следовало избрать для разрабатывавшейся ими очередной экспериментальной установки радиообнаружения.

- Вы имеете в виду супергетеродин или суперрегенератор? - спросил Введенский и получил утвердительный ответ.

– Тогда давайте рассмотрим достоинства и недостатки каждого. «Супергет» (так коротко он называл супергетеродинный приемник) обладает такими преимуществами..., и он по пальцам перечислил их, как заученное стихотворение. А затем привел перечень недостатков супергетеродина. После этого он также досконально охарактеризовал достоинства и недостатки другого.

Закончив деловито характеристики обоих типов приемников, Борис Алексеевич сказал:

– Ну а теперь, батеньки мои, выбирайте сами, что для вас более подходит! И инженеры с благодарностью удалялись по своим рабочим местам.

Проведенные организационно-технические мероприятия и перевод ряда научных лабораторий на тематику радиообнаружения дали возможность институту широко развернуть теоретические и экспериментальные исследования. Наряду с работами по совершенствованию схем и аппаратуры, действующей на принципе непрерывного генерирования и использования эффекта Доплера, в 1938 г. возобновились научные исследования по импульсным схемам, что было продиктовано успехами Ленинградского физико-технического института (ЛФТИ) под руководством Ю. Б. Кобзарева. Характерной особенностью организации и содержания работ в НИИ-9 в то время было то, что они охватывали не только разработки экспериментальных установок радиообнаружения по договорам с ГАУ, но и разносторонне и глубоко развивали научно-техническую базу дециметровой и сантиметровой техники во всех необходимых для радиолокации аспектах (магнетронные генераторы в широком диапазоне волн, приемные устройства высокой чувствительности, антенные устройства различных вариантов, измерительные приборы на новые диапазоны и т.п.). Наибольшее внимание А. Бонч-Бруевич, как научный руководитель института, сосредоточивал на разработке оригинальных конструкций магнетронов с различной мощностью, а также на разработке новых типов генераторных и приемных ламп и антенн остронаправленного действия. Большое значение для аппаратуры радиообнаружения имели работы по созданию многорезонаторных (многосегментных) магнетронов сантиметрового диапазона, выполненные инженерами института Н. Ф. Алексеевым и Д. Е. Маляровым по указаниям и собственноручным эскизам М. А. Бонч-Бруевича и под его руководством, послуживших прототипами современных многорезонаторных магнетронов в СССР и в других странах. Так, в августе 1936 г. эти инженеры впервые достигли обнадеживающих результатов при испытании стеклянного магнетрона с вольфрамовым катодом и четырех-резонаторным анодным блоком из листового тантала. На волне 9 см было получено около 10 Вт колебательной мощности в непрерывном режиме. В сентябре 1936 г. Н. Ф. Алексеев и Д. Е. Маляров начали разработку многорезонаторных магнетронов с медными анодными блоками, охлаждаемыми проточной водой. В марте–апреле 1937 г. эти магнетроны отдавали на волне 9 см около 300 Вт колебательной мощности в непрерывном режиме при к.п.д. 20%.

На основе опыта с разборными магнетронами в конце 1937 г. было изготовлено несколько экземпляров магнетронов с вольфрамовым катодом, у которых в анодных блоках имелось четыре резонатора типа щель – отверстие. При работе в непрерывном режиме эти магнетроны отдавали около 120 Вт колебательной мощности с к.п.д. до 22,5%. Аналогичные магнетроны с четырьмя резонаторами были разработаны этими же инженерами на волны: 1; 2,5; 5 и 7,5 см. Таким образом, в 1937–1938 гг. Н. Ф. Алексеев и Д. Е. Маляров под руководством М. А. Бонч-Бруевича создали серию многорезонаторных магнетронов для сантиметрового диапазона [16].

Все последующее развитие магнетронов в НИИ-9 велось в направлении совершенствования многорезонаторных систем этих же структур.

В статье «Получение мощных колебаний магнетронов в сантиметровом диапазоне волн», опубликованной в 1940 г., Н. Ф. Алексеев и Д. Е. Маляров подводили итог своим разработкам [16]. В 1944 г. перевод этой статьи был опубликован в США, а в 1945 г. в одном из американских журналов была

напечатана обзорная статья по развитию электроники, в которой давалась оценка магнетрону Н. Ф. Алексеева и Д. Е. Малярова [16]. Автор этой статьи писал: «В 1940 г. новый тип магнетрона был описан в русской технической печати Алексеевым и Маляровым, а в 1944 г. перевод их статьи был опубликован в американской технической литературе... Самым важным нововведением является то, что вместо обычных внешних контуров применены полые резонаторы. Авторы сообщают, что они получили от такой лампы на волне 9 см колебательную мощность 300 Вт. Для того чтобы оценить значение этого типа магнетрона, полезно вспомнить, что когда Кильгер из Восточного Питтсбурга сообщил о получении им примерно на той же частоте от магнетрона колебаний мощность один ватт, то эта мощность рассматривалась как ужасно большая».

В советской технической литературе (в статьях, учебниках и монографиях) также обращалось внимание на значение работ по созданию многорезонаторного магнетрона и на роль М. А. Бонч-Бруевича, Н. Ф. Алексеева и Д. Е. Малярова в этом вопросе. Плодотворным было предложение Н. Ф. Алексеева и Д. Е. Малярова об изготовлении колебательных контуров в виде полых резонаторов в теле массивного анода. На основе этого предложения за годы войны (1940 - 1944 гг.) в СССР и за рубежом (в Англии и США) было разработано много типов импульсных магнетронов с полезной мощностью в импульсе от 25-30 кВт на самых коротких волнах (около 1 см) до 1000 кВт на более длинных волнах (10^{-0} см). В последующие годы эти магнетроны явились основными генераторными лампами для мощных импульсных радиотехнических установок сантиметрового диапазона.

Наряду с освоением сантиметрового диапазона М. А. Бонч-Бруевич не оставлял в стороне и дециметровые волны. Именно на использовании волн обоих диапазонов он сосредоточил усилия коллектива в теоретических и экспериментальных работах того времени при решении проблемы радиообнаружения в интересах ПВО. С этой целью в лабораториях НИИ-9, возглавлявшихся И. И. Гейманом, М. Л. Слиозбергом и А. И. Романовым, в 1937–1941 гг. был создан ряд магнетронов для диапазона от 12 до 90 см и на мощности от 7–9 Вт до 20 кВт. В изготовлении магнетронов принимали участие инженеры института Ю. Н. Шеин, С. М. Никифоров, М. Д. Гуревич (младший) и А. Я. Гейман. При разработке этих магнетронов был обобщен и использован опыт, накопленный в лаборатории УКВ ВЭИ в 1930-1935 гг., руководимой в те годы проф. Б. Л. Введенским, а также опыт Физико-технического института Украинской Академии наук (УФТИ) и предшествующий опыт ЛЭФИ и НИИ-9.

Проводя исследования и конструирование магнетронов, специалисты в области электронной техники НИИ-9 не ограничивали, однако, свои поиски только в этом направлении. В предвоенные годы в институте были созданы новые типы электронных приборов, оказавшиеся перспективными на многие последующие этапы развития радиолокации и радиоэлектроники в целом.

В 1938–1939 гг. Н. Д. Девятковым (ныне академик) совместно с инженерами руководимой им лаборатории Е. Н. Данильцевым, В. Е. Хохловым, И. В. Пискуновым, В. Я. Савельевым и М. Д. Гуревичем (младшим) были разработаны первые в Советском Союзе триоды СВЧ с управляющей сеткой в дециметровом диапазоне (15 – 25 см) мощностью в несколько ватт. Результаты этих разработок были опубликованы в 1941 г.¹⁸ Принципы конструирования таких триодов СВЧ послужили основой для создания множества типов аналогичных ламп не только в СССР, но и за рубежом (в Англии, США и Германии). С освоением электровакуумной промышленностью при производстве СВЧ триодов новых технологических приемов, таких, как, например, спайка металлических поверхностей со стеклом и керамикой, развитие СВЧ триодов привело к созданию

¹⁸ Журнал технической физики, 1941, т. 11, вып. 8.

металлокерамических ламп и продвижению их в сторону сантиметровых волн для широкого применения в различной современной наземной и космической радиоэлектронной аппаратуре.

Основываясь на работах советских физиков Д. А. Рожанского, предложившего в 1932 г. метод колебаний скорости электронов с последующим их группированием, и А. Н. Арсеньевой, разработавшей совместно с немецким физиком О. Хайлем в 1935 г. конструкцию лампы, прообраза современного клистрона, Н. Д. Девятков с теми же своими сотрудниками в 1939–1940 гг. создал также впервые в СССР новый тип электронной лампы - металлический пролетный клистрон, работавший на волне 15 см с колебательной мощностью порядка 20–100 Вт в непрерывном режиме.

Другая группа специалистов НИИ-9 в составе В. Я. Савельева, В. Ф. Коваленко и С. М. Никифорова создала в тот же период металлические двухрезонаторные прямопролетные клистроны на волне 25 см мощностью более 200 Вт и на волне 15 см мощностью выше 100 Вт. Продолжая работать над клистроном, В. Ф. Коваленко предложил конструкцию многолучевого пролетного клистрона и получил на него авторское свидетельство № 63850 от 10.05.1941 г.

К тому же времени относятся первые исследования и разработки прямопролетных клистронов 10-см диапазона волн, проводившиеся под руководством Ю. А. Кацмана в ЛЭТИ.

Созданные в НИИ-9 и в ЛЭТИ прямопролетные клистроны получили широкое применение в генераторных и усилительных устройствах.

Первые теоретические работы, посвященные этому типу клистронов в СССР, были опубликованы В. Я. Савельевым в 1940 г.¹⁹

Вслед за созданием прямопролетных клистронов Н. Д. Девятков со своим коллективом начал работы по отражательным клистроном для супергетеродинных приемников и в 1940 г. создал образцы таких ламп, получивших также широкое распространение и отмеченных авторским свидетельством²⁰.

Одновременно с коллективом Н. Д. Девяткова и независимо от него несколько иную, более простую, конструкцию отражательного клистрона, основанную на двукратном пролете электронов через зазор, создал в НИИ-9 В. Ф. Коваленко, получивший на это авторское свидетельство²¹. Он же первым предложил безынерционный способ модулирования частоты клистрона, основанный на изменении времени пролета электронов в пространстве группировки.

В работах по созданию клистронных генераторов в НИИ-9 принимал активное участие также инженер М. Л. Слиозберг. Его работы в этой области были отмечены двумя авторскими свидетельствами²², подтверждавшими существенное преимущество и особенности предложенных им клистронов, а именно:

- возможность получения очень коротких волн при больших размерах электродов лампы, что облегчало ее конструктивное выполнение и механическую регулировку контуров;
- устранение противоречия между укорочением волны и возрастанием мощности рассеяния, наблюдаемых у ламп, работающих только на основных собственных частотах контуров;
- возможность применения контуров очень высокой добротности при очень малом сечении сеток;

¹⁹ Журнал технической физики, 1940, т. 10, вып. 15, с. 13-56.

²⁰ Авт. свид. БИ № 35736/30349 от 21.05.1940 г.

²¹ Авт. свид. БИ № 59213 от 23.07.1940 г.

²² Авт. свид. БИ № 60998 от 5.10.1940 г.; БИ № 61000 от 11.11.1940 г.

- облегчение вывода энергии, так как стеклянные пальцы, специально навариваемые для этой цели к контурам, можно делать достаточных размеров, без опасения ухудшить добротность контура.

Отличительной особенностью лампы, предложенной М. Л. Слиозбергом, являлось использование потока электронов не в форме узкого цилиндрического пучка, а плоской блинообразной формы, распространявшегося от центра к периферии, позволявшего преодолеть присущую клистродам демодуляцию, значительно увеличить плотность электронов и снизить требования к импедансу контура. О важности выполненных НИИ-9 работах по новым электронным приборам свидетельствуют доклад Н. Д. Десяткова, сделанный им в июне 1940 г. в Академии наук СССР, и статьи, напечатанные в научных журналах.

Следует отметить, что отражательный клистрон был одним из наиболее широко применявшихся в послевоенной радиоэлектронной аппаратуре прибором и что Советскому Союзу, несомненно, принадлежит приоритет не только в разработке основных принципов работы и структур этого электронного прибора, но и в разработке основы его теории, выполненной советскими учеными С. Д. Гвоздовером и Я. П. Терлецким в 1943–1945 гг. Параллельно с работами в НИИ-9 по новым генераторным и приемным лампам под руководством проф. Б. А. Введенского были проведены исследования:

- по распространению дециметровых и сантиметровых волн в нижних слоях атмосферы²³;
- по разработке новых систем канализации и излучения этих волн;
- по всестороннему изучению антенн направленного излучения и приема - параболоидов вращения и параболических цилиндров, завершившемуся разработкой на этой основе теории и техники создания таких антенн с разными параметрами;
- по разработке синфазных щелевых антенн (инженеры А. З. Фрадин и В. Н. Мудрогин) и сложных многовибраторных синфазных антенн на волну 15 см (инженеры П. П. Кузнецов и Н. А. Лютоев), использованных в 1939 г. при создании зенитного радиолокатора Б-3 с плоскими диаграммами направленности;
- по теоретическому и экспериментальному исследованию радиоволноводов и рупорных излучающих систем в диапазоне 5-15 см. В 1940 г. на этой основе инженером института Е. Н. Майзельсом была сконструирована восьмирупорная синфазная антенна с плоской (веерообразной) диаграммой направленности шириной в одной плоскости 15° и в другой - 2,5°;
- по разработке супергетеродинных приемников для экспериментальных радиолокаторов на различные диапазоны волн.

Под руководством Б. А. Введенского инженерами В. И. Бунимовичем, В. Н. Богомоловым, А. З. Фрадиным, П. П. Кузнецовым, В. Н. Мудрогиным и другими были разработаны многочисленные измерительные и контрольные приборы: измерители мощности излучения с омическими эквивалентами, колориметрические установки, приборы для измерения распределения полей в волноводах, прецизионные волномеры и многие другие.

В развитии техники радиообнаружения важное значение имели работы проф. А. Е. Сузанта по теории излучения дециметровых волн и разработка антенны с переключением диаграммы направленности для сравнения амплитуд двух сигналов. Такие антенны нашли широкое применение в радиолокации.

В 1939 г. М. А. Бонч-Бруевич сформулировал идею станции радиообнаружения с V-образным лучом, ставшей прообразом радиолокационных станций дальнего обнаружения и наведения, которые получили широкое развитие в послевоенное

²³ Основные вопросы теории и практики распространения дециметровых и сантиметровых волн были разработаны раньше Б. А. Введенским и В. А. Фоком.

время. Преимущество таких РЛС заключалось в том, что с помощью их можно было одновременно определять все три координаты цели.

Борьба с микрофонным эффектом и шумами

В перечне исследований НИИ-9 с конца 1937 г. имело важное значение преодоление трудностей, вызванных возникновением помех в радиоаппаратуре с непрерывным излучением, которые маскировали в приемнике полезный сигнал, поступающий от самолета. Тщательное исследование показало, что маскирующие эффекты вызывались двумя причинами: шумами и микрофонным эффектом, обусловленным вибрацией электродов ламп при механических и акустических воздействиях. Шумы возникали от самых различных причин и сильно мешали приему полезного сигнала. Больше всего пришлось бороться с шумами магнетронов, резко зависевшими от режима и индивидуальных свойств каждого магнетрона. Только при тщательном подборе величины магнитного поля и тока накала и соответствующей подстройке режима генератора магнетрон работал в аппаратуре удовлетворительно.

К сожалению инженеров-исследователей, принцип приема без преобразования частоты не давал возможности обойти трудности. Пришлось использовать единственно возможный в тот период путь - улучшение механической амортизации приемной и генераторной ламп, что потребовало сложной конструктивной переработки обеих головок. Борьба с влиянием таких шумов и с шумами самого магнетрона велась также. Путем максимального понижения гетеродинного напряжения и подбора режима работы магнетрона не на максимум отдаваемой мощности, а на минимум шумов. Больших успехов в борьбе с шумами магнетрона добились инженеры НИИ-9, руководимые М. Л. Слиозбергом, путем улучшения технологии изготовления и обеспечения высокого вакуума.

Из-за необходимости предельного снижения собственных шумов радиоискателя и некоторой критичности оптимального режима приходилось применять питание установки от аккумуляторов и экранировать те цепи, где это было возможно.

Требования снижения шумов привели также к необходимости разработки и изготовления специальной высококачественной комплектующей и регулирующей аппаратуры. Реостаты, рубильники, переключатели, переходные колодки – все это специально конструировалось для радиоискателя в процессе его совершенствования.

Первая научно-техническая конференция по радиообнаружению

В 1938 г. Ленинградский физико-технический институт, занимавшийся проблемой радиообнаружения в интересах службы ВНОС, применяя импульсную технику, добился замечательного успеха.

Для того чтобы оценить по достоинству и использовать опыт этих ученых в других НИИ, ведущих разработки в той же области, по настоянию ГАУ в сентябре 1938 г. в НИИ-9 под председательством проф. М. В. Шулейкина (впоследствии академика) была проведена научно-техническая конференция по радиообнаружению. В ней приняли участие М. А. Бонч-Бруевич и Б. А. Введенский, создатели первых станций радиообнаружения Ю. К. Коровин и Ю. Б. Кобзарев, инженеры НИИ-9 и УФТИ, а также военные инженеры М. И. Куликов (НИИИС КА), М. М. Лобанов (ГАУ) и И. В. Бренев (НИМИСТ РККФ)²⁴.

По докладам и сообщениям представителей НИИ-9, ЦВИРЛ, УФТИ и ГАУ развернулось широкое обсуждение вопросов развития техники радиообнаружения. В решении конференции говорилось, что серьезные успехи ЛФТИ не дают еще оснований для существенного изменения планов и тематики исследований по

²⁴ Разработчик первых средств радиообнаружения для службы ВНОС и ЗА в НИИ-9 Б. К. Шембель на конференции не присутствовал

радиообнаружению в НИИ-9. Тем не менее конференция рекомендовала НИИ-9 расширить исследования по импульсному методу радиообнаружения, используя дециметровый диапазон волн.

Радиоискатели Б-2 и Б-3

Политическая обстановка в Европе и Азии в 30-х годах вызывала большую озабоченность командования центральных управлений Наркомата обороны. С большим вниманием в то время следили за работами по радиообнаружению военный комиссар ГАУ Г. К. Савченко и председатель арткома ГАУ В. Д. Грендаль.

Г. К. Савченко рекомендовал В. Д. Грендалю написать личное письмо руководству НИИ-9 с просьбой ускорить окончание разработки станции орудийной наводки. Письмо В. Д. Грендаля и критические замечания военкома ГАУ детально обсуждались руководством института с широким участием инженерной и партийной общественности и вызвали заметную активность у работников лабораторий.

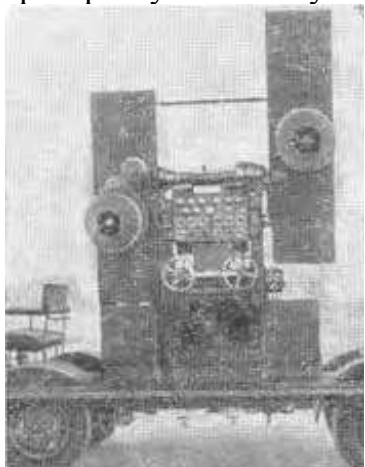
В 1938 г. предстояло завершить решение таких кардинальных задач, как повышение дальности и надежности обнаружения и сопровождения самолетов и увеличение точности определения угловых координат. Инженеры часто собирались у М. А. Бонч-Бруевича, делившегося своими новаторскими идеями и изобретениями, чтобы обсудить с ним нерешенные проблемы радиообнаружения.

Оживленную дискуссию вызвало обсуждение проблемы, как повысить надежность обнаружения целей и точность определения их угловых координат. Участвуя в этой дискуссии, автор вспомнил многолучевую систему «Прожзвук-М» и ее высокую надежность накрытия самолета световым веерным лучом, и, рассказав присутствующим об идее этой системы и ее конструктивных особенностях, рекомендовал ее как возможный вариант использования в радиоискателях. М. А. Бонч-Бруевич горячо поддержал эту мысль и тут же объяснил, как можно создать антенны с плоскими (веерообразными) диаграммами направленности, которые, подчеркнул он, способны одновременно увеличить надежность поиска целей (широким раствором луча) и повысить точность пеленга (узкой диаграммой направленности).

Предложение М. А. Бонч-Бруевича было одобрено и реализовано в последующих разработках. Антенны такими диаграммами направленности получили широкое применение в отечественных и зарубежных РЛС и применяются до настоящего времени.

После упомянутой выше научно-технической конференции по радиообнаружению по решению Комитета обороны при СНК СССР и заданию ГАУ НИИ-9 в конце 1939 г. изготовил три опытных образца радиоискателей, из которых один получил название Б-2 (ведущий инженер Е. А. Селин), а другой-Б-3 (ведущий инженер П. П. Кузнецов). Радиоискатель Б-2 имел параболические антенны с конусной диаграммой направленности шириной $5-6^\circ$. Для поиска самолета использовалась коническая развертка в пределах $40-50^\circ$ по азимуту и углу места. Облучая воздушное пространство последовательно сектор за сектором, радиоискатель обнаруживал самолет и переходил на его сопровождение, определяя угловые координаты по методу равносигнальной зоны. Два радиоискателя Б-3 составляли комплекс, в котором одна установка (азимутальная) осуществляла поиск цели в горизонтальной плоскости, определяя азимут, а другая - в вертикальной плоскости, определяя угол места. Обе установки имели антенны с плоскими (веерными) диаграммами направленности, с углом раствора 35° в одной плоскости и $2-3^\circ$ - в другой. В схемном и конструктивном отношении обе установки были идентичными и отличались внешне лишь тем, что антенна

азимутальной установки была горизонтальной, а угла места - вертикальной. Координаты цели определялись по максимуму слышимости отраженного сигнала. Поиск самолета осуществлялся вначале азимутальной установкой до появления в телефонах-наушниках характерного вибрирующего звука как следствия интерференции прямого и отраженного сигналов, а после этого начинался поиск оператором установки угла места.



Зенитный радиискатель Б-3

Во всех трех радиискателях генератор работал на волне 15 см с мощностью излучения 12 Вт.

Полигонные испытания проводились одновременно на поле Артиллерийского стрелково-тактического комитета ЗА (АСТКА ЗА) под руководством майора Даныпина и воентехника 1 ранга Гапоненко. В качестве советников присутствовали инженеры-испытатели НИЗАП ГАУ К. П. Томилин и В. А. Калачев и автор этой книги. В отчете АСТКА ЗА было зафиксировано, что точность пеленгования у радиискателей в 1,5–3 раза выше точности звукоулавливателя; дальность обнаружения их значительно превосходила дальность звукоулавливателя и достигала до 20 км для установки Б-2 и до 17,5 км для Б-3 (у звукоулавливателя до 10 км). Недостаток установок Б-2 и Б-3 – их малая надежность обнаружения и сопровождения самолетов на высотах более 4000 м. Анализируя результаты испытаний, ГАУ тщательно изучило причины малой надежности обнаружения и сопровождения самолетов, как одного из серьезнейших недостатков этих образцов. Несмотря на то что применение плоских (веерных) диаграмм направленности в установке Б-3 должно было обеспечить более высокую точность пеленга и надежность поиска целей, испытания этого не подтвердили. Более того, по успешности обнаружения станция Б-2 (с конусной диаграммой направленности) оказалась даже несколько лучше станции Б-3.

Вопреки обоснованным расчетам здесь теория явно разошлась с практикой. Комиссия, проводившая полигонные испытания, не вскрыла причин выявившегося несоответствия. Чтобы не допустить его повторения в последующих разработках радиискателей, военные инженеры ГАУ, ученые и инженеры НИИ-9, как только были получены отчеты полигона, незамедлительно совместно занялись этим вопросом и установили, что утрата преимуществ плоской (веерной) диаграммы направленности антенн перед конусной была результатом недостаточно тщательной подстройки аппаратуры Б-3.

Завершение исследований по станциям для зенитной артиллерии (ЗА)

В предвидении ближайшего завершения исследований и создания экспериментального радиискателя, удовлетворяющего требованиям ЗА, в марте 1939 г. ГАУ внесло в Комитет обороны при СНК СССР предложение о подготовке

промышленного производства радиискателей для ЗА²⁵, о выделении оборонной промышленностью завода и обеспечении на нем выпуска опытного образца к 1 апреля 1941 г.

В тот период, когда создавались и испытывались радиискатели Б-2 и Б-3, НИИ-9 продолжал совершенствование аппаратуры радиообнаружения. Н. Д. Девятков и В. Я. Савельев разработали новый тип ламп (двухрезонаторный клистрон на волну 15-16 см мощностью 18-20 Вт), а также приемную лампу с оксидным катодом, разработанным М. Д. Гуревичем (младшим), которые значительно снизили микрофонный шум и устойчиво работали в схеме. Инженер М. Л. Слиозберг разработал магнетронный генератор с объемным резонатором, позволявшим подстраивать каждый магнетрон под свойственные ему индивидуальные характеристики волны. Такая подстройка обеспечивала бесшумный режим работы генератора, резко повышала его срок службы и надежность. На снижение шума магнетрона и увеличение его срока службы оказало влияние также применение нового вольфрамового катода, созданного М. Д. Гуревичем (младшим). Было создано несколько вариантов удачных в конструктивном отношении антенн с плоскими (веерными) диаграммами направленности, что позволило радикально решить трудные и противоречивые задачи надежного поиска и обнаружения самолетов при одновременно высокой точности определения угловых координат.

Конструкторы добились устойчивого сопровождения цели в зените. Применяя неглубокую модуляцию частоты излучаемой энергии, удалось не только восстановить прослушивание самолета в зонах, близких к зениту, но и наблюдать за ним, когда он летел на малой высоте и скрывался за лесом. Это интереснейшее свойство радиискателей с непрерывным излучением дециметровых волн и неглубокой модуляцией могло впоследствии быть использовано как средство защиты РЛС от пассивных помех и наблюдения за низко летящими самолетами.

Силами института были созданы более мощные передающие устройства, новые приемники высокой чувствительности и устранены причины возникновения паразитных шумов в цепях генератора и приемника, мешавших прослушиванию сигналов от самолетов. Это позволило довести в последнем экспериментальном радиискателе института под названием «Мимас» дальность обнаружения бомбардировщика СБ до 30-35 км с точностью определения угловых координат до 0,6° и надежностью обнаружения целей до 100%.

Характерной конструктивной особенностью установки «Мимас» являлось антенное устройство. Оно состояло из трех жестко связанных между собой рупорных антенн: одной излучающей (центральной) и двух приемных (боковых). Каждая антенна состояла из четырех металлизированных внутри рупоров квадратного сечения, соединенных с генератором и приемником радиискателя попарно металлическими волноводами. Диаграмма направленности антенны была плоской (веерной), шириной в вертикальной плоскости до 20° и в горизонтальной - до 4°. Боковые приемные антенны по отношению к центральной (излучающей) были развернуты на небольшие одинаковые углы, что обеспечивало пеленгацию самолета по методу равносигнальных зон²⁶. Важным фактором в завершении разработок для ЗА имели работы по заданию ГАУ, проводившиеся под руководством проф. А. Е. Сузанта. Эти работы к концу 1939 г. закончились созданием экспериментального импульсного радиодальномера под названием «Стрелец» с характеристиками: длина волны 70–80 см, мощность импульсного

²⁵ ЦТ АСА, ф. 20, оп. 38, ед. хр. 3508, д. 82

²⁶ В создании радиискателя «Мимас» принимали участие: М. Л. Слиозберг, Е. Н. Майзельс, Е. А. Селин, В. Н. Богомолов, А. И. Романов и др

излучения до 20 кВт на лампе, созданной М. Д. Гуревичем (старшим), приемник - супергетеродин с двумя каскадами УВЧ и т.д.

На испытаниях по самолету типа У-2, проведенных зимой 1939–1940 гг., дальномер показал дальность обнаружения до 20 км и точность определения дальности 160 м. Таким образом, всесторонние исследования, конструкторско-производственные и экспериментальные работы НИИ-9 к началу 1940 г. подготовили научно-техническую базу для создания промышленностью опытного образца станции орудийной наводки для ЗА. На это ушло около шести лет упорного труда ЦРЛ – ЦВИРЛ и ЛЭФИ–НИИ-9.

Решение Комитета обороны при СНК СССР о создании радиоискателя для зенитной артиллерии (ЗА)

Обстоятельно проанализировав результаты научно-теоретических и экспериментальных работ НИИ-9, ГАУ в апреле 1940 г. обратилось в Комитет обороны при СНК СССР с предложением о создании промышленностью опытного образца радиоискателя, отвечающего требованиям ЗА.

4 июня 1940 г. вышла директива Комитета обороны²⁷, обязывавшая один из радиозаводов совместно с НИИ-9 в шестимесячный срок изготовить опытный образец, соответствующий тактико-техническим характеристикам экспериментального радиоискателя «Мимас» и радиодальномер «Стрелец». Этому образцу было дано название «Луна».

В схему и конструкцию комплексного радиоискателя была заложена высокая тактическая и эксплуатационная надежность. Так, при выходе из строя азимутальной установки цель не должна теряться, а продолжать сопровождаться радиодальномером, работающим по методу максимальной слышимости. При неисправности в каком-либо одном из приемных устройств азимутальной установки поиск и сопровождение цели осуществлялись бы вторым приемным устройством (по методу максимальной слышимости) с несколько меньшей точностью определения азимута. При выходе из строя радиодальмера обнаружение и сопровождение цели должны были осуществляться азимутальной установкой с определением двух угловых координат. Третья координата (дальность или высота) в этом случае определялась бы оптическим дальномером. Из сказанного видно, что выполненные НИИ-9 исследования действительно позволяли радиозаводу создать зенитный радиоискатель высокой надежности, удовлетворявший требованиям ЗА на ближайшие годы.

Изготовление опытного образца по договору с ГАУ должно было закончиться в марте 1941 г. Однако это требование не было выполнено, и с началом Великой Отечественной войны Государственный Комитет Обороны (ГКО) распоряжением от 13 июля 1941 г. обязал завод к 5 августа закончить работы по опытному образцу и с 20 августа начать его серийное производство. Но эвакуация завода на восток и прекращение деятельности НИИ-9 (он был также эвакуирован, но его лаборатории и люди оказались распределенными по разным предприятиям НКЭП) не позволили завершить изготовление образца «Луна». Выполненные в НИИ-9 исследования и экспериментально-конструкторские разработки не только создали научно-техническую базу для промышленности в создании радиоискателей, но и подготовили высококвалифицированных специалистов для последующего развития радиолокационной техники, которые во время войны стали ведущими во вновь организованных институтах и заводах радиопромышленности и обеспечили быстрое развертывание разработок и серийное производство новой техники. В начале 1940 г. проф. М. А. Бонч-Бруевич предложил две заявки на изобретения: «Способ применения радиопоиска и пеленгации самолетов для зенитной

²⁷ ЦТ АСА, ф. 20, оп. 38, ед. хр. 3509, л. 87,

артиллерии» и «Способ определения дистанции до самолетов посредством радиоволн». Сущность первой заявки сводилась к обеспечению надежного поиска и точного определения угловых координат самолета путем раздельного применения антенн с плоскими диаграммами направленности. НИИИС КА дал положительную оценку этой заявке.

Сущность второго предложения М. А. Бонч-Бруевича состояла в методе отсчета расстояний до самолета с использованием эффекта Доплера и генератора высокой частоты, модулируемого вспомогательным генератором, частота которого может меняться в некоторых пределах.

Предложенный метод оказался более сложным, ненадежным, менее удобным по сравнению с уже проверенным на практике импульсным методом и поэтому был отклонен НИИИС КА.

Работы Украинского физико-технического института в развитии радиолокации

С 1937 г. решением Наркома обороны заказы на средства радиообнаружения для службы ВНОС были возложены на Управление связи РККА и подчиненный ему НИИИС КА. Начав заниматься вопросами дальнего обнаружения самолетов, НИИИС КА проявил также заботу и о создании средства радиообнаружения для зенитной артиллерии. Эта инициатива военного института была крайне полезна, потому что вовлекла большие научные и инженерные силы и дала возможность скорее оснастить ЗА радиолокационными средствами.

Ставя перед собой такую задачу, НИИИС КА изучил состояние разработок в ЦВирЛ, НИИ-9, ЛФТИ и их техническую направленность (применение аппаратуры с непрерывным и импульсным излучением и приемом). Сопоставление состояния разработок в ЦВирЛ, НИИ-9 и ЛФТИ привело специалистов НИИИС КА к выводу о целесообразности дублирования задания ГАУ заданиями Управления связи, но уже с применением импульсной техники, что было совершенно правильно, если учесть преимущества последней.

Разработку этой техники НИИИС КА возложил на УФТИ, который в связи с общей тенденцией развития радиотехники в направлении СВЧ в инициативном порядке уже занимался теоретическими и экспериментальными исследованиями генерирования электромагнитных волн магнетронами в дециметровом и сантиметровом диапазонах. Впоследствии эти исследования оказались существенным вкладом в развитие техники радиообнаружения, хотя вопросы радиообнаружения на повестку дня в то время еще не ставились.

Дальнейшие исследования в этой области проводились в отделе электромагнитных колебаний УФТИ, научным руководителем которого с 1930 г. был А. А. Слуцкий (впоследствии академик АН УССР).

В 1932-1933 гг. молодые ученые сотрудники УФТИ Е. А. Копилович, А. Я. Усиков и др. под руководством А. А. Слуцкого разработали магнетроны с многосегментным анодом и колебательной мощностью от 30 до 100 Вт при работе в непрерывном режиме на волнах от 20 до 80 см.

Результаты теоретических и экспериментальных работ 1932-1934 гг. А. А. Слуцкого и его ближайших сотрудников были опубликованы в 1935 г. (ЖТФ, т. 5, вып. 4). Основанием для этого послужило то обстоятельство, что в научной литературе тех лет появилось довольно много публикаций, относящихся к вопросу генерирования дециметровых волн магнетронами с многосегментным анодом. Однако вопрос о механизме возбуждения колебаний был разработан недостаточно, в частности не были выведены формулы, позволявшие производить хотя бы приближенный расчет магнетронных генераторов. Проф. А. А. Слуцкий считал

необходимым изучить этот вопрос более обстоятельно и глубоко, чтобы дать возможность производить расчеты магнетронных генераторов данного типа.

На базе выполненных теоретических работ УФТИ создал серию магнетронов в диапазоне от 20 до 80 см с мощностью непрерывного генерирования от 10 до 100 Вт.

Впервые результаты исследований магнетронных генераторов, полученных А. А. Слуцкиным, были использованы в 1934 г. в ЦРЛ Ю. К. Коровиным для создания установок радиообнаружения по заданию ГАУ. С сентября 1934 г. УФТИ начал поставлять магнетроны различной мощности и на разные длины волн конструкторскому бюро Управления ПВО.

В 1935-1936 гг. УФТИ продолжал теоретические и экспериментальные исследования по магнетронам в диапазоне от 10 до 50 см и мощностью генерирования от 10 до 100 Вт, добиваясь большей их устойчивости в работе.

В 1936-1937 гг. сотрудники лаборатории электромагнитных колебаний С. Я. Брауде (ныне академик АН УССР), И. Д. Трутень и др. под руководством А. А. Слуцкого выполнили расчеты магнетрона в стеклянной колбе с водяным охлаждением для генерирования больших мощностей в дециметровом диапазоне. Эти расчеты показали возможность получения колебательных мощностей выше 10 кВт в непрерывном режиме. На основе этих расчетов еще в то время была разработана и осуществлена конструкция цельнометаллического магнетрона мощностью 17 кВт на волне 80 см в непрерывном режиме.

Параллельно с разработкой генератора на определенную волну была создана модель перестраиваемого магнетронного генератора, позволявшего менять рабочую волну в пределах до 30%. Это достигалось изменением индуктивности контура магнетрона путем удлинения или укорочения его выводов за пределами металлического баллона. О результатах этих работ А. А. Слуцкий, С. Я. Брауде и И. Д. Трутень уже после войны (в 1946 г.) опубликовали статью в журнале «Радиотехника». К концу 1936 г. УФТИ обстоятельно исследовал теорию магнетронного способа генерирования и располагал запасом электровакуумных приборов на ДЦВ для создания РЛС. О широте проведенных исследований свидетельствовала публикация сотрудниками института А. А. Слуцкиным, С. Я. Брауде, И. М. Вигдорчиком, Е. А. Копиловым, И. Д. Трутнем, А. П. Майдановым и А. Н. Чернецом семнадцати научных статей в отечественных научно-технических журналах довоенного времени.

С марта 1937 г. УФТИ по настойчивому предложению Управления связи РККА перешел к созданию для ЗА импульсной станции орудийной наводки, работавшей на волне 60-65 см мощностью излучения до 1 кВт. В середине 1938 г. опытная установка под названием «Зенит» была изготовлена, и первые испытания ее по самолету показали дальность обнаружения до 3 км.

В мае 1939 г. было предложено УФТИ усовершенствовать аппаратуру «Зенит», с тем чтобы повысить дальность обнаружения и надежность в работе. Это задание было выполнено. Доработанная аппаратура имела следующие технические характеристики: длина волны 64 см; мощность в импульсе 10–12 кВт; длительность импульса 10–20 мкс. Испытания этой установки, проведенные в сентябре 1940 г. смешанной комиссией НИИИС КА, управлениями ПВО КА, ВМФ и ГАУ, выявили следующие результаты: дальность обнаружения одиночного самолета СБ 25 км, звена самолетов СБ 30 км; точность определения координат по дальности 1 км, по азимуту 3–4°, по углу места 1–2°, по высоте 10%. Это был большой успех молодого коллектива УФТИ. По сравнению с экспериментальными радиоискателями «Буря» и Б-2 НИИ-9 «Зенит» имел значительные преимущества по дальности обнаружения и возможности определять три координаты, необходимые для стрельбы ЗА. В принципе установка отвечала требованиям заказчика и с технической стороны

представляла большой интерес. Однако ряд существенных недостатков станции «Зенит», вскрытых на испытаниях, а именно: невозможность непрерывного определения координат самолетов и ввод их в ПУАЗО для подготовки данных зенитной стрельбы (станция определяла координату цели только периодически: азимут за 17 с, угол места за 13 с, три координаты за 38 с), трудности обнаружения самолетов вследствие узкой (конусной) диаграммы направленности параболической антенны, наличие непросматриваемой (мертвой) зоны радиусом 6 км, в пределах которой ЗА могла вести наиболее активную стрельбу орудиями 85-мм калибра, вынудили УФТИ продолжать работы над ее усовершенствованием.

Комиссия по испытаниям отметила, что УФТИ первым в СССР разработал импульсную установку радиообнаружения для ЗА, определяющую три координаты положения самолета, но так как лабораторная установка еще не могла служить основой для изготовления промышленного образца, рекомендовала УФТИ ее доработать. Работая над устранением недостатков, УФТИ продолжал изыскания и по поднятию технического потенциала станции «Зенит» для увеличения дальности обнаружения.



Экспериментальная РЛС «Зенит»

В начале Великой Отечественной войны Управление связи КА предложило командованию ПВО Московской зоны проверить целесообразность использования станции в системе ПВО. Результаты проверки показали, что дальность станции увеличилась почти вдвое, но при этом более чем вдвое расширилась и непросматриваемая (мертвая) зона. Комиссия отметила, что хотя станция в настоящем виде непригодна для прицельно-сопроводительного огня ЗА, однако ее точность достаточна для постановки заградительного огня. Совместно со станциями дальнего обнаружения ее можно использовать для наведения самолетов-истребителей.

В чем причина вскрытых недостатков станции «Зенит», не позволивших использовать ее как образец для промышленной разработки?

На этот вопрос дает ответ активный участник разработки А. Я. Усиков (ныне академик АН УССР). В письме, направленном 26 апреля 1948 г. в Комитет по радиолокации при Совмине СССР, он сообщал, что «первые успехи УФТИ послужили резкому ошибочному изменению тематики института. Вместо дальнейших исследований физического характера, в зависимости от которых находилось решение принципиальных вопросов, обеспечивающих создание радиолокационной установки с учетом технических требований эксплуатации, заказчик-Управление связи КА (НИИИС КА) - настаивал на разработке силами лаборатории УФТИ промышленного образца РЛС.

Необходимо отметить, что тактико-технические требования заказчика не предусматривали условия непрерывного пеленгования, т.е. выработку угловых координат и их непрерывную выдачу в ПУАЗО. Это в дальнейшем в значительной

степени обесценило результаты работы УФТИ. Не было и требования о недопустимости мертвой зоны, в пределах которой ЗА ведет огонь».

Так, полезная инициатива связистов не привела к желаемой цели, к ускорению оснащения зенитной артиллерии радиолокационными станциями, хотя работы УФТИ приводились на более прогрессивной научно-технической основе.

Этот пример поучителен тем, как разносторонне должны учитываться условия боевого применения нового оружия и находить свое отражение в тактико-технических требованиях заказчика.

Опыт создания РЛС орудийной наводки и результаты НИР, выполненной в 1939–1940 гг., позволили УФТИ приступить в 1941 г. к созданию новой станции «Рубин» для ЗА. Требованиями НИИИС КА предусматривались: дальность обнаружения 40 км; зона определения координат в пределах от 1,8 до 25 км; точность определения угловых координат - 1° ; длина волны - 64 см; мощность излучения - 100 кВт, а также устранение недостатков РЛС «Зенит».

Начавшаяся война не позволила УФТИ закончить разработку в 1941 г., и она была продолжена совместно с инженерами НИИИС КА уже на востоке после эвакуации обоих институтов.

Отметим еще одно задание НИИИС КА на разработку методов и отдельных узлов аппаратуры обнаружения и пеленгации самолетов для задач стрельбы ЗА. Это задание было выдано ЛФТИ.

9 декабря 1939 г. НИИИС КА согласовал с руководителем работ Ю. Б. Кобзаревым задание, включавшее:

1. Исследование рассеяния самолетом электромагнитных волн различной длины:
а) проведение исследований на действующих для обнаружения самолетов установках, б) обработку и систематизацию материалов других учреждений и иностранной литературы.

2. Теоретическое исследование метода непрерывного излучения.



Радиолокационная станция «Рубин»

3. Разработку метода модулированного импульса для пеленгации: а) теоретическое исследование, б) разработку методов генерирования и приема, в) проверку данных на лабораторных макетах²⁸.

Впоследствии (с конца 1941 г.) ЛФТИ объединил эти исследования с исследованиями теории гониометра для определения высоты полета целей и создания станции орудийной наводки на основе аппаратуры станции РУС-2.

²⁸ Техническое задание подписали от НИИИС КА - М. И Куликов и А И Шестаков и от ЛФТИ - Ю. Б Кобзарев и П. А Погорелко

Глава вторая

РЕШЕНИЕ

ПРОБЛЕМЫ

ДАЛЬНЕГО

РАДИООБНАРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПВО

Возникновение проблемы

К идее обнаружения самолетов с помощью радиоволн пришли не только военные инженеры ВТУ РККА и ГАУ НКО. Примерно через год эта идея возникла в одном из артиллерийских зенитных полков ПВО, которым командовал В. М. Чернов. Своими идеями он делился с одногодичниками, проходившими военную службу в полку, нацеливая их, молодых инженеров, на поиски новых путей создания надежных средств обнаружения самолетов.

Среди одногодичников оказался инженер-электрик П. К. Ощепков, обладавший пытливым характером, умением трезво анализировать технические новинки, склонностью к изобретательству и поискам нового. Советы и нацеливание уважаемого командира полка явились для П. К. Ощепкова импульсом к размышлениям и поискам научной основы для решения поставленной задачи. Эти размышления и привели его к единственно возможному научному направлению - использованию радиоволн для обнаружения самолетов. Своими соображениями П. К. Ощепков поделился с В. М. Черновым, а тот, в свою очередь, с приехавшим в полк инспектором Управления ПВО РККА И. Ф. Блажевичем. Увидев в инженере П. К. Ощепкове инициативного, изобретательного человека, командование ПВО отозвало его из полка и назначило инженером в управление. Так, с конца 1932 г. инженер П. К. Ощепков стал работать в Центральном аппарате НКО над вопросами радиообнаружения самолетов.

Поскольку ГАУ занималось развитием зенитной артиллерии и средств, входивших в комплекс зенитных батарей (ПУАЗО, средства обнаружения, связь), командование Управления ПВО нацелило П. К. Ощепкова на разработку средств радиообнаружения для службы ВНОС. Из этого следовало, что задачи по радиообнаружению ГАУ и Управления ПВО дополняли друг друга. В начале января 1933 г. П. К. Ощепков в записке начальнику Управления ПВО изложил соображения о целесообразности применения в аппаратуре радиообнаружения метода импульсного излучения радиоволн вместо непрерывного. Эту идею он обосновывал тем, что для увеличения дальности обнаружения самолетов потребуется значительное повышение мощности излучения, что при непрерывном методе излучения создаст большие трудности в разработках генераторных ламп. В этом же году П. К. Ощепков в докладной записке Народному комиссару обороны изложил принцип использования в системе ПВО радиотехнических средств обнаружения. Положения этой записки более подробно он изложил в статье «Современные проблемы разработки техники ПВО», опубликованной в Сборнике ПВО № 2 за 1934 г.

В июне 1933 г. вопросы радиообнаружения обсуждались у К. Е. Ворошилова в целях определения порядка финансирования предстоявших работ. К. Е. Ворошилов и М. Н. Тухачевский одобрительно отнеслись к инициативе Управления ПВО и рекомендовали обсудить данную проблему с учеными АН СССР и промышленности. В связи с этой рекомендацией 16 января 1934 г. у академика А. Ф. Иоффе в Ленинградском физико-техническом институте было проведено совещание с участием академиков А. А. Чернышева и С. И. Вавилова, профессоров Н. Н. Андреева, Н. Д. Папалекси, А. А. Лебедева, Д. А. Рожанского, В. П. Линника, научных сотрудников ЛЭФИ, ЛФТИ и представителей других учреждений. От УПВО в совещании приняли участие П. К. Ощепков и П. Е. Хорошилов.

Всесторонне обсудив проблему, ученые постановили:

1. Из технических средств, могущих обеспечить в наикратчайший срок разработку приборов, обеспечивающих обнаружение самолетов в названных условиях, могут явиться приборы, построенные по принципу использования электромагнитных волн достаточно короткой длины волны.

При этом должны быть разработаны достаточно мощные генераторы дециметровых и сантиметровых волн, направляющие электромагнитные излучения системы, а также приемные устройства, обеспечивающие по отраженному электромагнитному лучу определение местонахождения самолетов (их координаты), их количество, курс движения и скорости. Определение координат в первом случае может производиться как с дополнительно устанавливаемого приемного аппарата, так и не исключена возможность определения дистанции с одного и того же пункта, что при дальнейшем своем развитии может найти широкое применение в технике артиллерийской зенитной стрельбы по невидимой цели.

2. Одновременно с этим ввиду новизны поставленного вопроса о применении электромагнитных волн для указанной цели и необходимости в этом направлении еще длительной научно-исследовательской работы совещание считает необходимым вести разработку и других методов обнаружения. В частности, для обнаружения самолетов в сумерки использовать специально разработанные оптические системы и тщательно еще раз проверить результаты по методам, основанным на принципе звукопеленгации и инфракрасной радиации

Постановление ученых для участников совещания или промышленности носило лишь рекомендательный характер. Но для Управления ПВО РККА это совещание и решение группы видных академиков и профессоров явилось моральной поддержкой выдвинутых Управлением ПВО предложений по радиообнаружению.

Первая аппаратура радиообнаружения «Рapid»

19 февраля 1934 г. Управление ПВО РККА заключило с ЛЭФИ договор, в задании которого предусматривалось: 1) создание к 1 июля 1934 г. экспериментальной аппаратуры обнаружения самолетов, 2) изучение отражений электромагнитных волн от различных поверхностей в срок до 1 октября 1934 г., 3) разработка к 1 декабря 1934 г. на основе накопленных материалов проекта станции воздушной разведки²⁹.

Непосредственным руководителем этих исследований А. А. Чернышев назначил инженера Б. К. Шембеля, который по договору с ГАУ уже начал работы по созданию радиоаппаратуры для наведения луча прожектора на самолет и обеспечения стрельбы зенитной артиллерии.

По тактико-техническим требованиям Управления ПВО система радиообнаружения должна была иметь передатчик и три приемных устройства, из которых одно должно было устанавливаться возле передатчика, а два других – на наблюдательных постах с расстоянием между ними до 10 км.

Несмотря на высказанную ранее мысль о предпочтительности импульсного метода радиоизлучения, П. К. Ощепков не обусловил этот метод в заданиях ЛЭФИ, и разработка аппаратуры велась на основе использования непрерывного излучения, как в работах ЦРЛ (Ю. К. Коровина).

До 1 июля 1934 г. Б. К. Шембель и его ведущие сотрудники А. Н. Мержиевский и Р. Р. Гаврук разработали радиоаппаратуру «Рapid», включавшую генератор на волне 4,7 м мощностью до 200 Вт, суперрегенеративный приемник и приемную антенну в виде одиночного полуволнового горизонтального вибратора.

²⁹ ЦТ АСА, ф. 37791, ед. хр. 716, Д. 184

В июле 1934 г. аппаратура «Рапид» испытывалась под Ленинградом. Председателем комиссии был назначен П. Е. Хорошилов и членами – академик А. А. Чернышев, Б. К. Шембель, П. К. Ощепков и др.

Передающая установка, смонтированная на крыше здания ЛЭФИ, ориентировалась в направлении на приемник (в районе Лахты) и за время испытаний не перемещалась. К началу испытаний приемная аппаратура была снабжена регистрирующим прибором (ондулятором). Приемник перемещался в пределах 11–50 км от передающей установки. Самолет, следуя заданным курсом, пересекал трассу электромагнитного излучения (электромагнитную «завесу») в различных точках линии створа передающей и приемной аппаратуры, чтобы определять максимальное расстояние, на котором приемник еще обнаруживал сигнал от самолета.

По результатам испытаний 10–11 июля 1934 г. был составлен акт, в выводах которого отмечалось (дословно):

1. Во всех этих случаях наличие самолета в зоне радиусом до 3 км от принимающего устройства и при высотах до 1000 м совершенно ясно ощущалось приемным устройством по появлению в телефоне характерных биений, обусловленных интерференцией прямой и отраженной волн.

2. Комиссия констатирует, что положенный принцип в разрешение поставленной задачи верен, и считает необходимым всемерно форсировать дальнейшие работы по разработке окончательного образца².

² Ощепков П. К. Жизнь и мечта. - Московский рабочий, 1965, л. 75, 78 - 79.

9 и 10 августа опыты с аппаратурой «Рапид» были повторены с расположением приемника в районе Гатчины (Красногвардейск) и Сиверской на расстоянии 50 и 70 км от передатчика. Опыты позволили сделать следующие выводы:

1. На расстоянии порядка 50 км (между передающей и приемной аппаратами) высота полета 5200 м не является предельной для типа самолета, участвовавшего в испытаниях, так как существенного ослабления эффекта с увеличением высоты до предельной не наблюдалось.

2. Самолет обнаруживается, безусловно, надежно в том случае, когда он пролетает между приемником и передатчиком, и с меньшей надежностью, когда он летит вблизи приемника, не пересекая створа между ним и передатчиком.

3. Расстояние 75 км от излучения при данной мощности (150 - 180 Вт) и при данных высотах антенн излучателя и приемника является предельным.

В сентябре 1934 г. ЛЭФИ предъявил Управлению ПВО РККА вторую часть аппаратуры «Рапид»: излучающее устройство мощностью 100 Вт, работавшее на волне 4,8 м, с антенной, излучающей в пределах 60° по азимуту и углу места, и приемник для центрального поста с прибором для записи принимаемых сигналов на ленте. Эта часть аппаратуры совместных испытаний не проходила и вместе с ранее изготовленной аппаратурой была использована заказчиком для различных экспериментальных исследований.

Директор ЛЭФИ академик А. А. Чернышев рассматривал аппаратуру «Рапид» как часть системы радиообнаружения, предусмотренной им в изобретательской заявке от 7 февраля 1934 г., а ее разработку – как начало реализации своей идеи. В действительности, аппаратура «Рапид» послужила прототипом для дальнейших разработок системы радиообнаружения «Ревень» (РУС-1) в НИИИС КА и на радиозаводе. Дальнейшего развития это направление в ЛЭФИ не получило, хотя работы еще не были полностью завершены в соответствии с условиями договора, расторгнутого Управлением ПВО РККА

Принципы построения систем радиообнаружения самолетов для службы ВНОС ПВО

В сентябре 1934 г. П. К. Ощепков сформулировал принципы построения системы радиообнаружения для службы ВНОС, названной им «Электровизор». По существу предложение содержало две идеи: 1) создание станции кругового обзора с дальностью обнаружения 100–200 км при воспроизведении отраженного сигнала на световом экране и 2) создание системы радиообнаружения с одним радиоизлучающим устройством и несколькими приемниками, расположенными вокруг передатчика на различных расстояниях¹. Вынос приемников на большое расстояние в сторону от передатчика объяснялся тем, что при недостаточной интенсивности отраженного сигнала приемник, расположенный близко к излучающему устройству, будет подавлен прямым излучением передатчика и не сможет принимать отраженные от самолета сигналы. В этом случае принятые вспомогательными приемниками сигналы будут переданы на станцию излучения по радио или по проводам.

Определять дальность до цели предполагалось или по методу засечки с двух приемных пунктов, или по разности фаз между волной передатчика и отраженной волной. Определение азимута, угла места и дальности до самолета позволило бы узнать курс, высоту полета и скорость цели при отображении этих данных на флюоресцирующем экране с послесвечением.

Для руководства этими работами по предложению начальника Управления ПВО РККА приказом М.Н.Тухачевского в октябре 1934 г. в системе Управления ПВО было создано конструкторское бюро (КБ УПВОРККА).

На это КБ возлагались задачи форсирования разработок системы «Электровизор» и техническое руководство сооружением мощной разведывательной станции для обслуживания сектора ПВО в районе Москвы с передачей сведений о самолетах противника по радио на расстояние до 200–250 км. Этим же приказом П. К. Ощепков был назначен начальником КБ УПВО. Непосредственное руководство деятельностью КБ возлагалось на начальника Управления ПВО С. С. Каменева.

В июне 1935 г. Управление ПВО РККА заключило с радиозаводом договор на разработку и изготовление в 1935–1936 гг. аппаратуры радиообнаружения «Вега» и «Конус», которые должны были войти в систему «Электровизор».

¹ Заявка на изобретение акад. А. А. Чернышева от 7.02.1934 г. 05

По техническому заданию комплект системы «Вега» включал однокаскадный радиопередатчик на волну 3,5–4 м мощностью 5–10 кВт, работающий на вращающуюся в горизонтальной плоскости направленную антенну, и пять комплектов приемных устройств в том же диапазоне с направленными вращающимися антеннами и акустическими или визуальными приборами контроля.

В ноябре-декабре того же года Управление ПВО РККА заключило с тем же заводом еще два договора на поставку трех комплектов аппаратуры «Вега» для использования ее в опытной эксплуатации.

Радиозавод задание выполнил и в течение 1936 г. сдал все комплекты аппаратуры «Вега». Однако эти комплекты серьезных испытаний не проходили и в войска ПВО направлены не были.

В комплект аппаратуры «Конус» входили: излучающее устройство ближнего действия (10–15 км) на волне 20–10 см мощностью до 25 Вт, излучающее устройство дальнего действия (до 100 км) на волне 50–100 см мощностью до 1 кВт, два приемных устройства на волнах 20–40 и 50–100 см, антенны излучающих и приемных устройств параболического типа диаметром 0,8 м, устройство для обеспечения синхронного и синфазного вращения излучающих и приемных устройств.

Излучающие устройства предусматривались на магнетронах непрерывного генерирования, разработанных УФТИ.

По сравнению с системой «Вега» аппаратура «Конус» предназначалась не только для обнаружения самолетов в районах расположения приемных устройств, но и для определения их азимута и расстояний. Поскольку система должна была работать в непрерывном режиме, то определение дальности до самолетов предполагалось осуществлять, применяя частотную модуляцию. Система «Конус» разрабатывалась под руководством инженеров А. Я. Брейтбарта и С. С. Рубчинского.

Испытания аппаратуры ближнего действия показали, что заданная дальность обнаружения 10–15 км не достигнута, а применение частотной модуляции для определения дальности до самолета неперспективно. В связи с этим завод к выполнению второй очереди договора приступить не стал, ограничившись сдачей заказчику в октябре 1935 г. аппаратуры «Конус» ближнего действия.

В начале 1935 г. П. К. Ощепков, продолжая идейно развивать схему представлявшей ему системы «Электревизор», решил дополнить ее импульсной аппаратурой, которая должна была работать в диапазоне дециметровых волн. Эта аппаратура получила название «Модель-2» («Модель-Бис»). Чтобы проверить правильность идеи и реальную возможность создания подобной аппаратуры, С. С. Каменев обратился к проф. А. Л. Минцу с просьбой обсудить вариант системы радиообнаружения «Модель-2» и оказать П. К. Ощепкову содействие в практической работе. На это обращение А. Л. Минц 19 января 1935 г. ответил:

«Глубокоуважаемый Сергей Сергеевич! Предложение тов. Ощепкова имеет, безусловно, большой практический интерес и заслуживает постановки ряда опытов и изысканий. Задача сложная, но многообещающая, поэтому желательно максимально обеспечить поддержку, чтобы получить результаты в кратчайший срок»³⁰.

Таким образом, система «Электровизор» мыслилась как комплексная, состоящая из аппаратуры «Вега», основанной на непрерывном методе излучения и приема, и аппаратуры «Модель-2» - на импульсном методе.

Однако, несмотря на положительное заключение А. Л. Минца, радиозавод заданий на разработку системы «Модель-2» не получил, и мнение профессора, по существу, оказалось лишь моральной поддержкой идеи П. К. Ощепкова. Разработку своего предложения он решил осуществить в КБ УПВО с помощью ЛФТИ и УФТИ (последний в части поставок магнетронов).

К середине 1935 г. КБ УПВО действительно создало лабораторный макет «Модель-2» и отправило его под Севастополь на испытания по самолетам. Уверенность П. К. Ощепкова в успехе испытаний была столь несомненной, что он предложил С. С. Каменеву продемонстрировать работу макета и его возможности руководящему составу Наркомата обороны. Однако полевая проверка выявила недоработанность аппаратуры и невозможность испытаний по самолетам, в связи с чем она была возвращена в КБ УПВО, но завершающей доработки не получила.

В октябре 1935 г. командование Управления ПВО РККА доложило Народному комиссару обороны о том, что «имеющийся в УПВО РККА опыт по электромагнитному обнаружению самолетов полностью подтвердил правильность метода, и нет сомнений, что этот метод получит широкое применение для целей ПВО.

В целях скорейшей реализации аппаратуры типа «Модель», «Вега», станции «Бис» и др. необходимо самым скорейшим образом провести организацию предлагаемого П. К. Ощепковым Опытного сектора ПВО и связанных с этим

³⁰ ЦТ АСА, ф. 37791, оп. 1 с, ед. хр. 861, д. 82

мероприятий, с тем чтобы летом 1936 г. перейти к вооружению наземной аппаратурой всей системы службы воздушной разведки на всей территории страны»³¹.

Организация Опытного сектора ПВО была необходима, но сама по себе она не обеспечивала оснащения в 1936 г. войск ПВО новой аппаратурой радиообнаружения самолетов, поскольку дело сводилось не только к проведению необходимых для этого мероприятий и организации испытаний и эксплуатации новой аппаратуры, но и к созданию самих средств радиообнаружения, удовлетворявших требованиям войск. Жизнь не оправдала оптимистических надежд П. К. Ощепкова. Вооружение войск ПВО радиолокационной техникой не началось и не могло начаться в 1936г. В декабре 1935 г. Нарком обороны своим приказом преобразовал КБ УПВО в Опытный сектор разведки и наведения ПВО и утвердил его структуру и штат (всего 30 человек, в том числе 11 инженеров, 1 техник и комендантский взвод). Для опытной эксплуатации радиосредств обнаружения сектору было выделено направление на восток от Москвы, в котором должны были строиться система радиообнаружения и проводиться испытания. В задачу Опытного сектора входили комплексное изучение вопросов противовоздушного наблюдения и средств управления, полигонные испытания аппаратуры, сбор и накопление опытных данных по регистрации полетов самолетов. За ним сохранялись также и задачи, выполнявшиеся ранее КБ УПВО.

Система радиообнаружения сектора восточного направления должна была оснащаться комплектами аппаратуры «Вега».

Начало исследований по станциям дальнего обнаружения

В сентябре 1934 г. УПВО РККА обратилось к акад. А. Ф. Иоффе с предложением развернуть в ЛФТИ исследования по радиообнаружению самолетов. В результате обсуждения предложения Управления ПВО А. Ф. Иоффе включил в план следующие работы:

1. Определение предельной дальности возможного обнаружения самолета на данной высоте па основе теоретических, лабораторных и экспериментальных исследований, а также исследование возможности определения числа и типов самолетов по силе принимаемого сигнала; какова должна быть система и мощность передающего устройства и система приемных устройств на различных волнах.

2. Пеленгация на УКВ для определения направления на самолет, расстояний до него и его скорости.

Результаты исследований должны были дать ответ на следующие вопросы:

На каких расстояниях и с какой точностью можно определить координаты самолета?

Можно ли измерять скорость и азимут самолета на больших расстояниях (200–300 км)?

Какова должна быть система приемников для пеленгации самолетов на больших расстояниях?

19 марта 1935 г. выполнение этого плана было оформлено договором³².

Расчеты и исследования по плану и договору вела лаборатория проф. Д. А. Рожанского на протяжении 1935 г. и первого квартала 1936 г.

Для экспериментального изучения рассеяния электромагнитных волн от самолета в первой половине 1935 г. была создана следующая аппаратура: приемник супергетеродинного типа с полосой пропускания 2 МГц; излучатель стандартных сигналов на волнах 3,2–1,7 м (мог работать и на модулированных колебаниях) и окончательный каскад приемника – ламповый вольтметр со стрелочным индикатором.

³¹ ЦГАСА, ф. 37791, оп. 1, ед. хр. 680, л. 17.

³² ЦГАСА, ф. 37791, оп. 1, ед. хр. 716, л. 11,

При исследованиях использовался передатчик КБ УПВО. Созданная аппаратура позволяла наблюдать отражения радиоволн от самолетов на расстоянии до 10 км. В процессе исследований супергетеродинный приемник был дополнен аппаратурой с суженной полосой и пеленгаторной антенной для защиты от прямого воздействия передатчика и установления возможности пеленгации самолета с точностью до $0,25^\circ$.

В отчетах проф. Д. А. Рожанского и научного сотрудника Ю. Б. Кобзарева о работе лаборатории за 1935-1936 гг. были приведены: технические данные установки для измерения рассеяния самолетом электромагнитной энергии; оценка эквивалентных площадей рассеяния самолета; описание изучения отражений от самолетов в реальных условиях; анализ количественных данных, позволявших в то время составить представление о том, каким условиям должны удовлетворять приемное и излучающее устройства, предназначенные для обнаружения самолетов на больших расстояниях; дан анализ достоинств и недостатков импульсного и непрерывного методов генерирования и отмечено, что на волне порядка 3 м можно получить импульсы длительностью 1-2 нс. В тех же отчетах рассматривались вопросы синхронизации импульсного передатчика с индикатором, приведены схемы индикатора, а также схема и характеристики широкополосного приемника импульсных сигналов на УКВ. Таким образом, разработка и освоение импульсной техники на УКВ, приведшие к созданию радиолокационных станций дальнего обнаружения, в Советском Союзе начались в марте 1935 г.

В период с октября 1935 г. по апрель 1936 г. ЛФТИ выполнил экспериментальные исследования по определению отражения электромагнитных волн от самолета при непрерывном его облучении радиоволнами длиной 4 м. Эти исследования показали, что уже в 1936 г. можно было создать импульсный генератор, мощность которого была бы достаточна для обнаружения самолета на расстоянии до 100 км. Впоследствии расчеты ЛФТИ полностью подтвердились разработками и испытаниями экспериментальных установок.

Для дальнейшего развития техники радиообнаружения, по мнению коллектива ЛФТИ, было необходимо:

- 1) создать установку радиообнаружения самолетов с дальностью действия 100 км при определении их скорости и направления полета;
- 2) разработать метод применения мощных кратковременных импульсов для тех же целей;
- 3) применить дециметровые волны для пеленгации самолетов на близких расстояниях как с земли, так и в воздухе и автоматически наводить истребители или воздушные мины на неприятельские самолеты.

После смерти проф. Д. А. Рожанского в сентябре 1936 г. руководить исследованиями и разработками стал научный сотрудник ЛФТИ Ю. Б. Кобзарев (ныне академик АН СССР).

Выполнив задание Управления ПВО по договору от 19 марта 1935 г., ЛФТИ в середине 1936 г. получил новое задание: разработать приемную и индикаторную аппаратуру для опытов обнаружения самолетов с импульсным излучением. Изготовленная ЛФТИ аппаратура должна была сопрягаться с генераторной частью системы радиообнаружения «Модель», разрабатывавшейся силами конструкторского бюро УПВО. Для этого КБУПВО организовало в Ленинграде вакуумную лабораторию во главе с инженером В. В. Цимбалиным, перешедшем в нее из ЛЭФИ.

Еще в ЛЭФИ по предложению П. К. Ощепкова В. В. Цимбалин провел ориентировочный расчет искрового импульсного УКВ генератора. Результаты расчета указывали на преимущество применения специальных импульсных ламп.

Идея использования таких ламп была не новой. Еще в 1932-1933 гг. для определения высоты слоя Хевисайда

М. А. Бонч-Бруевич применял разработанную им генераторную лампу Г-100 мощностью 100Вт как генератор ВЧ импульсов, лампа работала в прерывистом режиме при напряжении на аноде 10 кВ вместо 1500 В (по паспорту лампы). С заказом разработать импульсную генераторную лампу КБ УПВО одновременно обратилось на завод «Светлана» и в ВЭИ. Однако как ВЭИ, так и «Светлана» отказались выполнить заказ, и КБ УПВО пришлось создавать такую лампу в своей вакуумной лаборатории. При консультации проф. Н. Н. Циклинского и Д. А. Рожанского В. В. Цимбалин сконструировал лампу ИГ-7 на волну 3,5–5 м с анодным напряжением до 10 кВ и мощностью до 50 кВт (при работе генератора по двухтактной схеме). Комиссия (Д. А. Рожанский, Н. Н. Циклинский, С. А. Векшинский, П. К. Ощепков и др.) провела всесторонние испытания лампы и одобрила передачу ее в производство как основной тип генераторной лампы в станциях радиообнаружения. Разработка лампы ИГ-7 была важной вехой в развитии техники дальнего радиообнаружения, она явилась прототипом последующих конструкций импульсных ламп ИГ-8 и др., выпускавшихся нашей промышленностью в годы Отечественной войны для станций «Редут» (РУС-2) и «Пегматит» (РУС-2с).

Управление ПВО РККА освобождается от заказов на средства радиообнаружения

К концу 1936 г. Опытный сектор разведки и наведения ПВО оказался в трудном положении и не мог осуществлять научно-техническое руководство работами по радиообнаружению в промышленности. Начальник Управления ПВО РККА и начальник Опытного сектора в декабре доложили этот вопрос Народному комиссару обороны К. Е. Ворошилову и просили возложить это руководство на Техническое управление РККА, оставив Опытный сектор как базу развития средств радиообнаружения в системе Управления ПВО³³.

К. Е. Ворошилов принял иное решение. По директиве Генерального штаба от 31.12.1936 г.³⁴ Опытный сектор передавался в Техническое управление РККА с подчинением Научно-испытательному техническому институту (НИТИ) РККА³⁵. Этой директивой Народный комиссар обороны организационно решил не только вопрос дальнейшего руководства развитием средств дальнего обнаружения самолетов для службы ВНОС, но и вопрос научно-технического контроля за деятельностью Опытного сектора ПВО, чего не было в Управлении ПВО РККА. С этого времени П. К. Ощепков отошел от участия в развитии радиолокации.

После передачи Опытного сектора в НИИИС КА последний пересмотрел его тематический план на 1937 г. и разработал новый, предусмотрев в нем испытания средств радиообнаружения, изготовленных в 1935-1936 гг. одним из радиозаводов и КБ УПВО, «Вега» и «Модель»; разработку системы радиообнаружения линейного типа для охраны государственных границ, названной впоследствии системой «Ревень» (РУС-1); разработку станции дальнего обнаружения на УКВ, являвшуюся продолжением работ ЛФТИ по заданию Управления ПВО РККА и разработку станции на ДЦВ для наведения истребительной авиации и стрельбы зенитной артиллерии с дальностью до 25–30 км.

³³ Архив НИИИС КА, 1936 д. 2

³⁴ ЦГАСА, ф. 37791, оп. 1, ед. хр. 908.

³⁵ Впоследствии НИТИ был объединен с НИИИС КА как научно-испытательный и исследовательский орган Управления связи Красной Армии.

Кроме того, дополнительным планом на 1937 г. включалась разработка генераторных ламп и передающих устройств на волнах 5-10 и 15-20 см мощностью излучения от 5 до 20 Вт в непрерывном режиме для решения задач в интересах ЗА. На 1938 г. план Опытного сектора, преобразованного в 6-й отдел НИИИС КА, предусматривал продолжение разработок и испытаний экспериментальной установки системы радиообнаружения линейного типа на УКВ; экспериментальной установки дальнего обнаружения ЛФТИ и лабораторного макета станции для ЗА, созданного УФТИ на дециметровых волнах по заданию НИИИС КА.

Эти три направления стали основными в деятельности 6-го отдела института на весь период его участия в работах по радиообнаружению (до середины 1943 г.). Отдел возглавлял инженер М. И. Куликов.

Развитием техники обнаружения линейного типа на УКВ руководил инженер Д. С. Стогов, участие которого в разработке, испытаниях и внедрении в войска способствовало принятию на вооружение систем РУС-1.

Станции дальнего обнаружения курировал военный инженер А. И. Шестаков, который был не только «заказчиком», но и непосредственным участником исследований и опытно-конструкторских работ в промышленности и в НИИИС КА. Успешно преодолевая трудности и проблемы, казавшиеся теоретически неразрешимыми, А. И. Шестаков внес большой вклад в дело развития радиолокационной техники и по праву занимает одно из видных мест среди военных инженеров.

В планах НИИИС КА на 1938 г. продолжение работ над аппаратурой «Вега», «Конус» и «Модель» бывшего Опытного сектора УПВО не предусматривалось.

Система радиообнаружения «Ревень»

Первым положительным результатом деятельности НИИИС КА в создании средств радиообнаружения была разработка системы «Ревень» (РУС-1). В целях ускорения оснащения ПВО техникой радиообнаружения в основу системы «Ревень» была положена аппаратура «Рапид» ЛЭФИ, испытанная в 1934 г. В комплект системы входили: передающая и две приемные станции, смонтированные на автомашинах. Располагались автомашины на местности так, что передающая находилась в центре линии между приемными станциями на расстоянии 30 – 40 км от каждой приемной станции (на одной прямой).

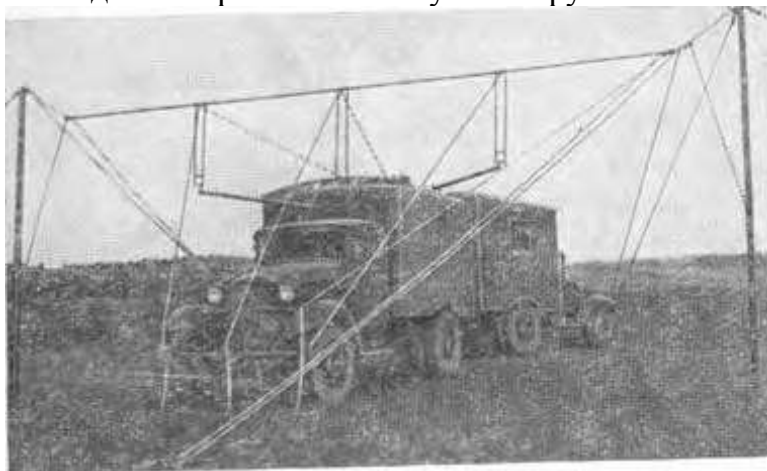
Передающая станция создавала в стороны приемных направленное излучение в виде завесы («забора»), при пересечении которой самолеты обнаруживались приемными станциями по биениям прямого и отраженного сигналов, регистрировавшихся на бумажной ленте записывающего прибора - ондулятора.

В октябре - декабре 1937 г. система «Ревень» проходила первые испытания под Москвой, а после некоторой доработки летом 1938 г. подвергалась детальным испытаниям, установившим надежное обнаружение самолетов при пересечении ими днем и ночью линии расположения передающей и приемных станций. Полученные результаты позволили представить будущую систему воздушного наблюдения ПВО при использовании системы «Ревень». О результатах испытаний было доложено Народному комиссару обороны, который поручил Управлению связи КА дать срочный заказ промышленности на изготовление опытной партии систем «Ревень»³⁶. По договору Управления связи РККА радиозавод в полугодовой срок изготовил первую партию систем, смонтированных на 16 автомашинах. 30 июня НИИИС КА эту партию принял.

³⁶ Из воспоминаний Д. С. Стогова

В августе 1939 г. под руководством заместителя командующего войсками Киевского особого военного округа по ПВО комбрига С. С. Сазонова и участия Д. С. Стогова и военных инженеров П. С. Моторина (НИИИС КА), А. Л. Генкина, Л. Б. Мескина (представители 6Д4Ф) и автора этих строк система «Ревень» проходила совмещенные полигонные и войсковые испытания.

По результатам испытаний комиссия отметила, что система «Ревень» может служить надежным средством службы ВНОС, исключая внезапность и скрытность перелета государственной границы самолетами противника. Комиссия рекомендовала принять систему на вооружение.



Система радиообнаружения РУС-1 (излучающая установка)

В сентябре 1939 г. приказом Народного комиссара обороны система «Ревень» была принята на вооружение войск ПВО под названием РУС-1 (радиоулавливатель самолетов). Зимой 1939-1940 гг. во время войны с белофиннами система РУС-1 прошла боевую проверку. Для исключения внезапности налетов финской авиации на Ленинград вокруг города с помощью РУС-1 была создана полоса радиообнаружения. Однако в условиях ПВО фронтового города система не могла заблаговременно оповещать службу ВНОС о вражеских самолетах.

После выхода наших войск в район Выборга и Кексгольма на Карельском перешейке были созданы две полосы обнаружения, которые позволяли уточнить участки и направления пролетавших самолетов. Сведения об этих самолетах передавались на ГП ВНОС Ленинградского корпуса ПВО.

Следует отметить высокую эксплуатационную надежность системы РУС-1, которая проработала пять месяцев без каких-либо неисправностей и ремонта. В апреле 1940 г. станции РУС-1 с постов наблюдения на Карельском перешейке были перебазированы для дальнейшего использования в Закавказье.

До начала Великой Отечественной войны радиозавод выпустил 45 комплектов системы РУС-1, которые в период войны работали в системе ПВО Дальнего Востока и в Закавказье. Дальнейшее производство систем было прекращено, так как на вооружение постов ВНОС начали поступать радиолокационные станции дальнего обнаружения РУС-2, обладавшие более высокими тактико-техническими данными и возможностями.

Двухантенная станция дальнего обнаружения «Редут»

После экспериментальных исследований рассеяния электромагнитных волн от самолета и расчета возможных дальностей радиообнаружения ЛФТИ совместно с КБ УПВО приступил в 1936 г к разработке импульсной аппаратуры КБ взяло на себя создание импульсного передатчика мощностью излучения около 100 кВт на волне 3,5–4 м с антенной типа «волновой канал», а ЛФТИ – импульсный модулятор и приемно-индикаторное устройство. Согласованным планом работ предусматривалось, что передатчик стационарного типа будет работать в Москве (из опасения вредного

воздействия на приемник), а приемная аппаратура - на подмосковном полигоне, будучи смонтированной в специальной экранированной кабине на автомашине. Приемная антенна из двух полуволновых вибраторов размещалась на крыше кабины « позволяла получить нулевой прием в заданном направлении, что обеспечивало отстройку от мешающего влияния прямых сигналов передатчика.

К обусловленному сроку (конец 1936 г.) ЛФТИ выполнил свой объем разработки, однако первые опыты по самолету показали, что передатчик КБ УПВО должным образом не работал. Было решено запустить генератор мощностью около 1 кВт на типовых лампах Г-165, выпускавшихся промышленностью. Но задачу управления этим генератором П. К. Ощепков и его сотрудники длительное время решить не могли. И чтобы не задерживать испытаний, коллективу Ю. Б. Кобзареву пришлось эту задачу выполнить самому. Убедившись, что близко расположенный приемник сохранил свою работоспособность, и настроив антенно-фидерную систему, разработчики ЛФТИ продолжили опыты по самолету³⁷.

Первые испытания установки под Москвой 15 апреля 1937 г были удачными, дальность обнаружения самолета составила около 7 км. Следующий опыт был проведен 10 мая. Для уменьшения влияния генератора на приемник последний был отнесен на расстояние 500 м. Самолет на высоте 1500 м обнаруживался на расстоянии 12,5 км, при этом отраженный сигнал мог быть сфотографирован с экрана индикатора. Визуально сигнал был виден на дальности до 17 км. Опыт по звену самолетов Р-5 был проведен 16 мая. Самолеты обнаруживались на расстоянии 15 км, причем на индикаторе были видны биения отраженных сигналов. Эти испытания и проведенные расчеты показали, что требуемая войсками дальность обнаружения более 50 км вполне достижима при доведении мощности излучения до 50 кВт и усовершенствовании приемной антенны.

По заданию НИИИС КА ЛФТИ приступил к комплексной разработке импульсной аппаратуры с улучшенными тактико-техническими характеристиками.

Новая установка, изготовленная к середине 1938 г., имела передатчик на лампах ИГ-8 и модулятор на лампах Г-3000. Передатчик развивал колебательную мощность 40–50 кВт в импульсе при анодном напряжении 15– 22 кВ. Антенна передатчика, установленная на высоте 12 м, состояла из открытого двухпроводного фидера и излучателя типа «волновой канал» с пятью директорами и тремя рефлекторами. Приемная станция имела такую же антенну и располагалась на расстоянии 1000 м от излучающей. Синхронизация осуществлялась на частоте 50 Гц от питающей сети.

В августе 1938 г на территории НИИИС КА станция радиообнаружения с улучшенной аппаратурой проходила испытания по самолету и показала возможность его обнаружения на расстоянии до 50 км при высоте полета 1500 м.

Это был блестящий по тому времени успех коллектива ЛФТИ и импульсной техники, показавший, что, во-первых, проблема дальнего радиообнаружения самолетов принципиально решена и последующая ее реализация потребует только инженерно-конструкторских и технологических усилий и, во-вторых, очевидное преимущество импульсных станций по сравнению со станциями непрерывного излучения с использованием доплеровской частоты.

Проведенные испытания по важности их результатов и последствий их использования были важнейшей вехой в истории отечественной радиолокации. Если опыты ЦРЛ в 1934 г. доказали возможность радиообнаружения самолетов, то работы коллектива ЛФТИ подтвердили теоретически и практически возможность создания установки дальнего радиообнаружения с тактико-техническими характеристиками, удовлетворявшими требованиям войск ПВО.

Следует отдать должное сотрудникам этого института Ю. Б. Кобзареву (руководителю исследованиями и разработки импульсной техники) и его помощникам П. А. Погорелко и И. Я. Чернецову за достигнутые ими в столь короткий срок результаты, явившиеся основополагающими в истории развития отечественной аппаратуры радиообнаружения.

Институту связи и ЛФТИ было ясно, что теперь можно было разрабатывать опытный образец, отвечающий требованиям войсковой эксплуатации. Учитывая степень технической отработанности аппаратуры и установленный порядок разработки

³⁷ Кобзарев Ю. Б. Первые советские импульсные радиолокаторы. - Радиотехника. 1974. № 5.

промышленностью опытных образцов вооружения и боевой техники, НИИИС КА обратился к руководству радиозавода, на котором выпускалась система РУС-1, с предложением создать опытный образец на базе последней экспериментальной установки ЛФТИ, при его научно-технической консультации и помощи НИИИС КА

Однако руководство радиозавода (директор А А Форштер, главный инженер Н. И. Аухтун) отказалось заключить договор на опытный образец, мотивируя свой отказ невозможностью выполнить станцию в подвижном варианте Тогда НИИИС КА и ЛФТИ договорились построить и смонтировать такую установку на автомашинах своими силами, а заодно и улучшить ее конструктивные и эксплуатационные характеристики.

Работы между институтами были распределены так: ЛФТИ разрабатывал новый приемник и осциллографический индикатор, а НИИИС КА выполнял общий проект станции, разработку и изготовление генератора, вращающихся антенн, источников электропитания и монтаж всей станции на автомашинах. Генераторные лампы типа ИГ-8 на волну 4 м мощностью 50 кВт в импульсе поставил завод «Светлана» В тесном деловом сотрудничестве ЛФТИ и НИИИС КА (руководитель работы А И Шестаков) в течение года создали подвижную станцию, получившую название «Редут».

Через год после испытаний стационарной установки ЛФТИ, подтвердившей блестящие возможности импульсной техники, в августе 1939 г. в НИИИС КА были проведены полигонные испытания «Редута». Полученные результаты приведены в таблице

Высота полета самолета, м	Дальность обнаружения, км		Высота полета самолета, м	Дальность обнаружения, км	
	минимальная	максимальная		минимальная	максимальная
500	5	30	4500	18	75
1500	8	50	6000	20	85
3000	15	65	7500	25	95

Испытания выявили следующие тактические возможности станции:

- определение дальности обнаружения с точностью 2–3 км,
- обеспечение возможности кругового обзора и наблюдения целей в разных секторах горизонтальной плоскости;
- определение азимута целей,
- определение направления полета цели и ее скорости;
- определение по характеру отметок на индикаторе отметчика характера наблюдаемой цели (одиночная или групповая), а по числу отдельных пульсаций - числа одиночных или групп самолетов

Испытания выявили также, что станция имеет непросматриваемую (мертвую) зону в пределах 10-20 км от места расположения станции, в которой самолеты не обнаруживаются.

Наблюдения за полетом подтвердили дальность обнаружения 50 км полученную в августе 1938 г при высоте полету цели 1500 м. Это означало, что импульсная аппаратура радиообнаружения еще в 1938 г. имела потенциальные технические возможности обнаружения самолетов на расстоянии до 100 км Результаты испытаний показали, что теоретические расчеты Ю. Б Кобзарева о возможной предельной дальности действия аппаратуры полностью совпали с опытными данными Этот факт имел важное практическое значение для последующих разработок радиолокационных станций различного тактического назначения как метод, апробированный практикой

Впервые эксперимент доказал, что при тех диаграммах направленности в вертикальной плоскости и мощностях излучения, которые имели станции «Редут», с увеличением высоты самолета дальность радиообнаружения возрастает (до некоторого предела).

Подвижная станция «Редут» получила первое боевое крещение во время войны с белофиннами зимой 1939 – 1940 гг. на Карельском перешейке Она была установлена в

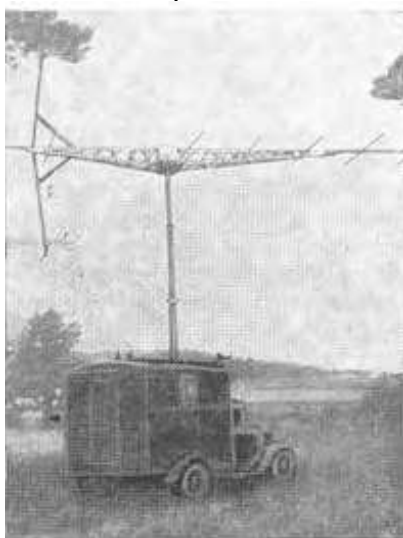
районе Перемяки по инициативе директора ЛФТИ А. Ф. Иоффе. На «Редуте» работали инженеры НИИИС КА А. И Шестаков, Т. М Гаврилин и сотрудники ЛФТИ. Необходимые ремонтные и регулировочные работы на этой станции выполнялись силами ЛФТИ.



РЛС «Редут»: {излучающая установка}

Результаты испытаний экспериментальной станции дальнего обнаружения, проведенных в августе 1938 г., а также расчеты Ю. Б. Кобзарева позволили Управлению связи КА, не ожидая окончания совместных работ ЛФТИ и НИИИС КА по созданию подвижного варианта станции «Редут», внести в феврале 1939 г. в Комитет обороны при СНК СССР предложение о разработке промышленностью двух опытных образцов станции. НИИИС КА предложил решить такую задачу НИИ радиопромышленности, обладавшему многолетним опытом в области создания радиотелемеханических устройств и УКВ радиолиний. Выбор этого института был не случаен. Заказчик понимал, что разработка первых РЛС, удовлетворявших требованиям войск, потребует не слепого копирования «Редута», созданного ЛФТИ и НИИИС КА, но и проведения одновременно с конструированием ряда исследований, которые обеспечивали бы доведение РЛС до войсковых образцов.

Многолетний опыт военных специалистов, связанных в процессе служебной деятельности с разработками оборонных проблем в научно-исследовательских институтах, не входивших в системы промышленных наркоматов, показывал, что такие институты, успешно решая теоретически и экспериментально проблему, как правило, не имели возможности создать образец, который удовлетворял бы с конструкторско-технологической и эксплуатационной точек зрения требованиям серийного производства и войскового применения.



РЛС «Редут» (приемная установка)

2 апреля 1939 г. Комитет обороны при СНК СССР принял решение, обязавшее НИИ радиопромышленности разработать и изготовить два комплекта образца станции дальнего обнаружения на автомашинах. Еще в предвидении этого решения группа инженеров института, возглавлявшаяся А. Б. Слепушкиным, в феврале - марте 1939 г. ознакомилась с

исследованиями по основам импульсной техники и станцией «Редут» и получила квалифицированную научно-техническую консультацию от Ю. Б Кобзарева. Используя результаты теоретических и экспериментальных работ ЛФТИ и своих исследований при активной помощи инженеров НИИИС КА (во главе с А И Шестаковым), НИИ в течение года изготовил два опытных образца станции «Редут» и в апреле 1940 г. (через год после решения Комитета обороны) предъявил их заказчику. В состав каждой станции входили: передатчик мощностью 50 кВт, с длиной волны 4 м, смонтированный внутри фургона, вращающегося на шасси автомашины, приемная аппаратура в таком же вращающемся фургоне на автомашине с отметчиком и светящейся разверткой на экране ЭЛТ, рассчитанной на дальность обнаружения до 100 км, две антенны типа «волновой канал», жестко укрепленные на каждом фургоне с синхронным вращением В антенне имелось пять директоров, один активный вибратор и один рефлектор; агрегат питания мощностью 30-40 кВт, смонтированный на автомашине ГАЗ-3А (третья автомашина станции).

В целях ускорения вопроса о принятии станции на вооружение Народный комиссар обороны 31 мая 1940 г. издал приказ о проведении совмещенных полигонных и войсковых испытаний станции В июне-июле 1940 г. один образец был испытан в НИИИС КА, а другой - в войсковой части ВНОС под руководством офицера службы ВНОС П В. Васюкова Оба образца успешно прошли испытания и показали одинаковые результаты, полностью соответствовавшие прошлогодним испытаниям опытной станции «Редут» (ЛФТИ-НИИИС КА). Приказом Наркома обороны от 26 июля 1940 г станция «Редут» была принята на вооружение войск ПВО под названием РУС-2.

Разработка станции велась под руководством А Б Слепушкина и при участии Л В Леонова, Р. С Буданова, И. И. Вольмана, Д С. Михалевича, В В Самарина, Ю К Аделя и др.

Постановление Комитета обороны при СНК СССР от 27 декабря 1939 г. обязывало НИИ радиопромышленности изготовить до 1 января 1941 г опытную партию (10 комплектов) РЛС РУС-2. НИИ это задание выполнил в марте-июне 1941 г. и по ходу работ устранил выявленные в станциях производственные дефекты, создав условия для серийного выпуска станций на ближайший период

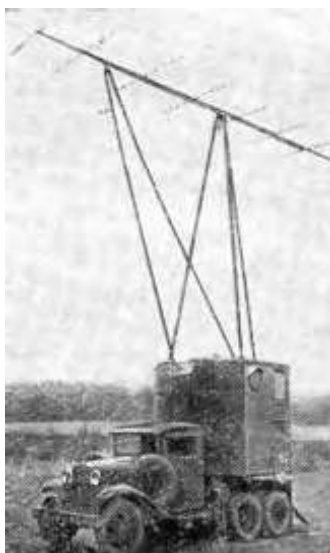
В развитии отечественной радиолокационной техники РЛС РУС-2 по сравнению с системой РУС-1 была значительным шагом вперед, так как позволяла не только обнаруживать самолеты противника на больших расстояниях и практически на всех высотах, но и непрерывно определять их дальность, азимут и скорость полета. Кроме того, при круговом синхронном вращении обеих антенн станция РУС-2 обнаруживала группы и одиночные самолеты, находившиеся в воздухе на разных азимутах и дальностях, в пределах своей зоны действия и следила с перерывами по времени (один оборот антенны) за их перемещениями Таким образом, с помощью станции РУС-2 командование ПВО могло наблюдать за динамикой воздушной обстановки в зоне радиусом до 100 км, определять силы воздушного противника и даже его намерения, подсчитывая, куда и сколько в данное время направляется самолетов.

Получая данные о воздушной обстановке от нескольких станций РУС-2, находящихся в оперативно-тактическом взаимодействии, и нанося их донесения на карту-планшет, командование ПВО района (зоны) имело возможность непрерывно и достоверно следить за действиями воздушного противника и наиболее целесообразно планировать и использовать свои средства и силы в борьбе с врагом.

Поступление в войска ПВО станций, РУС-2 привело к тактико-технической революции в службе воздушного наблюдения и коренным образом повлияло на эффективность ПВО страны.

За научно-технический вклад в создание первых станций дальнего обнаружения самолетов группе сотрудников ЛФТИ Ю Б Кобзареву, П А Погорелко и Н Я Чернецову в 1941 г была присуждена Государственная премия СССР Они стали первыми лауреатами Государственной премии в области радиолокации.

В создании и производстве станций дальнего обнаружения РУС-2 большую роль сыграли инженеры НИИИС КА, повседневно взаимодействовавшие с ЛФТИ и с институтом радиопромышленности и оказывавшие последнему научно-техническую помощь в расчетах, настройке и испытании отдельных радиоблоков и станции в целом



РЛС дальнего обнаружения РУС-2 (излучающая установка)

Второй вариант станции дальнего обнаружения

В процессе изготовления опытной партии станций «Редут» и эксплуатации их в войсках НИИИС КА и НИИ радиопромышленности пришли к обоюдному выводу, что станция может быть значительно упрощена с одновременным повышением ее эксплуатационной надежности и увеличением возможностей.

Специалисты видели возможность радикальной модернизации станции прежде всего в ее упрощении за счет замены двухантенной системы одноантенной. Это позволяло разместить всю передающую и приемную аппаратуру на одной автомашине в невращающемся фургоне, но с вращающейся антенной и отказаться от громоздких и сложных приводов для фургонов и устройств для их синхронного вращения. Реализация такого преимущества, наряду с возможностью конструктивных и технологических улучшений в самой аппаратуре РЛС, должна была привести к увеличению выпуска станций на одних и тех же производственных площадях, удешевлению их стоимости, повышению эксплуатационной надежности и удобству войскового применения. Взвесив все это, Управление связи КА поручило реконструировать станцию одновременно двум коллективам: ЛФТИ и НИИ радиопромышленности, разработавшему двухантенную станцию РУС-2. Не ожидая заключения договора, НИИ начал исследования по совершенствованию РЛС и главное внимание сосредоточил на вопросе совмещения радиоизлучения и радиоприема в одной антенне. Работая над этой проблемой, инженер Д. С. Михалевич предложил идею, а затем и схему одноантенного варианта станции радиообнаружения. Проверка схемы в реальных условиях дала положительные результаты и послужила основанием ее автору послать заявку в органы регистрации изобретений НКО³⁸. В заявке указывалось, что «предложенный метод совмещения двух антенн в одну основан на использовании свойств четвертьволновой линии, подключении передатчика с помощью автотрансформаторной связи к двухпроводному фидеру, к которому на расстоянии приблизительно в четверть волны от анодного контура присоединяется фидер питания радиоприемника».

Станция должна была работать в импульсном режиме с применением электрических разрядников, автоматически переключающих антенну на передачу или на прием, блокирующих входную цепь приемника от мощных высокочастотных импульсов передатчика.

При разработке конструкции вращающейся антенны институтом была решена другая сложная задача по созданию высокочастотного переходного устройства, которое должно было обладать достаточной электрической прочностью в режиме

³⁸ Авторское свидетельство № 5317 от 12.02 1941 г

передачи и сохранять постоянство входного сопротивления в цепи антенны при ее вращении. В результате теоретических и экспериментальных исследований был создан так называемый бесконтактный токосъемник из индуктивно связанных цепей с распределенными постоянными. Для упрощения станции весьма сложный яркостный индикатор был заменен простым по схеме и конструкции амплитудным индикатором.

Создание одноантенной станции явилось крупным достижением советских ученых и инженеров, получившим широкое применение в последующих разработках РЛС различного назначения. НИИИС КА одобрил предложенную институтом схему одноантенной станции, и в сентябре 1940 г. Управление связи КА заключило с ним договор на разработку опытного образца «Редут-41», оговорив следующие тактико-технические требования:

- совмещение передающей и приемной аппаратуры в одном автофургоне при работе на общую антенну;
- вращение фургона с радиоаппаратурой должно быть заменено вращением укрепленной на нем антенны;
- размещение во втором автофургоне двух агрегатов электропитания (один рабочий и один резервный);
- станция должна была обнаруживать самолеты на дальности от 10 до 30 км на высоте 500 м от 25 до 110 км на высоте 8000 м с точностью определения координат по дальности 1,5 км, по азимуту не более $\pm 7^\circ$;
- рабочая волна станции при длительности импульса 10-12 мкс в пределах 4,0–4,3 м;
- вся аппаратура станции должна размещаться на двух автоприцепах.

Управление связи КА, рассмотрев разработанный НИИ аванпроект, сделало следующие выводы:

1. Разрешена проблема одновременной работы на общую антенну передающего и приемного устройств при передаче энергии в импульсе до 100 кВт. Это позволяет исключить сложный механизм синхронного вращения антенн, который применялся в двухантенной РЛС.

2. Разрешена задача передачи энергии высокой частоты на вращающуюся антенну, вынесенную на местность. Это позволяет отказаться от механизмов для вращения со сложными приводами, использовав взамен обычные стандартные автофургоны, и стандартизировать основные узлы аппаратуры для работы в различных условиях, на передвижной или стационарной установке, на борту корабля и т.п.

3. Разработано передающее устройство, в котором применены новые экономичные генераторные лампы, со смещением на сетку посредством гридлика, новая схема генерирования импульсов на тиратроне. Это позволяет в значительной степени сократить вес и габариты аппаратуры, снизить анодное напряжение на генераторных лампах и уменьшить рентгеновское излучение.

По согласованию с Управлением ПВО КА Управление связи приняло решение оснащать войска ПВО станциями дальнего обнаружения в двух вариантах: в автомобильном с высокой подвижностью и в разборном с перевозкой радиоаппаратуры и агрегатов электропитания в укладочных ящиках любым видом транспорта. Целесообразность такого решения очевидна, если учесть, что значительная часть станций службы ВНОС должна дислоцироваться на территории страны и работать в стационарных условиях. В то же время высвобождение каждой автомашины во время войны было крайне важно в интересах других служб в войсках. Разработку и серийное производство автомобильных станций Управление связи возлагало на один из радиозаводов, а разборных – на НИИ радиопромышленности.

Тактико-технические характеристики обоих вариантов одноантенной станции должны, были быть тождественными.

НИИ радиопромышленности принял предложение связистов и в декабре 1940 г. заключил с Управлением связи КА (к заключенному договору в сентябре 1940 г.) дополнительное соглашение, в котором предусматривалось: -изготовление опытной партии из 10 разборных станций;

- разработка мачты с антенной, устанавливаемой на земле и соединяемой фидером с передающим и приемным устройствами;

- прекращение конструирования варианта станции с размещением в автофургонах. Такой тип станции в институте называли «Пегматит». Ее разработка осуществлялась коллективом инженеров в составе А. Б. Слепушкина, Л. В. Леонова, И. И. Вольмана, В. В. Тихомирова, Р. С. Буданова, Ю. К. Аделя, А. Р. Вольперта, И. Т. Зубкова, А. П. Земнорея, И. Н. Антонова и др.

Станция представляла собой коренную переделку радиоаппаратуры «Редут» с использованием инженерной схемы одноантенного устройства, предложенной инженером института Д. С. Михалевичем.

Ввиду явных преимуществ РЛС «Пегматит» Управление связи КА решило не начинать серийное производство двухантенных РЛС РУС-2 и ограничиться направлением в войска ВНОС только опытной партии этих станций.

При разработке РЛС «Пегматит» НИИ радиопромышленности были проведены важные исследования, касавшиеся замены сложного лампового модулятора на тиратронный модулятор, упрощения конструкций блоков, Индикатора и размещения антенного устройства на деревянной мачте-треноге, изготовлявшейся на месте (позднее в комплект станции вошла разборная металлическая мачта из труб), и т.д. В создании этой станции активно участвовали инженеры НИИИС КА, разработавшие для нее аргонный разрядник. В мае 1941 г. институт сдал Управлению связи первые две станции «Пегматит», которые успешно прошли полигонные испытания и подтвердили полное соответствие их тактико-технических характеристик характеристикам станции «Редут» (РУС-2), о чем было доложено Народному комиссару обороны.

Начавшаяся война и эвакуация НИИ не позволили закончить изготовление опытной партии РЛС «Пегматит» в сроки, установленные дополнительным соглашением к договору 1940 г. Эта партия была выпущена уже на востоке в первом квартале 1942 г., а вслед за ней институт изготовил и сдал заказчику крупную партию станций.

В начале 1942 г. станция «Пегматит» была принята на вооружение войск ПВО, ВВС и ВМФ под названием РУС-2с.

Одноантенные РЛС опытной партии были установлены в Московской зоне ПВО и вскоре получили самую высокую оценку войск и командования ПВО за хорошие тактические характеристики, простоту обслуживания и эксплуатационную надежность. В процессе выпуска опытной и последующих партий РЛС РУС-2с институтом велись работы по ее дальнейшему усовершенствованию, что позволило с одобрения Главного управления связи (ГУС) КА в апреле 1942 г. перейти на выпуск модернизированной станции под названием П-2М. Эта станция выпускалась в течение всей войны не только НИИ, но и на других заводах оборонной промышленности, привлеченных к производству радиолокационной техники.

За успехи НИИ в разработке станции дальнего обнаружения РУС-2 и РУС-2с, ставших основой технической вооруженности постов ВНОС и значительно поднявших надежность и эффективность боевой деятельности войск ПВО, группе его инженеров А. Б. Слепушкину, В. В. Тихомирову, Л. В. Леонову, Д. С. Михалевичу, И. Т. Зубкову и И. И. Вольману в 1943 г. была присуждена

Государственная премия СССР. Положительная роль в создании станций принадлежала директору института В. Ф. Захарову, главному инженеру Н. Л. Попову и сменившему его вскоре А. А. Фину.

Успешно справился с задачей совмещения работы передающей и приемной аппаратуры РЛС на одну антенну и ЛФТИ, выполнивший задание Управления связи КА по договору, заключенному в мае 1940 г.

В июле того же года Ю. Б. Кобзарев сообщил НИИИС КА¹, что поставленная перед ЛФТИ задача успешно решена. Созданная институтом схема одноантенной станции была проверена в полевых условиях и обнаруживала самолет, как и двухантенная станция «Редут», на расстоянии до 115 км.

Третий вариант станции дальнего обнаружения

Управление связи КА поручило одному из радиозаводов создать свой образец автомобильного варианта одноантенной станции дальнего обнаружения, используя для этого техническую документацию НИИ радиопромышленности.

Договор от 30 мая 1941 г. предусматривал, что станция должна обладать теми же тактико-техническими характеристиками, что и РУС-2с.

Спустя 40 лет вспоминаешь, какой политический подъем, трудовой энтузиазм и оперативность организации разработки и производства сопутствовали созданию одноантенной РЛС в автомобильном варианте в условиях начавшейся войны. Завод в короткий срок успешно выполнил это задание (директор завода А. А. Форштер, главный инженер Н. И. Аухтун, научный руководитель Г. А. Зейтленок, главный конструктор Г. С. Ханевский, начальник производства И. Н. Гуданис, главный технолог О. О. Герасимов, начальник конструкторского отдела С. В. Рудаков, ведущие инженеры Г. С. Рамм и В. П. Рыбкин). Большая заслуга в разработке этой станции принадлежала также военным инженерам НИИИС КА А. И. Шестакову, В. Н. Гинзбергу, В. И. Либину и Н. Н. Каратышу (военпреду ГУС КА на радиозаводе), которые с начала разработки станции помогали заводу своими знаниями и опытом.

В августе 1941 г. заводом были изготовлены первые опытные образцы одноантенной автомобильной станции и проведены их заводские испытания в боевой обстановке на одном из аэродромов под Ленинградом. ГУС КА приняло станции и направило их в систему ПВО Ленинградского фронта.

Результаты испытаний были положительными, и по заключению командующего ПВО г. Ленинграда в конце 1941 г. Государственный Комитет Обороны (ГКО) принял станцию на вооружение под названием РУС-2. С этого же года и до конца войны станция выпускалась серийно, с последующими технологическими улучшениями и введением в аппаратуру высотной приставки для определения высоты полета самолетов противника. В годы Отечественной войны эти станции успешно работали в системе ВНОС ПВО, в Военно-Морском Флоте по прикрытию его баз, в Военно-Воздушных Силах для защиты аэродромов и для наведения истребительной авиации на самолеты противника, а также для целеуказаний ЗА.

Созданием станций РУС-2 и РУС-2с закончился предвоенный период развития станций дальнего обнаружения для войск ПВО.

Продолжение исследований по дальнему радиообнаружению

Завершив исследования, расчеты и эксперименты, необходимые для создания станции РУС-2, ЛФТИ начал в 1939 г. две научно-исследовательские работы (НИР) под шифрами «Река» и «Рассвет».

По договору с НИИИС КА от 29 марта 1939 г. работа «Река» предусматривала усовершенствование радиодистанциометра (станции дальнего обнаружения) на УКВ со сроком предъявления экспериментальной установки к испытаниям 1 июля того же года. Объем работ был небольшим: требовалась модернизация приемника для повышения его чувствительности и улучшения видимости отраженных

сигналов на экране индикатора. Конечной целью этой работы ставилось достижение устойчивой дальности обнаружения до 80-100 км.

Когда ЛФТИ приступил к работе, тактико-технические возможности получения предельных дальностей обнаружения автомобильной станции «Редут», созданной совместными усилиями ЛФТИ и НИИИС КА в середине 1939 г., еще не были известны. НИР «Река» была успешно завершена, и ее результаты использовались при разработке НИИ радиопромышленности опытных образцов станции обнаружения РУС-2 (двухантенный вариант) и разборной одноантенной станции РУС-2с. НИР «Рассвет» (или «Радиокоординатор для определения местоположения самолета в воздухе») выполнялась по договору от 29 марта 1939 г. и предусматривала создание импульсной станции дальнего обнаружения в новом, более коротком диапазоне волн (100– 150 см), удовлетворявшей следующие тактико-технические требования: дальность обнаружения при высоте полета самолета 2-12 км (с учетом мертвой зоны) от 5 до 70 км; точность определения угловых координат 5° (при углах места больше 10°) и расстояний - до 1 км; обзор зоны круговой (360°); расстояние между передающей и приемной установками - не более 100 м.

Заказчик НИИИС КА и исполнитель ЛФТИ возлагали на эту работу большие надежды. Для нее НИИИС КА изготовил на волну 130 см 10 генераторных ламп ДГ-30 мощностью по 10 кВт. В декабре 1939 г. представители НИИИС КА приняли от ЛФТИ лабораторный макет радиокоординатора, в состав которого входили: импульсный генератор на волне 1,3 м, супергетеродинный приемник с настройкой в диапазоне 1,15 - 1,5 м, антенна типа «волновой канал».

Генератор на лампе ДГ-30 отдавал мощность в импульсе 14 кВт при анодном напряжении 9,2 кВ.

Испытания радиокоординатора непредвиденно показали неутешительные результаты и заставили НИИИС КА провести специальный анализ и расчеты по определению реально достижимых предельных дальностей радиообнаружения самолетов.

Эту работу выполнил инженер института связи А. И. Шестаков. Он вскрыл существование в научно-инженерных кругах разноречивых мнений по вопросу исходных предпосылок, определявших дальность действия станций радиообнаружения. На основе анализа этих мнений, критического рассмотрения известной в то время научно-технической литературы по этому вопросу и личных расчетов напряженности поля первичного излучения в точке нахождения самолета и напряженности поля рассеянного излучения в точке приема А. И. Шестаков показал, что установившиеся в литературе мнения и публикуемые результаты исследований находятся в резком противоречии с экспериментальными данными, полученными при испытаниях станции «Редут», и что на волне установки «Рассвет» можно добиться больших дальностей, подняв ее энергетический потенциал. На 1941 - 1942 гг. НИИИС КА запланировал ряд исследований: разработку станции обнаружения на УКВ с дальностью обнаружения до 300-350 км («Редут-Д»);

обнаружение самолетов на ближних расстояниях и малых высотах (до 50 км при высоте полета 50 - 2000 м);

разработку станции типа «Редут», работающей на ходу, с дальностью обнаружения 10-50 км и точностью определения азимута $\pm 20^\circ$;

разработку аппаратуры и методики определения высоты полета самолета станциями РУС-2 и РУС-2с;

создание станции для обеспечения стрельбы ЗА;

создание аппаратуры наведения для истребителей, в том числе бортовой самолетной станции обнаружения на волне 10–15 см с дальностью 1,5–2 км, и

бортового приемника сигналов, отраженных от самолета противника при облучении его с земли станциями РУС-2;

создание прибора опознавания принадлежности самолетов, работающих во взаимодействии с наземными станциями обнаружения РУС-2; разработку методов разведки технических характеристик станций противника и аппаратуры помех.

Проведение исследовательских работ по созданию станций обнаружения с дальностью до 300-350 км ввиду особой важности планировалось НИИИС КА и ЛФТИ и НИИ радиопромышленности.

Коллектив ЛФТИ вел работу на основе договора с НИИИС КА от 12 февраля 1941 г. Увеличения дальности обнаружения предполагалось достичь за счет существенного повышения средней излучаемой мощности при применении импульсов большой длительности и накопления энергии эхо-сигналов в резонансном контуре, настроенном на частоту повторения импульсов.

Дальность до цели должна была определяться по фазе колебаний в схеме, что дало основание назвать этот метод импульсно-фазовым. Повышение точности отсчета дальности до цели предполагалось осуществлять стробированием сигналов по дальности. Научно-исследовательская работа этого направления была первой разработкой, в которой предполагалось применить метод некогерентного накопления энергии эхо-сигналов и осуществить высокую точность дистанциометрирования при весьма длительных импульсах.

До начала Великой Отечественной войны институту удалось выполнить лишь небольшую часть запланированных исследований, в частности создать электрический резонансный фильтр-накопитель на частоте 50 Гц. После начала войны эта работа в ЛФТИ была прекращена. К выполнению аналогичного задания института связи НИИ радиопромышленности не приступал.

Глава третья

БОРТОВЫЕ СРЕДСТВА РАДИОЛОКАЦИИ

РЛС «Гнейс-2» для ИА ПВО

Военно-Воздушные Силы в предвоенный период не испытывали столь острой потребности в средствах радиообнаружения, как войска ПВО. Объяснялось это несколькими причинами, вытекавшими из условий и характера боевой деятельности авиации предвоенных лет.

Бомбардировочная авиация, действуя в дневное время, пользовалась визуальными наблюдениями наземных ориентиров и по ним находила объекты бомбометания. В условиях ночи, облачности, полной или ограниченной видимости земли бомбардировщики находили вражеские объекты (цели), применяя штурманские расчеты. Истребительная авиация действовала, как правило, днем и специальных средств обнаружения не применяла. В ночное время истребители должны были вести бой во взаимодействии с зенитными прожекторами или при лунном освещении. Неудивительно поэтому, что к идее использования радиолокационных средств на самолетах Военно-Воздушные Силы пришли несколько лет спустя после того, как эта идея уже воплощалась в реальную технику в интересах службы ВНОС и ЗА ПВО, хотя в системах радионавигации, в аэродромном оборудовании и в приборах слепой посадки радиотехнические средства начали применяться в ВВС уже с 1933 г. Поводом к созданию средств обеспечения ночного боя для авиации послужила озабоченность командования ВВС и его научно-испытательного института как органа, ведавшего вопросами развития авиационной техники, возникшая «связи с нараставшей военной угрозой со стороны немецкого фашизма».

Этот вопрос в НИИ ВВС неоднократно обсуждался в 1939–1940 гг. с участием руководящего летного и инженерного состава института. И однажды, наблюдая за боевой работой РЛС «Редут» под Ленинградом в период войны с белофиннами 1939 г., у начальника группы отделов спецслужб НИИ ВВС генерала С. А. Данилина, занимавшегося уже несколько лет вопросами создания бортовых и аэродромных приборов вождения и посадки самолетов, зародилась мысль об использовании радиолокационных принципов в бортовых приборах ночного боя. С. А. Данилин в середине 1940 г. обсудил ее с ведущими инженерами своих отделов. Участники обсуждения выдвигали разные идеи создания приборов ночного боя. Одни предлагали использовать инфракрасную технику, другие -эвукопеленгаторную аппаратуру с пьезо-кварцевым приемником, третьи (инженер Е. С. Штейн) - применение радиообнаружения. С. А. Данилин горячо поддержал последнее предложение, предусматривавшее создание аппаратуры, подобной РЛС «Редут». Именно эта наземная станция явилась прототипом бортовой самолетной техники радиообнаружения ВВС.

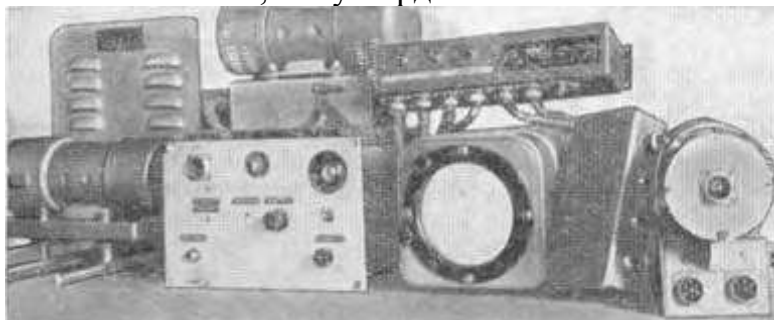
Поскольку станция «Редут» разрабатывалась в НИИ радиопромышленности, вскоре в нем обсуждалась практическая возможность создания самолетной станции. Участники совещания - от НИИ ВВС С. А. Данилин, Г. А. Угер (заместитель Данилина) и Е. С. Штейн и от НИИ директор В. Ф. Захаров, главный инженер М. Е. Азбель, начальники ведущих отделов А. Б. Слепушкин, А. А. Фин и др. - единодушно признали возможность создания самолетной РЛС. На том же совещании был рассмотрен вопрос о выборе диапазона волн для разработки. От правильности выбора диапазона во многом зависели успех и сроки создания станции. Мнения разделились. Одна часть инженеров во главе с А. Б. Слепушкиным предлагали использовать сантиметровые волны, поскольку они давали возможность создать аппаратуру с меньшими габаритами и массой и с

большей точностью обнаружения. Для будущей станции А. Б. Слепушкин предложил использовать разработанные в НИИ-9 клистроны, имевшие мощность в непрерывном режиме генерирования 18-20 Вт на волне 15-16 см. Другая часть инженеров во главе с А. А. Фином высказывались за метровый диапазон, как более освоенный промышленностью и потому суливший значительно меньшие трудности при разработке станции и При ее серийном производстве. Одержала верх первая точка зрения, и ведущим инженером разработки был назначен А. Б. Слепушкин.

Не менее сложным и не терпящим отлагательств был вопрос о размещении аппаратуры на самолете. По прикидочному расчету комплект станции с источниками питания и кабелями должен был составлять примерно около 500 кг. О размещении такой аппаратуры на одноместном истребителе тогда не могло быть и речи. Решение этого вопроса надо было искать совместно с инженерами-самолетостроителями и летчиками-истребителями. И выход был найден. Летчик-испытатель НИИ ВВС Герой Советского Союза С. П. Супрун предложил разместить станцию не на одноместном самолете, а на двухместном Пе-2. Это предложение оправдывалось, во-первых, тем, что громоздкую аппаратуру нельзя было разместить на истребителе того времени, во-вторых, невозможностью летчику-истребителю одновременно пилотировать самолет, заниматься обнаружением противника и вести по нему огонь.

После принятия решения о самолете НИИ ВВС сформулировал тактико-технические требования на разработку бортовой станции: дальность обнаружения самолета 4-5 км; зона обнаружения в горизонтальной плоскости 120°, в вертикальной - порядка 90°. В начале 1941 г. НИИ радиопромышленности разработал аванпроект и лабораторный макет станции под названием «Гнейс-1» на клистропах НИИ-9, работавших в импульсном режиме. Израсходовав имевшийся запас клистронов на эксперименты с макетом, А. Б. Слепушкин остался без генераторных ламп, а заказать новую партию в НИИ-9 оказалось невозможным. Началась Великая Отечественная война, НИИ-9 прекратил свое существование, а институт-разработчик был эвакуирован на восток и в сложных условиях должен был развертывать свою научно-производственную деятельность. Продолжать дальнейшие работы над станцией в сантиметровом диапазоне не представлялось возможности.

Тогда группа инженеров во главе с А. А. Фином, выдвигавшая ранее идею использования метрового диапазона волн, учитывая сложившуюся обстановку, поставила вопрос о переводе разработки станции в метровый диапазон. Поскольку это предложение уже не являлось дискуссионным, руководство института, с согласия НИИ ВВС, его утвердило.



Самолетная РЛС «Гнейс-2»

Разработку возглавил А. А. Фин, но через некоторое время, в связи с его назначением главным инженером института, практическое руководство перешло к инженеру В. В. Тихомирову, ранее участвовавшему в создании

РЛС РУС-2с. Новый вариант станции был назван «Гнейс-2». В его разработке приняли участие ведущие инженеры основных направлений радиолокационной

техники института К. В. Филатов, Р. С. Буданов, П. В. Подгорнов, А. Р. Вольперт, А. П. Крюков, В. А. Говядинов и др. А. Б. Слепушкин разработал к станции устройство индикации цели, по которому положение обнаруженной цели относительно курса самолета-перехватчика и расстояние до нее фиксировались на одной электроннолучевой трубке. Конструкция этого индикатора-визира была создана инженером Р. С. Будановым. От НИИ ВВС ведущим инженером был назначен военный инженер Е. С. Штейн.

Эвакуация институтов и заводов на восток создала большие трудности в разработке и производстве самолетных РЛС «Гнейс-2».

Для ускорения создания станции ее аппаратура изготовлялась по эскизным наброскам основных ее блоков и по общей принципиальной схеме. Без преувеличения можно утверждать, что за годы войны НИИ не выполнял более сложной и трудной разработки, потребовавшей огромных творческих усилий и стремления создателей к успешному завершению ее, чтобы содействовать Родине в борьбе с врагом.

В начале 1942 г. первый экспериментальный образец РЛС «Гнейс-2», работавший на волне 1,5 м с мощностью излучения до 10 кВт, был установлен на двухместный самолет Пе-2 для летных заводских испытаний. Эти испытания были организованы таким образом, чтобы в процессе их проведения определить не только работоспособность образца, но и, оценив возможности самолета-перехватчика, выработать методы его боевого применения. Подобная испытательная работа на войсковом аэродроме в отрыве от летно-испытательной базы НИИ ВВС и без отработанных методик испытаний значительно осложнила деятельность всех участников испытаний. Главная трудность в испытаниях легла на руководителя работ В. В. Тихомирова и инженера-испытателя НИИ ВВС Е. С. Штейна, которые выполняли роль инженеров-испытателей и операторов. Они же управляли поведением летчика, чтобы он с наиболее рациональными виражами самолета выводил его к обнаруженному самолету-мишени.

В полетах сразу же выявилось подавление отраженных сигналов в ближайшей (мертвой) зоне помехами собственного передатчика. Тут же на аэродроме производилась круглосуточная доработка станции. Проблема состояла в том, чтобы снижением помех передатчика уменьшить до предела мертвую зону, зависящую от длительности импульса передатчика. Совместными усилиями участников испытаний удалось уменьшить влияние импульса передатчика на прием слабых сигналов в ближней зоне.

В мае 1942 г. отдел авиационной промышленности ЦК ВКП(б) запрашивал НИИ ВВС о ходе заводских испытаний РЛС «Гнейс-2», предлагая всемерно их форсировать. С. А. Данилин предложил руководителю летных испытаний срочно представить отчет о состоянии работы по прибору «Гнейс-2».

Труд коллектива разработчиков и испытателей не пропал даром. Было найдено приемлемое схемное решение, которое значительно сократило мертвую зону, и очередное испытание в воздухе показало, что «Гнейс-2» может обнаруживать самолет и наблюдать за ним до сближения на расстояние 300 м.

Следует отметить важную роль при летных испытаниях, летчика-испытателя ВВС майора А. Н. Доброславского.

В результате упорного и напряженного труда станция «Гнейс-2» была доработана и предъявлена на полигонные испытания НИИ ВВС.

В июле 1942 г. станция успешно прошла государственные испытания, которые показали следующие результаты:

- дальность обнаружения самолета-бомбардировщика 3500 м;
- точность наведения по угловым координатам $\pm 5^\circ$.

Следует отметить глубокое понимание коллективом института и его партийными органами важности создания самолетной станции. Трудовой энтузиазм инженеров и рабочих позволил в те дни, не ожидая окончания полигонных испытаний, изготовить серию в 15 комплектов этих станций для оборудования ими самолетов Пе-2 и Пе-3. Первое боевое применение эти самолеты прошли в конце 1942 г. под Москвой, затем небольшая группа их была направлена под Сталинград для перехвата немецких самолетов, снабжавших окруженную армию Паулюса.

В феврале - мае 1943 г. РЛС «Гнейс-2» проходила боевые испытания под Ленинградом. Председателем комиссии по проведению этих испытаний был командир авиационного истребительного корпуса Ленинградской армии ПВО Герой Советского Союза генерал-майор авиации Е. Е. Ерлыкин. Его заместителями были Герой Советского Союза полковник Н. Д. Антонов и инженер-майор Е. С. Штейн. В испытаниях участвовали руководитель разработки В. В. Тихомиров, заместитель командира 24-го гвардейского истребительного полка Герой Советского Союза майор В. А. Мациевич и др. Результаты боевых испытаний в июне 1943 г. обсуждались в аппарате ЦК ВКП(б) под руководством заместителя заведующего отделом авиационной промышленности Н. С. Шиманова. В обсуждении вопроса участвовали: начальник НИИ ВВС генерал П. А. Лосюков, генерал С. А. Данилин, инженер-майор Е. С. Штейн, ответственный представитель наркомата электропромышленности Г. П. Казанский и др. На основе состоявшегося обсуждения, по предложению командования ВВС и войск ПВО РЛС «Гнейс-2» постановлением ГКО от 16 июня 1943 г. была принята на вооружение. Летом 1943 г. состоялось решение о создании первой авиационной дивизии ночных перехватчиков. Командиром дивизии был назначен опытный командир Б. В. Вицкий, его заместителем по радиолокации - инженер-майор Е. С. Штейн.

Авиационная дивизия ночных перехватчиков с РЛС «Гнейс-2» и средствами наземного обеспечения участвовала в боевых действиях по прикрытию в ночное время Брянского железнодорожного узла, под Минском, Ригой, Львовом, Ковелем, Брестом, Познанью и г. Бреслау, где и закончила свой боевой путь. За боевые заслуги в войне дивизии было присвоено наименование «Бреславльской».

Постановлением ГКО о принятии РЛС «Гнейс-2» на вооружение НИИ радиопромышленности был обязан изготовить большую партию станций, а чтобы создать условия для этого, было решено возвратить институт из эвакуации. Задел аппаратуры, подготовленный НИИ для станций «Гнейс-2», был срочно доставлен в НИИ ВВС, где бригада специалистов и рабочих института-разработчика и специалистов НИИ ВВС собирала под руководством В. В. Тихомирова станции, монтировала их на самолетах и испытывала в воздухе, доводя каждую РЛС до нужных требований. Большое внимание и помощь в подготовке летных экипажей для истребителей с РЛС «Гнейс-2» уделял начальник штаба ИА ПВО генерал С. А. Пестов (командовавший впоследствии ИА ПВО, а затем Военно-воздушной академией им. Ю. А. Гагарина). Программу подготовки летных экипажей он утверждал только после того, как сам неоднократно летал на перехватчиках.

К концу 1944 г. институт выпустил более 230 РЛС «Гнейс-2».

За разработку этой станции инженеры-разработчики В. В. Тихомиров, А. С. Буданов, А. Р. Вольперт в 1944 г. были удостоены Государственной премии СССР. Представляет интерес отзыв по этой работе академика Б. А. Введенского, сотрудничавшего с НИИ после кончины М. А. Бонч-Бруевича (март 1940 г.). В январе 1944 г. он так выразил свою оценку по разработанной РЛС «Гнейс-2»:

«Проведенная при создании этого прибора исследовательская работа заслуживает весьма высокой оценки. Действительно, создание и конструирование радиолокаторов, могущих быть установленными на самолете, является наиболее трудным среди задач

конструирования радиолокационной аппаратуры. Это определяется не только необходимостью уложить аппаратуру в минимальные вес и габариты, что само по себе достаточно трудно, но, пожалуй, в еще большей степени необходимостью создания антенн, эффективных несмотря на искажающее действие лоскостей, фюзеляжа, пропеллера и т.п. и в то же время не вносящих аэродинамических осложнений. Кроме того, в данном приборе обращает на себя внимание оригинальная конструкция кругового отметчика, позволяющего с помощью единственной осциллографической трубки с предельной наглядностью определять все интересующие оператора данные: дальность до цели и ее положение относительно самолета (вправо-влево, вверх-вниз).

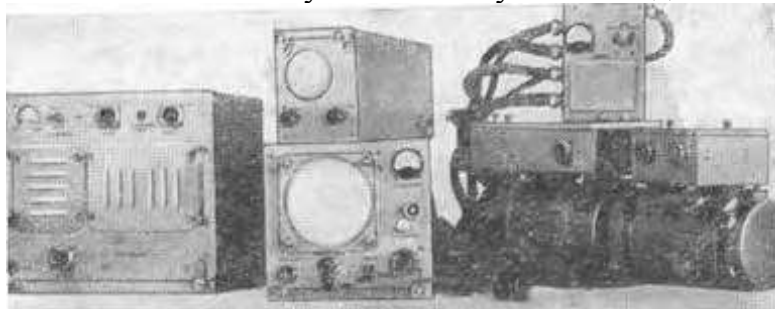
Эта задача, равно как и задача конструирования приемника и передатчика, разрешена блестяще. Нельзя не отметить также простоты монтажа данного прибора на самолетах, при конструировании которых возможность применения подобного прибора, естественно, вовсе не учитывалась».

Почти параллельно с созданием РЛС «Гнейс-2» в одном из конструкторских бюро промышленности проводилась другая разработка станции аналогичного тактического назначения под названием ПНБ - прибор ночного боя. Руководили разработкой инженеры В. В. Мигулин и П. Н. Куксенко. К концу 1942 г. конструкторское бюро создало опытный образец станции, и на летных испытаниях в начале 1943 г. она показала максимальную дальность обнаружения самолета 3-5 км и минимальную (мертвую зону) - 150-250 м. Станция была смонтирована на самолете Пе-2.

По основным тактико-техническим характеристикам станция ПНБ была аналогична станции «Гнейс-2», а по некоторым показателям (по величине мертвой зоны) даже превосходила последнюю. Однако ее освоение в производстве из-за меньшей технологичности и недостатка ряда комплектующих изделий было в то время затруднительно. Кроме того, станция «Гнейс-2» уже начала выпускаться серийно. Поэтому командование ВВС решило не передавать станцию ПНБ на производство, а все лучшие узлы ее рекомендовать использовать при усовершенствовании станции «Гнейс-2». За разработку этой станции ее создатели В. В. Мигулин и П. Н. Куксенко в 1946 г. были удостоены Государственной премии СССР.

Самолетная РЛС «Гнейс-5»

Закончив создание станции «Гнейс-2» и организацию ее серийного выпуска на своих производственных площадях, НИИ радиопромышленности принял задание НИИ ВВС на разработку новой, более совершенной самолетной станции под названием «Гнейс-5». Станция должна была устанавливаться на двухместном истребителе и обеспечивать обнаружение самолетов противника и наведение на них своего самолета в условиях отсутствия видимости.



Самолетная РЛС «Гнейс-5»

Основные тактико-технические требования на разработку предусматривали:

- обзор пространства: 60° вправо-влево и 40° вверх-вниз;
- дальность действия до 8 км;

- вывод истребителя в хвост противника с точностью 4° до расстояния 200 м, после чего цель обнаруживается уже невооруженным глазом;
- аппаратура РЛС должна размещаться в кабине самолета, передающая антенна типа «волновой канал» – в носовой части самолета, азимутальные антенны того же типа – в кромке крыла и зенитные (штыревого типа) - сверху и снизу крыла;
- длина волны - 1,43 м.

Помимо наведения на самолет противника станция должна была обеспечивать привод своего истребителя к специальному приводному маяку с расстояния до 90 км. При разработке этой станции НИИ провел новые исследования и проверку аппаратуры на лабораторных стендах. Эти исследования предусматривали применение более совершенных, освоенных к тому времени промышленностью генераторных ламп, максимальное упрощение схемы модулятора, повышение надежности всего блока передатчика, улучшение конструкции приемника и повышение общей надежности РЛС. Для станции был разработан новый прибор – индикатор пилота, позволявший летчику на его экране самостоятельно наблюдать с дистанции 1,5 км движение цели и по своему усмотрению выводить самолет-истребитель в атаку.

В окончательно отработанном состоянии РЛС «Гнейс-5» имела следующие технические параметры: рабочая волна 1,43 м; мощность излучения 30 кВт; общая масса аппаратуры с монтажными проводами 95 кг; приемник - супергетеродин с общим усилением 200 – 250 тыс. Передающая антенна состояла из двух вибраторов и рефлектора; приемная - из двух азимутальных и двух зенитных антенн для пеленгации целей.

Станция «Гнейс-5» прошла государственные испытания в ГК. НИИ ВВС (инженер-испытатель В. С. Сахаров) и показала:

- дальность обнаружения при высоте полета цели 8000 м - 7 км; -угол обзора в горизонтальной плоскости 140° , в вертикальной - 160° ;
- мертвая зона 150-200 м;
- точность выхода в атаку по РЛС: в горизонтальной плоскости $\pm 2-4^\circ$, в вертикальной плоскости $\pm 3-5^\circ$.

Новым в РЛС «Гнейс-5» было и то, что начиная с дальности 1,5 км данные воздушной обстановки дублировались на специальном индикаторе, установленном в кабине летчика, это позволяло ему самостоятельно выводить самолет в атаку.

По отзыву НИИ ВВС «Гнейс-5» по своим тактико-техническим параметрам не уступала английской станции аналогичного назначения, а по дальности действия и радиусу мертвой зоны даже превосходила ее.

Во второй половине 1945 г. РЛС «Гнейс-5» была принята на вооружение и поставлена на серийное производство.

Разработку станции выполнил коллектив НИИ радиопромышленности с участием ведущих инженеров Г. А. Зонненштраля (руководитель), П. В. Подгорнова, Э. М. Манукяна, В. А. Говядинова, Н. Н. Лихвинцева и др.

С принятием на вооружение и серийным выпуском РЛС «Гнейс-5» по инициативе и предложению генерала Е. Я. Савицкого (ныне маршал авиации) на бортовой РЛС «Гнейс-5» была организована массовая подготовка летного состава по так называемой «технике оперирования». Для этого на военно-транспортном самолете устанавливалась аппаратура «Гнейс-5», на которой в летных условиях могла тренироваться одновременно группа обучаемых летчиков. Самолет-носитель РЛС «Гнейс-5» был летающим радиолокационным классом, в организации которого и в инструктаже обучаемых принимал участие инженер-подполковник Е. С. Штейн.

Средства радиообнаружения для Военно-Морского Флота

Главкомандующий ВМФ Адмирал Флота Советского Союза С. Г. Горшков в своем труде «Морская мощь государства» писал о строительстве флота в период 1929-1941 гг.: «В период предвоенных пятилеток была создана материальная база, позволившая поставить вопрос о строительстве большого морского и океанского флота, отвечающего интересам Советской державы»³⁹. В результате развития подводного флота, появления авиации, ставшей грозной силой в борьбе с подводным и надводным флотами противника, сложились новые условия борьбы на море. Для флота борьба с бомбардировочной и торпедоносной авиацией имела не менее важное значение, чем борьба с кораблями противника или противовоздушная защита войск на суше. Противовоздушная оборона флота и его мест базирования требовала корабельных и береговых средств борьбы, аналогичных по тактическому и техническому устройству средствам ПВО сухопутной армии: аппаратуры радиообнаружения, зенитной артиллерии, истребительной авиации и всего комплекса приборов, необходимых для стрельбы.

Научно-исследовательский морской институт связи (НИМИС РКК ВМФ)⁴⁰ установил контакт с ЦРЛ, ЛЭФИ, ЛФТИ, разрабатывавшими аппаратуру радиообнаружения, а затем с НИИИС КА. Перед Великой Отечественной войной НИМИСТ были известны все работы, проводившиеся в области радиообнаружения.

По заказу НИМИСТ в 1936 г. НИИ-9 изготовил экспериментальную установку «Стрела» для обнаружения кораблей, представлявшую собой копию артиллерийского радиоискателя «Буря», с параболическими антеннами меньшего диаметра (1,5 м вместо 2 м), разнесенными на 1,5–2 м (излучающая от приемной), и расширенной полосой пропускания приемника в сторону низких частот с учетом разности скорости корабля и самолета [10]. Испытания радиоискателя проводились представителями НИМИСТ И. В. Бреневым и НИИ-9 В. А. Тропилло в августе 1936 г. на острове Кроншлот вблизи Кронштадта и показали, что корабли обнаруживались на расстоянии 3–5 км, а торпедный катер при благоприятных метеоусловиях - на расстоянии до 500 м и не более 300 м при встречном ветре и волне 0,5 м.

При волнении на море в приемнике радиоискателя возникали сильные сигналы от помех, затруднявшие наблюдения. Кратковременные помехи возникали и при пролете вблизи радиоискателя стай птиц, попадавших в сферу его облучения и приема отраженных сигналов. НИМИСТ учел эти малоудовлетворительные результаты и поэтому до весны 1940 г. не выдавал заданий промышленности на разработку средств радиообнаружения, ограничившись наблюдением за работами по этой тематике в ЦВИРЛ, НИИ-9 и ЛФТИ и проведением ряда исследований в своей УКВ лаборатории, имевших целью подготовку к разработке средств радиообнаружения для ВМФ. Это было существенной ошибкой руководства НИМИСТ.

Анализируя состояние освоенности радиодиапазонов, методы радиообнаружения, принятые в ЦРЛ, ЛЭФИ и ЛФТИ, и энергетические потенциалы в их разработках, в НИМИСТ полагали, что достигнутые в станциях радиообнаружения мощности генерирования явно недостаточны для обеспечения удовлетворительных результатов обнаружения кораблей. Считалось также, что применение метрового диапазона неприемлемо из-за невозможности размещения больших антенных устройств на корабле или из-за вероятности значительного понижения точности определения угловых координат при использовании антенн

³⁹ Горшков С. Г. Морская мощь государства М, Воениздат, 1976, с 222-227

⁴⁰ С 1938 г. - Научно-исследовательский морской институт связи и телемеханики.

меньших размеров. Этими соображениями и определялась направленность первоначальных исследований НИМИСТ в области радиообнаружения -выбор дециметрового диапазона, исследования и разработки мощных магнетронов, необходимых для корабельных станций. Промышленность тех лет не изготавливала нужных электронных ламп, поэтому их пришлось разрабатывать и выпускать в лабораторных условиях всем институтам и организациям, которые начали развивать радиолокацию. Так вынуждены были поступить ЦРЛ, ЦВИРЛ, ЛЭФИ, НИИ-9, КБ УПВО, УФТИ и НИИИС КА. Так поступил и НИМИСТ.

К концу деятельности лаборатории УКВ НИМИСТ (1938 г.) ее руководителю И. В. Бреневу и его сотрудникам удалось создать магнетроны на волны 10–100 см в режиме непрерывного генерирования с улучшенными энергетическими характеристиками. Мощность таких магнетронов находилась в прямой пропорциональности от длины генерируемой волны. По предварительным выводам исследователей это означало, что магнетрон на волне 20 см мог давать мощность на выходе 20 Вт. Разработанные магнетроны с вольфрамовыми катодами допускали работу и в импульсном режиме при скважности 1000, обеспечивая 1 кВт мощности на волне 1 см.

Неоправданная ликвидация лаборатории не позволила ее научным сотрудникам довести до логичного завершения работы по магнетронам.

В числе исследований НИМИСТ тех лет заметное место занимали труды военного инженера И. В. Бренева, результаты которых регулярно освещались в литературе: расчет и построение статистических характеристик двуханодного магнетрона⁴¹, исследование магнетронного генератора на основе статистических характеристик⁴², применение УКВ для обнаружения самолетов⁴³, радиотехнические методы определения расстояний (радиодистанциометрирование)⁴⁴.

В итоге анализа различных методов обнаружения кораблей (гидроакустических и тепловых) и самолетов И. В. Бренев высказал соображения, что принцип Доплера наиболее применим для обнаружения быстро движущихся объектов, в первую очередь самолетов, и что радиодистанциометрирование может быть использовано в интересах флота и авиации в целях обнаружения самолетов и определения курса, скорости и высоты и обеспечения безопасности кораблевождения и полетов. Последняя область применения средств радиообнаружения предусматривала по перечню И. В. Бренева обеспечение гидрографии, геодезии, радионавигации, предупреждение столкновений кораблей с айсбергами, обеспечение совместного плавания, самолетовождения, слепой посадки на аэродромах, радио альтиметрии и определения толщины льдов. Широкие возможности применения средств радиообнаружения были перечислены в исследованиях И. В. Бренева и только одна важнейшая область была забыта, это радиообнаружение кораблей противника для обеспечения их последующего поражения огнем корабельной артиллерии в условиях невидимости. Это серьезное упущение можно объяснить тем, что мысль о дублировании корабельных оптических приборов (дальномеров и визиров) радиотехническими не возникала в те годы ни у командования, ни у специалистов ВМФ, занимавшихся вооружением флота новой боевой техникой. Иначе такие работы были бы в планах заказов на ОКР и НИР НИМИСТ, поскольку его начальник А. И. Берг был одновременно и заместителем начальника вооружения ВМФ. А между тем при оснащении кораблей техникой радиообнаружения и пеленгации ограничительный принцип морского боя «Не вижу - не стреляю!»

⁴¹ Журнал технической физики, 1936, т. 6, вып. 2, с. 302.

⁴² Там же, с. 677

⁴³ Морской сборник, 1939 г., №11.

⁴⁴ Морской сборник, 1939 г., №19, 20.

автоматически заменился бы принципом «Не вижу (визуально) – но стреляю!». Это имело бы особую важность для Северного флота, действовавшего в полярных широтах в условиях продолжительной арктической ночи. В годы второй мировой и Отечественной войн такой принцип, благодаря радиолокации, получил убедительное подтверждение. Морской сборник, 1939 г., № 19, 20. Следует отметить, что на кафедре радиотехники Военно-морской академии с 1936 г. проводились теоретические и экспериментальные работы по радиотехническим методам опознавания и с 1938 г. – работы по исследованию возможности обнаружения самолетов (но не кораблей. -М. Л.) с помощью УКВ. На кафедре работали А. И. Берг, А. Н. Щукин, С. Н. Архипов и А. Л. Генкин. Последний в июне 1941 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Обнаружение самолетов с помощью УКВ». Это была первая диссертация военного инженера в области радиообнаружения.

Проверка системы РУС-1 и станций «Редут» и «Редут-К» на море

По заданию командования ВМФ в сентябре - ноябре 1939 г. на Черном море под Севастополем проходили испытания системы радиообнаружения РУС-1 и РЛС «Редут» в целях определения возможности их применения в интересах ПВО военно-морских баз и флота. В испытаниях участвовали: военные инженеры от НИИИС КА А. И. Шестаков, П. С. Моторин, от ВМФ А. Л. Генкин и Л. Б. Мескин и от ЛФТИ Ю. Б. Кобзарев. Станции системы РУС-1 устанавливались на берегу и на бортах тральщика и баржи. Опыты показали целесообразность применения этой системы для ПВО ВМФ. Станция «Редут» устанавливалась на берегу на различных высотах над уровнем моря и в различном удалении от кромки воды, чтобы выяснить наиболее выгодные условия обнаружения кораблей и самолетов. Оказалось, что при расположении станции на берегу непосредственно у кромки воды и при высоте антенны 10 м над уровнем моря надводные корабли не обнаруживались совсем, а бомбардировщик МБР-2, летевший на высоте 6000 м, обнаруживался на расстоянии до 10 км. При расположении станции у обрыва, на высоте 160 м над уровнем моря, миноносцы и тральщики обнаруживались на дистанциях 20–25 км. В этих же условиях самолет на бреющем полете обнаруживался на расстоянии до 35 км и на высоте 800 м - до 150 км.

При расположении станции на высоте 160 м над уровнем моря, но за 80 м от обрыва дальность обнаружения низколетящих самолетов резко снижалась, а при полете ниже 200 м они не обнаруживались вовсе.

Был сделан вывод, что станция «Редут» является надежным средством ПВО военно-морских баз флота, но для обнаружения кораблей с берега она не подходит, так как отражения электромагнитной энергии от гор (задними лепестками диаграммы направленности) засвечивали экран индикатора.

Военно-морское командование, учитывая начавшуюся на западе вторую мировую войну и угрозу вовлечения в нее Советского Союза, приняло решение форсировать оснащение флота радиолокационной техникой. Чтобы не терять времени на поиски схемных и конструктивных решений корабельной станции, было решено использовать опыт НИИ радиопромышленности и положить в основу ее создания разрабатываемый институтом образец наземной станции «Пегматит» с основными тактико-техническими характеристиками РЛС «Редут», показавшей положительные результаты ее проверки под Севастополем.

В апреле 1940 г. НИМИСТ выдал задание НИИ радиопромышленности на разработку корабельного варианта РЛС типа РУС-2 в одноантенной виде. Разработчики использовали для этой цели схему и аппаратуру РЛС «Пегматит», разрабатываемую в это же время по заданию Управления связи КА, с некоторой конструктивной спецификой из-за размещения станции на корабле, в условиях

качки, повышенной влажности и необходимости прокладки антенного фидера вдоль металлической корабельной мачты. В короткий срок НИИ разработал специальный фидер, в котором вместо двухпроводной была применена симметричная линия из двух коаксиальных жестких кабелей, надежно функционировавших в таких условиях.

Перед началом войны станция «Редут-К» инженерами института В. В. Самариным, Б. П. Лебедевым, В. А. Сивцовым и офицером флота М. И. Соколовым была установлена на крейсере «Молотов» Черноморского флота. В мае 1941 г. крейсер участвовал в учениях флота, в ходе которых РЛС надежно обнаруживала самолеты, и корабли. С началом Отечественной войны станция «Редут-К» несла в районе Севастополя службу воздушной разведки противника. Ее донесения были столь достоверны, надежны и своевременны, что уже с третьей ночи после начала боевых действий между крейсером, штабом флота и КП ПВО Севастополя была установлена прямая телефонная связь для оперативной передачи результатов радиолокационного наблюдения. На станции работали радиометристы крейсера под руководством инженеров НИИ Б. П. Лебедева и В. А. Сивцова, зачисленных в экипаж корабля.

До конца октября 1941 г. боевая служба РЛС «Редут-К» на крейсере проходила в районе Севастополя, а затем в районах Туапсе и Поти. Во время одной из боевых операций под Феодосией в августе 1942 г. крейсер получил повреждение кормовой части корпуса. По счастливой случайности аппаратура станции осталась неповрежденной (был оборван лишь антенный фидер), и после возвращения крейсера в Поти до конца 1943 г. станция «Редут-К» несла боевую службу, но уже в качестве берегового поста наблюдения. В создании станции «Редут-К» участвовали: В. В. Самарин, Б. П. Лебедев, Л. В. Леонов, Д. С. Михалевич, В. А. Сивцов, А. Б. Слепушкин и др.

Корабельные станции серии «Гюйс»

Эвакуация НИМИСТ в восточные районы страны лишила его возможности продолжать руководство развитием военно-морской радиолокации и заказами на ее средства в промышленности. Поэтому Народный комиссар ВМФ Н. Г. Кузнецов создал в феврале 1943 г. в аппарате Управления связи ВМФ радиолокационную группу в составе трех офицеров энтузиастов новой техники - А. Л. Генкила, В. В. Отрашкевича и В. А. Кравцова. К вооружению флота радиолокационной техникой, как будет видно из дальнейшего, было привлечено внимание командующих флотами.

Боевой опыт первой корабельной РЛС «Редут-К» в тяжелые месяцы начального периода войны показал огромные возможности радиолокационной техники, ее роль и значение. Надо было быстрее развивать и внедрять ее в службу флота, создавать такие РЛС, которые соответствовали бы боевым возможностям кораблей различных классов и их оперативно-тактическим задачам.

По заданию ВМФ НИИ радиопромышленности расширил конструкторские разработки станций и на базе опыта создания РЛС «Редут-К» создал к началу 1944 г. станцию обнаружения под названием «Гюйс»⁴⁵. Она предназначалась для обнаружения надводных и воздушных целей. Руководил разработкой инженер института К. В. Голев. «Гюйс» не представляла собой модернизированную станцию «Редут-К», а являлась принципиально новой аппаратурой, работавшей на волне 1,5 м. Сжатые сроки вынудили НИИ разработать аппаратуру с упрощенной конструкторской и технологической проработкой. По существу, это был экспериментальный макет с тактико-техническими характеристиками, удовлетворявшими заданию ВМФ.

⁴⁵ ЦВМА, ф. 926, оп 001355, д 13, л. 28.

В марте 1944 г. станция «Гюйс» под руководством офицера флота С. П. Чернакова и руководителя разработки К. В. Голева была установлена на эсминце «Громкий» Северного флота и в течение апреля - июня 1944 г. проходила флотские испытания в боевой обстановке на Баренцевом море. В испытании станции участвовали также инженеры Б. П. Лебедев и В. А. Сивцов, имевшие опыт работы на РЛС «Редут-К». Испытания и эксплуатация РЛС «Гюйс» подтвердили установленные для нее тактико-технические требования, и она послужила прототипом для разработки последующей корабельной станции «Гюйс-1».

Уже в октябре - декабре 1944 г. созданная в короткий срок РЛС «Гюйс-1» проходила боевую проверку на Северном флоте под руководством С. П. Чернакова и К. В. Голева. Испытания показали: дальность обнаружения линкора - 80 каб⁴⁶, крейсера - 70 каб, эсминца - 50 каб, тральщика - 40 каб, ошибки определения азимута - 1,5-2°, дальности - 0,5-0,7 каб.

Технические параметры станции «Гюйс-1» те же, что и РЛС «Гюйс»: волна - 1,4-1,5 м, мощность излучения - 60-80 кВт, частота вращения антенны - 3-5,5 об/мин. После испытаний станция до конца войны продолжала нести корабельную службу надводного и воздушного наблюдения на Северном флоте.

На опыте разработки корабельных РЛС «Редут-К», «Гюйс» и «Гюйс-1» НИИ радиопромышленности по заданию ВМФ разработал новую, более совершенную в техническом и эксплуатационном отношении корабельную станцию «Гюйс-1М»⁴⁷. Назначение этой станции - обнаружение кораблей, самолетов, берега и определение дистанции и курсового угла для малых кораблей типа МО, БО, СКР, ТЩ и эсминцев. Технические параметры станции: длина волны - 1,43 м; мощность излучения - 80 кВт; масса аппаратуры - 174 кг; генератор собран по двухтактной схеме на лампах НТ-90-Д; приемник - супергетеродин чувствительностью 4 мкВ; антенно-фидерная система: две антенны типа «волновой канал», угол раствора диаграммы направленности в горизонтальной плоскости - 22°.

Излучение и прием могли производиться как на обе антенны, работавшие синфазно, так и на одну.

Индикаторное устройство - осциллографический отметчик на трубке ЛО-709.

В процессе разработки станции в индикатор были введены «строб-сигнал» и система строгой линейной развертки электронного луча. Эти нововведения значительно повысили точность отсчета дистанции до цели и эффективность стрельбы.

Применение схемы «электрической лупы» позволило увеличить разрешающую способность по дистанции и на больших дальностях обнаружения более детально

рассматривать и определять количество и характер надводных целей.

Государственные испытания РЛС «Гюйс-1М» проводились в ноябре - декабре 1944 г. на эскадренном миноносце «Строгий» Балтийского флота под председательством командира дивизиона эсминцев М. Г. Иванова с участием командира корабля В. Н. Новак, С. П. Чернакова и руководителя разработки К. В. Голева и др.⁴⁸ Комиссия отметила соответствие тактико-технических характеристик РЛС заданным требованиям, ее надежную работу, приемлемые габариты для размещения и рекомендовала станцию на вооружение для надводных кораблей от катера типа МО и выше.

⁴⁶ 1 каб = 0,1 морской мили = 185,2 м

⁴⁷ ЦВМА, ф 926, оп. 7, д. 55, л. 517

⁴⁸ ЦВМА, ф. 926, оп. 005935, д. 20, л. 58

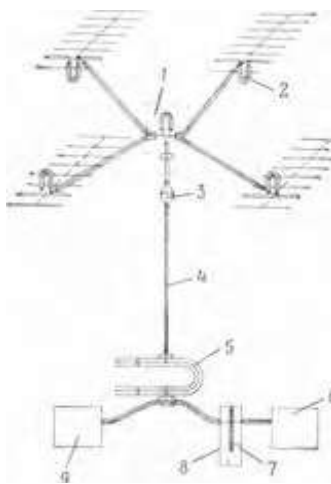
По заключению командующего Балтийским флотом адмирала В. Ф. Трибуц Народный комиссар ВМФ Н. Г. Кузнецов приказом от 27 января 1945 г. принял РЛС «Гюйс-1М» на вооружение.

В разработке станции участвовали: К. В. Голев (руководитель), В. В. Самарин, Б. П. Лебедев, П. В. Подгорнов, Н. Г. Мельников, А. И. Узков, Н. В. Сорокин и др.

Разрабатывая РЛС «Гюйс-1М», НИИ проводил работы по ее усовершенствованию и дальнейшему улучшению тактико-технических характеристик и различных узлов. Тем же коллективом института были созданы новая антенная система с редуктором вращения и постом дистанционного управления (вращения), антенный коммутатор для работ по методу равносигнальной зоны, новый механизм определения дистанции и дублер осциллографического индикатора для выносного поста наблюдения и т.п. В результате этих работ в конце 1944 г. была создана модернизированная станция «Гюйс-1Б», обладавшая возможностью поиска и пеленгования целей из рубки радиооператора станции. Станция позволяла командиру корабля вести наблюдение и оценивать обстановку на море и в воздухе из рубки и давать целеуказания оператору о слежении за избранной целью.

Вся система управления станции и ее конструктивная компоновка позволяли обслуживать РЛС одному оператору.

Испытания РЛС «Гюйс-1 Б» проходили в октябре – ноябре 1945 г. на эсминце «Огневой» Черноморского флота и показали, что станция обеспечивает поиск, определение дистанции и своего курсового угла по надводным и воздушным целям со следующими параметрами: дальность обнаружения самолетов при высоте полета 1500 м и выше - до 250 каб (-46 км); дальность обнаружения надводных целей в зависимости от типа корабля в пределах 25–95 каб (3,6-16,5 км); ошибка в определении дистанции - 0,6 каб, а по курсовому углу - 3,5°.



Антенно-фидерная система РЛС «Гюйс-1Б»:

1 - антенный коммутатор; 2 - U-колени; 3-токосъемник; 4-линейный фидер; 5 - фидерный трансформатор; 6 - приемник; 7 - разрядник; 8 - фидерный фильтр; 9 - генератор УКВ

По своим тактико-техническим параметрам РЛС «Гюйс-1Б» превосходила английскую станцию аналогичного назначения.

Заключение Государственной комиссии:

1. РЛС типа «Гюйс-1Б» соответствует тактико-техническим заданиям ВМФ.
2. РЛС типа «Гюйс-1Б» принять на вооружение ВМФ СССР.
3. Рекомендовать РЛС типа «Гюйс-1 Б» для серийного производства с учетом замечаний комиссии.

4. Опытный образец РЛС «Гюйс-1Б» передать личному составу эскадренного миноносца «Огневой» в эксплуатацию.

5. Установить гарантийный период до 1 мая 1946 г.

Председатель Государственной комиссии вице-адмирал Горшков С.Г.

Заместитель председателя - капитан 3 ранга Рябченко.

Члены комиссии: инженер-подполковник А. А. Никитин, инженер НИИ радиопромышленности Б. П. Лебедев и др.

Заключение командующего Черноморским флотом: «С выводами и заключением Государственной комиссии по РЛС типа «Гюйс-1Б» согласен.

Командующий Черноморским флотом адмирал Октябрьский Ф. С.

20 ноября 1945 г.»

В 1945 г. приказом Народного комиссара ВМФ станция была принята на вооружение и поставлена на серийное производство.

Следует отметить, что, выполняя разработки корабельных станций, НИИ радиопромышленности провел ряд важных исследований и экспериментов, позволивших улучшить их тактико-технические и эксплуатационные характеристики.

Корабельная РЛС «Марс-1»

Закончив разработки корабельных станций обнаружения надводных и воздушных целей, принятых на вооружение ВМФ (серия РЛС типа «Гюйс»), радиопромышленность по заданию командования ВМФ приступила к созданию корабельных и береговых РЛС для управления стрельбой артиллерии главного калибра и зенитной артиллерии. Одной из первых станций данного тактического назначения была станция «Марс-1», выполненная по тактико-техническим требованиям ВМФ от 9 апреля 1945 г.

Станция разрабатывалась коллективом предприятия, где директором был В. Д. Калмыков. Руководил разработкой А. С. Гринштейн при активном участии Ф. В. Лукина, А. А. Шишова, А. К. Балояна и С. И. Ноздрина.

Станция дециметрового диапазона волн с мощностью излучения в импульсе около 60 кВт должна была обнаруживать и пеленговать эсминцы на расстояниях >не менее 85 каб с срединными ошибками: по дальности - 0,25 каб, по курсовому углу - 4°. В июле - августе 1945 г. опытный образец станции проходил на крейсере «Молотов» государственные испытания под руководством командующего эскадрой Черноморского флота вице-адмирала С. Г. Горшкова.

В испытаниях принимали участие руководитель разработки А. С. Гринштейн и офицеры флота А. А. Никитин, В. А. Пархоменко (командир корабля), И. Л. Кренгауз и А. П. Вержиковский.

Государственные испытания подтвердили заданные требования заказчика, и Нарком ВМФ, утвердив акт государственной комиссии, своим приказом принял на вооружение кораблей класса «крейсер» РЛС под названием «Редан-1»⁴⁹

За создание станции директор предприятия В. Д. Калмыков и ведущие инженеры разработки А. С. Гринштейн, Ф. В. Лукин, А. А. Шишов, А. К. Балоян и С. И. Ноздрин были удостоены Государственной премии СССР.

Одновременно с разработкой станции «Марс-1» тем же коллективом была разработана аналогичная станция «Марс-2» для эскадренных миноносцев. Ее тактико-технические характеристики были идентичны характеристикам РЛС «Марс-1». Размещалась аппаратура в командно-дальномерном пункте (КДП) эсминца, а антенное устройство – на крыше КДП и соединялось с оптическим визиром КДП. Индикатор курсового угла цели устанавливался рядом с окуляром визира.

⁴⁹ ЦВМА, ф. 926, оп. 005936, д. 28, л. 157, 159.

Опытный образец РЛС «Марс-2» был установлен на эсминце Черноморского флота «Огневой» и одновременно с РЛС «Марс-1» проходил государственные испытания под руководством вице-адмирала С. Г. Горшкова.

По результатам государственных испытаний приказом Наркома ВМФ станция «Марс-2» была принята на вооружение под названием «Редан-2».

Самолетные РЛС «Гнейс-2М» и «Гнейс-5М» для ВВС Военно-Морского Флота

Важнейшая роль и активная боевая деятельность Северного и Черноморского флотов в ходе войны требовали от военно-морской авиации действенной помощи и содействия. Эти требования поставили в повестку дня оснащение самолетов ВМФ бортовыми средствами радиообнаружения для борьбы с надводными кораблями противника **Торпедо-** и бомбометанием и отражения его авиации. В полярных районах Севера эта техника имела особо важное значение.

По заданию Отдела спецприборов (ОСП) Наркомата ВМФ НИИ радиопромышленности создал в 1943 г. на основе модернизации самолетной станции «Гнейс-2» станцию «Гнейс-2М». В ее разработке участвовали В. В. Тихомиров и А. А. Фин (руководители), Р. С. Буданов, А. Р. Вольперт, А. А. Гапеев, А. П. Земнорей, П. В. Подгорнов, В. А. Говядинов, А. П. Крюков, В. Н. Лихвинцев, Г. А. Зонненштраль, Э. М. Манукян, А. И. Узков и др. Станция «Гнейс-2М» обладала теми же тактико-техническими параметрами и характеристиками, что и станция «Гнейс-2», но с новой антенной, позволявшей вести поиск и обнаружение как воздушных, так и надводных кораблей. Станция была универсальной.

В испытаниях станции, проходивших осенью 1943 г. на Каспии, участвовали: от НИИ ВВС ВМФ - полковник Никольский (начальник института), от Отдела спецприборов - В. А. Кравцов и один инженер от НИИ радиопромышленности.

Результаты испытаний были успешными, и приказом Наркома ВМФ станция была принята на вооружение и поставлена на серийное производство.

Первое боевое применение станция получила на Балтике в минно-торпедном полку (командир полка И. И. Борзов, впоследствии маршал авиации). В 1943 - 1944 гг. станция обеспечила обнаружение в ночное время в Рижском заливе трех немецких транспортов, которые были потоплены авиацией полка. РЛС была приспособлена и для самолета Ил-4 (ДБЗ-Ф).

По заказу ОСП Наркома ВМФ в 1944 г. НИИ радиопромышленности создал второй образец самолетной модернизированной станции «Гнейс-5М», работавшей на волне 1,43 м, для установки ее также на самолетах-разведчиках и торпедоносцах. При создании этой станции институт разработал новый тип антенных устройств, характерной особенностью которых являлась комбинация обзорных и пеленгационных систем с использованием принципа равных осей главных зон диаграмм направленности. Назначение обзорных антенн - просмотр морской поверхности впереди по курсу полета самолета и боковой обзор справа и слева в направлениях, перпендикулярных курсу полета в пределах 40°.

В состав обзорной антенны входили излучающая шестивибраторная антенна и две приемные, устанавливаемые на фюзеляж самолета

Назначение пеленгационных антенн - поиск целей. В их состав входили: одна излучающая антенна типа «волновой канал» — из трех вибраторов (рефлектор, активный вибратор и директор) и две пеленгационные из четырех вибраторов (рефлектор, активный вибратор и два директора). Излучающая антенна крепилась в носовой части самолета, приемные - на передних кромках крыльев с разворотом в 20° к курсу полета

Отметки отраженных сигналов на электронно-лучевой трубке индикатора представляли собой кольца, радиус которых соответствовал дистанции до цели, а интенсивность свечения правой и левой половин кольца указывала на отклонение цели от курса полета самолета.

Для удобства и быстроты перехода с обзора передней зоны на боковую институтом были созданы оригинальные конструкции антенного переключателя и согласующего устройства. В процессе разработки была проведена унификация передающих блоков генератора УКВ на более совершенные, освоенные к тому времени промышленностью, генераторные лампы; максимально упрощена схема модулятора и улучшена конструкция приемника. Проведенные работы позволили использовать их результаты в обеих станциях «Гнейс-5» и «Гнейс-5М» и значительно повысить их общую надежность.

Государственные испытания РЛС «Гнейс-5М» проходили в Лётно-испытательном институте ВВС ВМФ в конце 1944 г. и показали, что с помощью пеленгационных антенн морская поверхность просматривалась в пределах 65° по курсу полета, а с помощью обзорных антенн – в пределах 55° в боковом направлении.

Дальность обнаружения надводных кораблей зависела от их водоизмещения. Для пеленгационных антенн максимальная дальность обнаружения достигала 36 км, для обзорных – 20 км, что определяло ширину просматриваемой полосы морской поверхности в 30 км. Берег обнаруживался на расстоянии 60 км. Точность выхода на цель при высоте полета от 50 до 250 м составила 150 м, а при высоте 250–350 м–480 м. Наивыгоднейшая высота полета при поиске надводных кораблей в пределах 800–1000 м. Мертвая зона при обнаружении различных кораблей при высоте полета 1000 м определялась в пределах 500–2000 м.

РЛС могла использоваться для привода своего самолета к специальному приводному маяку с расстояния 90 км.

Приказом Народного комиссара ВМФ Н. Г. Кузнецова от 19 апреля 1945 г. РЛС «Гнейс-5М» была принята на вооружение.

В разработке станции принимали участие: Г. А. Зонненштраль (руководитель), В. А. Говядинов, И. И. Вольман, Р. С. Буданов, П. В. Подгорнов, Н. Н. Лихвинцев и др.

Глава четвертая

НОВЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ПВО В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Мобилизация ресурсов и новые разработки

22 июня 1941 г. фашистская Германия напала на Советский Союз. В стране началась мобилизация всех сил и средств на борьбу и разгром врага. Большие города, особенно Москва и Ленинград, ошетинились сотнями стволов зенитных орудий, небо прикрывала истребительная авиация, а в ночное время - сеть аэростатов воздушного заграждения. С началом ночных налетов бомбардировщиков противника десятки и сотни зенитных прожекторов обеспечивали зенитной артиллерии ведение прицельного огня, а истребительной авиации - перехват освещенных самолетов врага. Война вызвала небывалый подъем патриотизма, творческой инициативы и энергии советских людей. По призыву партии «Все на защиту Родины!», «Все для фронта, все для победы!» заводы и фабрики, совхозы и колхозы, коллективы предприятий и учреждений изыскивали различные ресурсы, чтобы внести свою лепту в помощь фронту. Не остались в стороне институты и заводы, работавшие на нужды радиовооружения. В этой напряженной обстановке требования к средствам радиообнаружения для ПВО встали перед создателями новой техники не в виде довоенных тактико-технических требований, а как предельно ясная необходимость быстрее и действенней помочь бороться с авиацией врага.

Так понял свой гражданский долг Ленинградский ФТИ и с первого дня войны ввел в боевую эксплуатацию полигонную экспериментальную станцию дальнего обнаружения под Токсовом. НИИИС КА создал в первые месяцы войны для усиления системы ПВО Москвы стационарную станцию с дальностью обнаружения до 225 км. Коллектив НИИ радиопромышленности в считанные дни создал экспериментальную станцию «Гнейс-3», предназначенную для поиска самолетов, наведения прожекторов и обеспечения ЗА ведения заградительного огня⁵⁰



Экспериментальная станция дальнего обнаружения установленная в районе Токсово

Станция имела импульсную передающую и приемную аппаратуру, работавшую на волне 1,5 м с мощностью излучения 10-20 кВт, смонтированную на тележке и поворотном устройстве зенитного прожектора. Антенной станции служила

⁵⁰ Архив МО СССР, ф. 81, он. 12048, д. 47, л. 54 - 58.

решетка с плоским зеркалом площадью 5,5 м² с полуволновыми вибраторами и конусной диаграммой направленности 30°-0° в обеих плоскостях. Оператор вел поиск целей вручную, пользуясь звуковой индикацией на головные телефоны (наушники), и по линии проводной связи передавал значения угловых координат на прожектор или на зенитную батарею, НИИ изготовил небольшую партию таких станций, которые использовались в Московской зоне и в Горьковском районе ПВО.

На основе первого боевого опыта станции был создан второй вариант под названием «Гнейс-4» с мощностью излучения 30-40 кВт. Параллельно с боевой службой в войсках ЗА станция прошла контрольные испытания на полигоне ГАУ, но вследствие низких тактико-технических характеристик не была рекомендована для серийного производства.

Более существенным вкладом для системы ПВО Московской зоны явилось создание НИИ радиопромышленности стационарной станции с дальностью обнаружения предположительно 200–250 км. Экспериментальный образец этой станции, названной «Порфиром», был установлен под Можайском 21 июля 1941 г., в канун первого налета фашистской авиации на Москву. Станция имела двухъярусную антенну типа «волновой канал» длиной 7 м и высотой 25 м с коэффициентом направленного действия, превосходящим в несколько раз коэффициент станции «Редут»; передатчик на четырех лампах ИГ-8 (на двух у «Редута») с анодным контуром в виде коаксиального эндовибратора; приемник с каскадом усиления по высокой частоте, обладавший повышенной чувствительностью, что послужило основанием для применения его схемы в последующих станциях серийного выпуска РУС-2с («Пегматит»).

Во время первых налетов на Москву эта станция была включена в ротный пост ВНОС 337-го отдельного радиотехнического батальона (командир-майор М. Меркулов). Боевая эксплуатация станции началась с необычного эпизода. Начальник станции увидел обширную засветку индикатора и решил, что станция неисправна. Вызвали представителя НИИ В. В. Тихомирова, сдававшего РЛС боевому расчету войсковой части, который в засветке индикатора увидел большое число отраженных сигналов от самолетов, летевших с западного направления на расстоянии около 160 км. Эти сведения были переданы в штаб ПВО, в результате чего были своевременно приведены в боевую готовность ИА и ЗА. Как известно, при первом налете на Москву фашистская авиация понесла большие потери, и ПВО Москвы выдержала первый экзамен, отмеченный приказом Верховного Командования.

Внес свой патриотический вклад и НИИ-9. В первые недели войны его коллективы восстановили несколько экспериментальных установок радиообнаружения и направили их в Ленинградскую и Московскую системы ПВО. Из числа этих установок наиболее эффективно работал радиодальномер «Стрелец», установленный на полигоне НИИ-9 в Островках и связанный телефоном с соседним аэродромом истребительной авиации. С приближением противника к району станции Мга радиодальномер был перебазирован в Ленинград и установлен на крыше здания НИИ-9, где под руководством инженеров института Н. Ф. Алексеева и М. Д. Гуревича (старшего) его обслуживали сотрудники института.

Высокой оценки и одобрения заслуживала личная патриотическая инициатива инженеров НИИ радиопромышленности Б. П. Лебедева, В. А. Сивцова и военного инженера А. Н. Волжина.

Лебедев и Сивцов после обучения обслуживающего персонала РЛС «Редут-К» на крейсере «Молотов» были переведены с такой же задачей на РЛС РУС-2 под Севастополем. Активность вражеской авиации на Черном море привела инженеров НИИ к идее усилить «Редут-К» и РУС-2 (двухантенной) третьей станцией. Для этого инженеры, имевшие опыт создания одноантенной станции РУС-2с,

переделали двухантенную станцию РУС-2 на две одноантенные, применив для переделки запасные радиоблоки и детали. Обе станции заработали нормально, и одна из них «Лис» (Лебедев и Сивцов) несла службу под Новороссийском, а другая в Потти, затем под Геленджиком, а в конце войны была переправлена под Севастополь.

Военный инженер А. Н. Волжин в начале войны был начальником радиолокационной службы Мурманского бригадного (впоследствии дивизионного) района ПВО. Единственная станция РУС-2с, прикрывавшая Мурманский район, вследствие напряженной работы и большой влажности воздуха приморского края постепенно снижала свой технический потенциал. Ее дальность по групповым целям редко стала достигать 90 км, что очень беспокоило командование ПВО и обслуживающий персонал станции. Надо было изыскивать возможности предупредить ее вероятный выход из строя. Надежд на получение второй станции не было. У А. Н. Волжина, понимавшего важнейшее значение Мурманского порта, родилась мысль создать своими руками вторую станцию, используя для этого запасные радиоблоки артиллерийской станции СОН-2 и РУС-2с и монтажные провода, снятые с подбитого фашистского бомбардировщика Ю-88. Так, совместно с начальником РУС-2с Петрушиным и инженером-эксплуатационником Сарычевым была создана боеспособная станция «Роза», которая после проверки и укомплектования личным составом была введена в эксплуатацию. Дальность действия станции достигала 160 км (за счет благоприятных условий расположения на местности и шестикратной мощности излучения магнетрона от СОН-2).

Станция «Роза» работала безотказно, надежно обнаруживала самолеты врага над сушей и морем и тем самым значительно подняла эффективность ПВО Мурманского района. Достоверность показаний РЛС и ее эксплуатационная надежность оказались высокими. А. Н. Волжин был награжден орденом Красного Знамени. Ныне он генерал-лейтенант-инженер, профессор, доктор технических наук.

Инициатива Б. П. Лебедева, В. А. Сивцова и А. Н. Волжина свидетельствовала о их высоком чувстве патриотизма, о глубоких инженерных знаниях радиолокационной техники и личном мастерстве созидания.

В суровую зиму 1941-1942 г. рабочие, инженеры и техники эвакуированных заводов под открытым небом Сибири восстанавливали заводы и производили вооружение для фронта. Военные инженеры и инженеры промышленности, находясь на фронтах, собственными руками помогали создавать боеспособные РЛС, отдавали все силы, знания и опыт делу защиты Родины.

Первый боевой опыт зенитной артиллерии с радиолокацией

Партийная и комсомольская организации НИЗАП ГАУ, поддержанные командованием и инженерами полигона, выступили с инициативой формирования из имевшегося на полигоне зенитного вооружения 14 орудийной зенитной батареи и предложили направить ее на защиту столицы.

Начальник ГАУ, генерал-полковник артиллерии Н. Д. Яковлев (впоследствии маршал артиллерии), поддержал патриотическую инициативу общественности полигона и дал соответствующие указания. По согласованию с командующим Московской зоны ПВО генералом М. С. Громадиным батарея была развернута в октябре 1941 г. в боевых порядках 329-го зенитного артиллерийского полка (ЗАЛ) на юге от Москвы, где авиация противника действовала особенно активно. Батарея была укомплектована четырьмя орудиями 75-мм калибра, четырьмя 105-мм калибра⁵¹ и шестью 37-мм автоматическими пушками (для прикрытия батареи). В ее состав был включен экспериментальный радиискатель НИИ-9 Б-3 (с плоскими

⁵¹ Орудия немецкого производства, проходившие когда-то испытания на полигоне.

диаграммами направленности)⁵². Перед зенитной батареей командование ГАУ поставило следующие задачи: содействовать ПВО Московской зоны в отражении вражеских налетов; исследовать практически в боевых условиях тактический и экономический эффект ЗА при применении радиолокационной техники. Теоретические расчеты давали приближенные результаты, и оценить по ним значение радиолокационных средств в общем комплексе вооружения батареи было невозможно. Ответить на поставленный вопрос можно было, лишь накопив боевой опыт и статистические данные эффективности стрельбы по вражеским самолетам. Поскольку поставленная задача носила и боевой, и научно-исследовательский характер, команда батареи была укомплектована опытнейшими командирами, инженерами-испытателями полигона и младшим обслуживающим составом. Боевой службой руководил полковник Е. А. Панченко, его заместителями были К. Н. Томилин, П. А. Курочкин и С. Н. Олейниченко. Службу радиолокации обеспечивали инженеры-испытатели В. А. Калачев, Г. И. Свобода и инженер НИИ-9 М. Л. Слиозберг.

Появление опытной батареи под Москвой фашистские летчики заметили очень скоро. Ее прицельный огонь оказался столь действенным, что заставлял самолеты врага обходить район ее расположения. Только за ноябрь 1941 г. батарея вела сопроводительный прицельный огонь по 127 целям, и в 98 случаях вражеские бомбардировщики меняли курс сразу же после открытия огня, сбрасывали бомбовый груз и уходили из зоны обстрела батареи, отказываясь от попыток прорваться к Москве. Четыре самолета были повреждены. Накопленный опыт в период битвы за Москву и статистические данные показали, что опытная батарея и смежные с ней части ЗА, использовавшие данные батареи, отразили нападение 80,4% самолетов фашистской авиации, стремившихся прорваться к городу через зону боевых порядков батареи и соседей. При этом на каждый отраженный самолет было израсходовано в среднем по 98 снарядов среднего калибра, вместо 2775 снарядов при ведении зенитной артиллерией заградительного огня без применения радиолокационных станций⁵³. Эти цифры, выведенные инженерами-испытателями опытной батареи за четыре месяца осени 1941 г., в условиях упорнейшей противовоздушной борьбы в сражении за Москву впервые убедительно показали значение радиолокации для зенитной артиллерии. Если учесть многократную экономию боеприпасов от прицельной стрельбы, то станет очевиден скрытый материальный и трудовой резерв в этих цифрах, в этих возможностях радиолокационной техники для обороны страны, ее промышленности и железнодорожного транспорта.

Автору настоящей книги довелось быть участником полемики в ГАУ, проходившей в 1942 г. между сторонниками оптических приборов ЗА (дальномеров и визиров) и радиолокации. Первые (генерал П. П. Чечулин и его ближайшие помощники) отдавали предпочтение оптическим приборам, как обеспечивавшим предельно высокую точность определения угловых координат и большую вероятность поражения. Сторонники радиолокации отстаивали новую технику, доказывая возможность с ее помощью обнаруживать и пеленговать воздушную цель независимо от времени суток и погодных условий, большую точность измерения дальности до цели. Участники полемики в то время еще не знали итогов анализа боевой деятельности ЗА в битве за Москву, в процессе которой прицельная стрельба с применением оптических средств составляла всего лишь 3,5% от общего числа зенитных стрельб по врагу, 96,5% стрельбы велось

⁵² С поступлением по ленд-лизу зарубежного вооружения, в том числе радиолокационной техники, к батарее была присоединена английская станция орудийной наводки GL-Мк II

⁵³ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12048, д. 47, л. 16-17.

заградительным огнем [6]. Поэтому каждая спорящая сторона осталась при своем мнении.

Опытная батарея воевала и одновременно проводила научное исследование. В первые же ночные стрельбы по фашистским бомбардировщикам инженеры-испытатели заметили, что на экране индикаторов были видны отметки не только от цели, но и от разрывов снарядов. Это открытие было использовано для введения коррекции в стрельбу по невидимым целям.

Разработка станций орудийной наводки

Заводы промышленности, эвакуированные на восток, в трудных местных условиях восстанавливали производство вооружения. Учитывая результаты боевой деятельности опытной зенитной батареи, ГАУ в декабре 1941 г. обратилось к Народному комиссару электропромышленности И. Г. Кабанову с предложением совместно разработать план мероприятий по производству средств радиолокации для ЗА и внести его в ГКО. В ответ на обращение ГАУ И. Г. Кабанов поручил своему заместителю И. Г. Зубовичу подготовить такой план мероприятий. И. Г. Зубович вместе с автором настоящей книги обратились к заведующему отделом электропромышленности ЦК ВКП(б) А. А. Турчанину и заместителю Председателя СНК СССР М. З. Сабурову и доложили о состоянии дел с зенитной радиолокацией и необходимости проведения неотложных мер по ее развитию. 17–19 января 1942 г. ГАУ и Наркомат электропромышленности (НКЭП) СССР совместно внесли на утверждение ГКО проект постановления «О промышленной базе для производства приборов радиообнаружения и пеленгации самолетов»⁵⁴, согласованный с А. А. Турчаниным.

10 февраля 1942 г. ГКО принял постановление об организации в системе НКЭП СССР специализированного радиозавода для разработки в кратчайший срок станции орудийной наводки и подготовки ее к серийному выпуску. Новое предприятие стало не только разрабатывать и серийно выпускать СОН, но и вести научные исследования по радиолокации для зенитной артиллерии. По существу, был создан завод-институт. В нем было 12 научных лабораторий, в которых работали наиболее квалифицированные инженеры НИИ-9, а также известные ученые проф. С. Э. Хайкин, проф. М. А. Леонтович (ныне академик) и много способной молодежи.

Организация завода-института, комплектование его кадрами, оснащение производственно-технологическим оборудованием и последующая деятельность предприятия были возложены на А. А. Форштера, работавшего перед войной директором старейшего в стране радиозавода, на котором выпускались первые системы радиообнаружения РУС-1 и РЛС РУС-2. Научно-техническую деятельность возглавил М. Л. Слиозберг, которому боевой опыт на экспериментальной батарее под Москвой очень пригодился. Его заместитель по науке и технике стал проф. А. М. Кугушев, по производственной части – бывший главный инженер одного из радиозаводов Н. А. Аухтун. Партийный комитет возглавил А. М. Бузлов, а в конце 1972 г. Е. М. Дубровский.

Благодаря помощи ЦК ВКП(б) и ГКО, в труднейший для Родины 1942 год коллектив завода-института в восьмимесячный срок создал два экземпляра опытной станции орудийной наводки СОН-2от. Это задание Родины потребовало от партийной организации завода, дирекции, инженерно-технического состава и рабочих (в основном учащихся школ трудовых резервов) подлинного трудового героизма.

В создании станции, явившейся подарком к 25-й годовщине Великой Октябрьской революции, ведущая роль принадлежала А. А. Форштеру, А. М.

⁵⁴ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12048, д 88, л. 215-217.

Кугушеву, А. Я. Брейтбарту, Н. Д. Девяткову, В. И. Егиязарову, Н. И. Аухтуну, В. В. Типаеву. Партия и правительство высоко оценили трудовой героизм коллектива завода, и за образцовое выполнение задания 113 человек инженерно-технического, рабочего и служащего состава были награждены орденами и медалями Советского Союза. Первую проверку созданная станция прошла в боевых порядках зенитной артиллерии Московской зоны ПВО в конце 1942 г. Второй образец станции был направлен на НИЗАП ГАУ и под руководством инженеров-испытателей Г. И. Кожевникова и С. Н. Олейниченко проходил полигонные испытания, показав на волне 4 м и мощности излучения в импульсе 250 кВт следующие характеристики⁵⁵: дальность обнаружения самолета от 20 до 40 км (при высоте полета от 1000 до 4000 м); точность определения угловых координат: азимута - 12 - 27, угла места - 7-12 делений угломера; точность определения расстояний до самолета - от 25 до 70 м.



Станция орудийной наводки СОН-2от (излучающая установка)

Постановлением Государственного Комитета Обороны от 20 декабря 1942 г. станция была принята на вооружение под названием СОН-2от и поставлена на серийное производство⁵⁶. После этой разработки завод приступил к созданию усовершенствованного варианта станции, в котором предусматривалось увеличение рабочей зоны по углу места в пределах точного измерения расстояний, а также упрощение технологии производства, что позволило выпускать станции на тех же производственных площадях, но в большом количестве.

В 1943 г. были созданы два научно-исследовательских института радиолокационного и электронного профилей. Радиозавод-институт направил в них своих ученых и инженеров, которые помогли быстро развернуть плодотворную деятельность новых коллективов.

РЛС «Турмалин»

Создание СОН-2от не решило вопроса быстрого и полного оснащения войск ПВО этим типом РЛС. Радиозавод-институт не располагал производственными площадями и мощностями для выпуска в необходимых количествах СОН-2от. Поэтому эти станции приходилось использовать только там, где в них была наиболее острая потребность и где они были более эффективны (в зенитной артиллерии войск ПВО). Войсковая ЗА требовала станций орудийной наводки упрощенного типа с большей маневренностью, быстрым разворачиванием в боевое положение и простых в эксплуатации. Эти требования подсказали инженерам НИИ радиопромышленности мысль о внесении предложения в ГАУ о разработке, в

⁵⁵ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12048, д. 88, л. 215-217

⁵⁶ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12048, д. 83, л. 6.

порядке соревнования с радиозаводом-институтом, второго варианта СОН, основанного на опыте создания наземных станций дальнего обнаружения РУС-2 и РУС-2с и самолетной станции «Гнейс-2».



Радиолокационная станция «Турмалин»

ГАУ приняло предложение НИИ радиопромышленности и согласовало с ним тактико-технические характеристики новой станции. Вся аппаратура должна была монтироваться в одном автофургоне, в котором предусматривалась и перевозка агрегата электропитания. Коллектив разработчиков в течение короткого срока (с апреля по ноябрь 1942 г.) спроектировал и создал импульсную РЛС «Турмалин», работавшую на волне 1,5 м с излучающей мощностью 250 кВт.

В феврале – апреле 1943 г. РЛС проходила на НИЗАП ГАУ испытания (инженер-испытатель В. А. Калачев)⁵⁷ и показала несоответствие характеристик предусмотренным тактико-техническим требованиям ГАУ. Так, например, при дальности обнаружения самолета 45 км дальность пеленгования не превышала 13 км. Из-за нескольких провалов (мертвых зон) в диаграмме направленности антенны терялось наблюдение за самолетами на высотах 1000, 4000 и 7000 м и на дальностях 6–8, 20–30 и 37–40 км соответственно.

Энергетический потенциал станции «Турмалин» оказался явно недостаточным. На основе анализа сравнительных достоинств и недостатков «Турмалина» и СОН-2от ГАУ пришло к выводу, что, несмотря на ряд существенных положительных качеств станции «Турмалин» (компактность, быстрота перехода в боевую готовность, упрощенное обслуживание и значительно меньшая трудоемкость в производстве), она не могла удовлетворить требования войск. Можно было доработать образец и устранить отмеченные недостатки, но на это требовалось дополнительное время и затрата сил института, до предела загруженного другими, успешно идущими разработками РЛС и серийным выпуском новой техники⁵⁸.

ГАУ не настаивало на доработке «Турмалина», руководствуясь не ведомственными интересами ГАУ-ПВО, а интересами общегосударственного значения, поскольку НИИ радиопромышленности был в тот труднейший для страны период войны головным НИИ, работавшим и на ПВО, и на ВВС, и на ВМФ.

Так закончилась вторая попытка (после УФТИ) создать РЛС для зенитной артиллерии на импульсной основе.

Сопоставляя технические характеристики английской станции ОБ-МкП с РУС-2, коллектив ЛФТИ под руководством Ю. Б. Кобзарева в конце 1941 г. начал в инициативном порядке исследовать метод пеленгования и теорию гониометра для определения высоты полета целей. В задачу этих исследований входило создание на базе аппаратуры РУС-2 РЛС орудийной наводки с такими же тактико-

⁵⁷ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12048, д. 83, л. 107-120

⁵⁸ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12048, д. 83, л. 243-248

техническими параметрами, как у английской СОН-2. Исследования проводились в три этапа:

1) создание аппаратуры, улучшающей и дополняющей тактико-технические характеристики РУС-2;

2) разработка приставки, которая при небольших изменениях в схеме РУС-2 могла бы передавать необходимые данные для управления стрельбой ЗА;

3) введение в приставку механизмов с следящим приводом (сельсинами) для непрерывной передачи координат на ПУАЗО.

По предложению ЛФТИ (письмо в ГАУ от 19 февраля 1942 г.)⁵⁹ аппаратура модернизированной РЛС РУС-2 должна была иметь следующие характеристики:

Высота полета, м	9000	7000	5000
Дальность обнаружения, км	2-50	До 45	До 40
Ошибки определения угла места, град:			
при дальности обнаружения от 1,5 до 18 км		0,5	
при дальности обнаружения от 16 до 24 км		1,0	
Ошибки определения расстояния, м:			
при дальности обнаружения от 2 до 20 км		50	
при дальности обнаружения от 20 км и более		2000	

Проводившиеся по этому плану исследования и разработки были подтверждены актом представителя НИИИС КА Д. С. Стоговым от 25 декабря 1941 г. До марта 1943 г. ЛФТИ разработал теорию гониометрического метода определения высоты полета, создал методику расчета зон пеленгования и предложил способ устранения мертвой зоны диаграммы направленности в зените у СОН-2от, работавшей на волне 4 м. 16 марта 1943 г. представители НИИИС КА М. И. Куликов и А. И. Шестаков после ознакомления с работами ЛФТИ сделали заключение, что предлагаемые институтом пути модернизации РУС-2 не удовлетворяют требованиям заказчика⁶⁰ и не могут быть положены в основу превращения этой станции в станцию орудийной наводки.

В связи с переходом Ю. Б. Кобзарева на работу в Совет по радиолокации при ГКО, а его ближайших сотрудников – в научно-исследовательский радиолокационный институт дальнейшие работы в области радиолокации в ЛФТИ не проводились.

Не получив ожидаемых результатов от разработок УФТИ («Зенит» и «Рубин»), НИИ радиопромышленности («Турмалин») и ЛФТИ (модернизация РУС-2) и понимая, что оснастить войсковую ЗА станциями, подобными СОН-2от, не представлялось возможным, ГАУ выдало радиозаводу-институту задание на разработку станции орудийной наводки «Нептун» для войсковой ЗА.

В требованиях на эту станцию предусматривалось довести дальность обнаружения до 20–25 км; дальность пеленгования - до 15 км; точность определения азимута - 0,8-1 °, угла места цели – 0,5-0,7°.



⁵⁹ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12048, д. 83, л. 243-248.

⁶⁰ АрхивМО СССР, 1943

Станция оружейной наводки «Нептун»

В течение второй половины 1943 г. и первой половины 1944 г. коллектив радиозавода-института, под руководством А. Я. Брейтбарта выполнил разработку образца станции со следующими техническими параметрами: длина волны - 1,5 м; мощность излучения - 150 кВт; ширина диаграммы направленности излучающей антенны – 45°; угол расхождения между центрами диаграмм приемных антенн - 10°.

Полигонные испытания образца, проведенные на НИЗАП ГАУ осенью 1944 г. под руководством инженера-испытателя Л. Г. Скачкова, показали удовлетворительные результаты, и станция была рекомендована для серийного производства. В последующем она была усовершенствована и явилась прототипом при создании еще более совершенной РЛС, принятой на вооружение войсковой ЗА.

Помимо своего основного назначения станция «Нептун» получила широкое применение в гидрометеорологической службе СССР и до настоящего времени успешно эксплуатируется в нашей стране.

РЛС «Яхонт» для наведения зенитного прожектора

Недостаточная надежность поиска и освещения самолетов противника системами «Прожзвук» поставила на очередь разработку системы «Радиолокатор-прожектор». Учитывая технические и эксплуатационные возможности радиолокационных средств и необходимость максимального конструктивного упрощения системы, ГАУ предложило коллективам инженеров-разработчиков НИИ радиопромышленности и прожекторного завода такую схему устройства, при которой отпадала бы необходимость относить прожектор от радиолокатора и связывать их через пост управления наведением луча синхронной передачей, как это было в системах «Прожзвук».

НИИ радиопромышленности и прожекторный завод приняли предложенную ГАУ схему и тактико-технические требования на радиопрожектор и вскоре создали систему РАП (радиопрожектор) под названием «Яхонт», Система радиопрожектора включала:

- радиоизлучающую и приемную аппаратуру на волне 1,5 м с мощностью излучения в импульсе 100 кВт, смонтированную на станине прожектора;
- антенное устройство типа «решетка», укрепленное на барабане прожектора и вращающееся вместе с ним;
- индикаторный прибор в виде электронно-лучевой трубки;
- зенитный прожектор с диаметром зеркала 150 см и силой света 850 млн. свечей (кандел);
- агрегат электропитания, перевозимый на одноосном прицепе.

Полигонные испытания на НИЗАП ГАУ, проведенные в мае 1943 г. (инженер-испытатель В. А. Калачев), показали, что «Яхонт» обнаруживал самолет на дальности до 20 км и в зависимости от состояния погоды освещал его лучом прожектора на предельно наблюдаемом расстоянии.

После соответствующей тренировки обслуживающего персонала освещение самолета радиопрожектором происходило без светового поиска «с выстрела», т. е. сразу же после команды «Луч», следовавшей за докладами радиооператоров: «Есть пеленг», «Есть азимут», «Есть угол места». Это гарантировало почти 100%-ную надежность освещения самолетов и создавало для ЗА и ИА благоприятные условия в борьбе с воздушным противником.

На этом основании инженеры полигона рекомендовали принять радиопрожектор «Яхонт» на вооружение и поставить его на серийное производство.

Тем временем завершилась величайшая битва на Курской дуге. В Великой Отечественной войне наступил коренной перелом, гитлеровское командование

вынуждено было отказаться от наступательных операций и перейти к обороне. Стратегическая инициатива прочно перешла к Советской Армии.

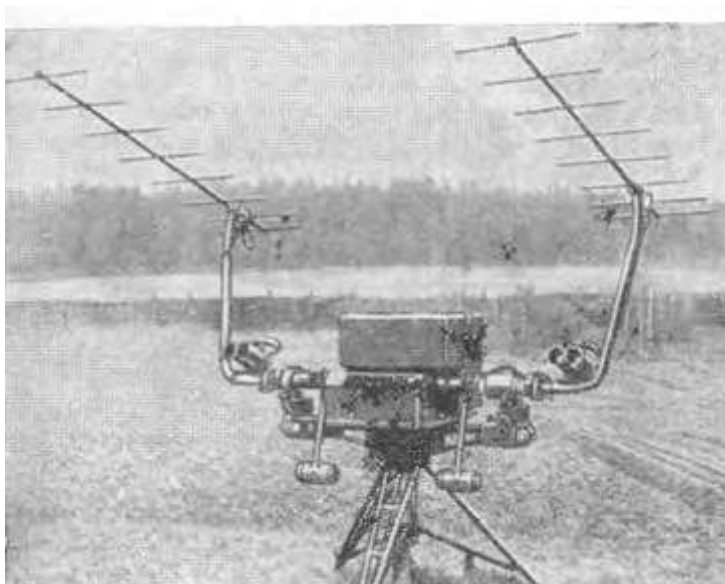
Фашистская авиация, потерявшая в Курской битве свыше 3500 самолетов, уже не могла наносить массированные удары по тыловым объектам и со второй половины 1943 г. значительно ослабила налеты на промышленные города СССР. Перед ГАУ встал вопрос: стоит ли в сложившейся благоприятной обстановке войны ставить радиопрожектор «Яхонт» на серийное производство и оснащать им войска ПВО? Необходимость его применения в войсках ПВО отпала. Приобретенный к тому времени опыт использования РЛС в войсках ВНОС, ЗА и ИА показывал, что при наличии этих средств уничтожение самолетов противника успешно осуществлялось и без прожекторов. Поэтому было бы нецелесообразно выпускать «Яхонт» за счет сокращения станций РУС-2, РУС-2с, СОН-2от и «Гнейс-2». По этим соображениям ГАУ приняло решение: радиопрожектор «Яхонт» на производство не ставить. Это было правильное решение.

Зенитный радиолокационный дальномер «Хрусталь»

Разработками станций СОН-2от и «Нептун» ГАУ решало задачу обеспечения боевой эффективности ЗА среднего калибра. Однако в ходе войны выяснилось, что в борьбе с фашистской авиацией на фронте важнейшую роль играла малокалиберная зенитная артиллерия (МЗА). Автоматические зенитные пушки 37-мм калибра, созданные отечественной промышленностью в довоенные годы, явились эффективным оружием уничтожения самолетов врага и надежным прикрытием своих войск. Войска дали этим орудиям, сопровождавшим их в любых ситуациях фронтовой обстановки, высокую оценку.

ГАУ решило поднять эффективность этих пушек, создав для них специальный тип радиолокатора-дальномера, который измерял бы расстояния до самолетов с большей точностью, чем точность оптического дальномера, находившегося у войсковой ЗА и был применим в любых погодных условиях.

Оснащать МЗА хотя бы и упрощенной трехкоординатной РЛС во время войны было обременительно и для радиопромышленности, и для боевой эксплуатации войск, и потому представлялось не целесообразным. Для универсальности радиодальномера в ГАУ считали полезным придать радиолокационному дальномеру для определения угловых координат оптические визиры. В начале марта 1944 г. в соответствии с разработанной военными инженерами ГАУ новой системы зенитного вооружения, утвержденной командованием, ГАУ внесло в ГКО предложение, а 20 марта вышло его постановление, обязывавшее НИИ радиопромышленности разработать опытный образец зенитного радиодальномера¹, сочетавшего применение радиолокационного и оптического способов определения угловых координат. Для этого дальномер должен был иметь два оптических визира большой светосилы, пользуясь которыми можно было с высокой точностью определять угловые координаты цели. Ночью и при неблагоприятных погодных условиях угловые координаты, равно как и дальность до самолета, определялись радиолокационным способом.



Зенитный радиодальномер «Хрусталь»

Радистанометр должен был отвечать следующим тактико-техническим требованиям:

- дальность обнаружения самолета 20 км при высоте 1000 м и 30 км при высоте 4000 м;

- точность определения дальности - 30-60 м;

- время разворачивания радиодальномера в боевое положение - не больше 15 мин.

¹ Архив МО СССР, ф. 81, он. 12204. ед. хр. 46. л. 94-97.

Институт спроектировал и создал «Хрусталь» (руководитель А. М. Рабинович) – компактную установку на треноге, работавшую на волне 1,5 м с мощностью излучения 100 кВт. Приемник -супергетеродин с однокаскадным преобразователем частоты и полосой пропускания 1,7 МГц и чувствительностью 4 мкВ (при соотношении сигнал/шум, равном двум). Направленность антенны типа «волновой канал» (суммарная) - 29°. Разрешающая способность по дальности - 380⁰⁰ м. Общая масса аппаратуры в пяти укладочных ящиках - 1130 кг.

Полигонные испытания образца радиодальномера, проводившиеся на НИЗАП ГАУ (инженер-испытатель Л. Г. Скачков) с 16 июля по 30 сентября 1945 г., дали положительные результаты. Представляет интерес сравнение точности определения дальностей и времени поиска самолетов радиодальномером «Хрусталь», радиодальномером США SCR-547 и оптическими отечественными дальномерами ДЯ-1 и ДЯ-6 (3- и 4-метровой базы), состоявшими на вооружении зенитных батарей среднего калибра¹:

Наименование аппаратуры	Ошибка определения дальности в зависимости от высоты полета, м		
	1000	7000	9000
«Хрусталь»	29-60	33-56	21-34
SCR-547	28-84	-	-
ДЯ-1	84-513	236-^87	218-374
ДЯ-6	61-384	111-223	71 - 171

Примечание. Данные относятся к измерениям высоты на дальностях обнаружения от 2 до 30 км.

Параметры	Наименование аппаратуры			
	«Хрусталь»	SCR-547	ДЯ-1	ДЯ-6
Время поиска визирами, с	10	37	10	7

Время до начала определения координат	15	32	20	13
--	----	----	----	----

¹ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12204, ед. хр. 46, л. 94-97.

После испытаний радиодальномер «Хрусталь» был рекомендован к серийному выпуску для укомплектования зенитных батарей среднего калибра и батарей автоматических зенитных пушек 37-мм калибра (МЗА) взамен стереоскопических оптических дальномеров. ГАУ утвердило рекомендации полигона и заказало радиопромышленности опытную партию радиодальномеров, которые уже в послевоенное время были направлены в войска ЗА.

Высотные приставки к станциям РУС-2 и РУС-2 с

Боевое применение РУС-2 и РУС-2с в ходе войны оказалось столь эффективным, что растущая потребность в них войск ПВО, ВВС и ВМФ потребовала срочного налаживания крупносерийного производства таких станций на ряде заводов. Эти станции определяли только две координаты: наклонную дальность и азимут. Вставала задача надежно решить и создать дополнительную к РЛС РУС-2 и РУС-2с аппаратуру, которая определяла бы третью координату самолета. Эта задача была столь неотложной, что по заданию НИИИС КА ее решением занимались одновременно радиозавод, НИИ радиопромышленности и ЛФТИ.

На радиозаводе высотная приставка (так эта аппаратура стала называться) была разработана инженером Е. А. Селиным (бывшим сотрудником НИИ-9, руководившим созданием радиолокатора Б-2 для ЗА) по техническому решению, предложенному инженером НИИИС КА А. И. Шестаковым. В основу ее действия был положен принцип определения угла места, основанный на том, что на каждую антенну высотной приставки воздействуют отражения радиоволн, пришедшие непосредственно от самолета и переотраженные от земли. В результате между каждой парой антенн всегда существует напряжение, являющееся функцией угла падения волны, т.е. угла места цели. Благодаря этому с помощью гониометра, включаемого между верхней или нижней парой антенн, можно определять угол места самолета. А измерение этого угла и наклонной дальности до самолета позволяет определять и высоту полета цели.

В комплект аппаратуры высотной приставки входили: мачта высотой 16,5 м с тремя антеннами; гониометр для измерения углов места; устройство определения высоты и переключатель антенного устройства и приемника. Антенны были смонтированы на одной мачте на разных высотах: нижняя – 4,12 м, средняя – 8,12 м и верхняя – 16,48 м от земли. Контрольные испытания высотной приставки, проведенные в августе 1943 г. под Москвой, под руководством инженера НИИИС КА А. И. Кувшинова позволили получить следующие срединные ошибки определения высоты при полете цели 4000 м: на нижней паре антенн – 230 м, на верхней паре – 210 м; при полете цели 6000 м – 320 и 310 м соответственно⁶¹.

Для определения угла места требовалось около 12 с.

На основании испытаний были сделаны следующие выводы: высоту полета самолета можно определять на расстояниях в пределах 60% дальности обнаружения; рекомендовать высотную приставку для серийного производства к станциям РУС-2. Эта рекомендация вскоре была реализована, после чего серийно выпускавшиеся станции РУС-2 приобрели еще более высокие тактические свойства как станции службы ВНОС и как станции наведения ИА.

Аналогичная высотная приставка к станциям РУС-2с и П-2М была разработана и в НИИ радиопромышленности с учетом технического предложения А. И.

⁶¹ Архив МО СССР, ф. 81, оп. 12204, д. 323, л. 40-44.

Шестакова. Она также успешно прошла испытания и выпускалась серийно вплоть до создания новой станции дальнего обнаружения П-3, в которой устройство определения высоты органически входило в аппаратуру станции.

Наряду с этим нельзя не отметить инициативу воентехников Отдельного радиотехнического батальона (ОРТБ) ВНОС Московской зоны ПВО Н. И. Кабанова, Е. И. Алейникова, Я. Н. Немченко и Б. И. Молодова⁶², которые будучи призванными в армию в начале войны и находясь в ОРТБ на эксплуатации станций РУС-2 коллективно разработали аппаратуру для определения высоты полета самолетов. Проверив на боевом опыте приставку, они в мастерских батальона изготовили и снабдили ими все станции РУС-2 Московской зоны ПВО.

Аналогичную аппаратуру разработали также в Ленинградской армии ПВО инженеры Ю. Н. Шеин и И. А. Лютое, бывшие участники разработок в НИИ-9 радиоискателей для ЗА⁶³.

Приборы опознавания

После решения проблемы дальнего обнаружения и оснащения ПВО станциями РУС-2 перед Управлением связи КА возникла дополнительная задача не только обнаруживать самолеты, но и определять их принадлежность («свой - чужой»). 19 мая 1940 г. Управление связи КА заключило с ЛФТИ договор на модернизацию станции «Редут», при этом имея в виду попутное решение способа опознавания своих и вражеских самолетов.

Коллектив ЛФТИ (Ю. Б. Кобзарев) разработал способ опознавания на основе применения регенеративного ответчика. Испытания на самолете показали хорошие результаты, и в канун Великой Отечественной войны разработчики получили авторское свидетельство. В связи с эвакуацией института ответчик был передан в НИИ-9, под руководством инженеров Н. Ф. Алексеева и Д. Е. Малярова он прошел конструктивную доработку и был передан в производство.

Инженеры НИИИС КА также создали аппаратуру опознавания и в середине 1941 г. при испытании ее на самолетах получили удовлетворительные результаты. В середине 1942 г. руководство разработками самолетных приборов опознавания взял на себя НИИ ВВС. Им был заключен договор с радиозаводом-институтом НКЭП на изготовление прибора («свой - чужой»). Коллектив специалистов радиозавода, в который входил Н. Ф. Алексеев, изучил все созданные к тому времени модели приборов опознавания и в лаборатории проф. С. Э. Хайкина создал прибор, успешно прошедший испытания на истребителях Московской зоны ПВО. Он был принят на вооружение и с начала 1943 г. поставлен на серийное производство.

В послевоенные годы по заданию Министерства обороны радиопромышленностью была разработана для всех видов Вооруженных Сил Армии и Флота система опознавания. В ее разработке принимали участие коллективы многих НИИ промышленности. После государственных испытаний система была принята на вооружение.

Новая РЛС дальнего обнаружения П-3

Постановление ГКО от 20 марта 1943 г. помимо радиодальномера для МЗА предусматривало разработку в НИИ радиопромышленности новой РЛС дальнего обнаружения. Необходимость такой разработки диктовалась следующими причинами:

⁶² До войны эти инженеры были исследователями и разработчиками в НИИ радиопромышленности.

⁶³ Архив МО СССР, ф. 723, оп. 114441, д. 2, л. 3.

1. Станции РУС-2 и РУС-2с были созданы для службы ВНОС. Но опыт войны показал, что они несли службу и раннего предупреждения, и как станции наведения истребительной авиации ПВО, а в отдельных случаях и как станции целеуказания ЗА.

2. Как станции наведения и целеуказания РУС-2 и РУС-2с не в полной мере удовлетворяли требованиям по точности определения координат и зонам действия.

3. Накопленный в годы войны опыт конструирования и производства позволял повысить эксплуатационную надежность и упростить обслуживание станции.

Тактико-технические требования к этой станции были разработаны НИИИС КА и утверждены командованием войск ПВО. Ими предусматривалось:

- дальность обнаружения - не менее 130 км, пеленгования - 70 км;
- точность определения азимута при обнаружении - 4° и пеленгования - $1,3^\circ$;
- точность определения дальности - 650 м и высоты-300-700 м;
- определение координат цели по азимуту - от 0 до 360° и по углу места - от 4 до 18° ;
- время определения трех координат - не более 25 с;
- длина волны - 4,16 м;
- мощность излучения в импульсе - 80-100 кВт, длительность импульса - 10-15 мкс.

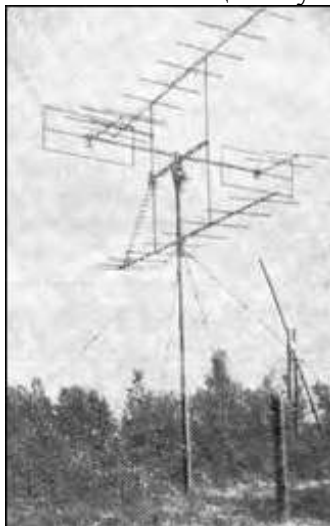
Станция создавалась в разборном варианте с двумя антеннами - зондирующей (вертикальной) и азимутальной.

Инженерной особенностью новой РЛС, названной П-3, являлась ее антенная система, состоявшая из двух антенн - азимутальной, сигналы с которой поступали на вход приемника через антенный переключатель, и вертикальной, которая при излучении работала от передатчика, а в период паузы переключалась на прием и работала вместе с азимутальной антенной.

Приближенное определение азимута производилось обычным способом - по максимуму амплитуды сигнала от антенны, направленной на самолет. В режиме точного определения азимута за счет действия антенного переключателя и соединения между собой обеих частей азимутальной антенны в противофазе на экране отметчика при ориентировании системы на цель были видны два раздвинутых по шкале импульса равной амплитуды; при уходе цели вправо или влево относительно оси антенны один импульс возрастал, а другой уменьшался.

Для определения высоты полета самолетов использовалась система, состоявшая из двух антенн типа «волновой канал», установленных на разных высотах от поверхности земли (7 и 11 м). Каждая из этих антенн через свой фидер подключалась к аппаратуре станции через специальный гониометр. От положения ползунка гониометра зависела результирующая характеристика направленности обеих антенн в вертикальной плоскости.

Угол места цели определялся по пропаданию сигналов в момент перемещения ползунка гониометра (нулевое излучение и прием). По дальности и найденному углу места с помощью номограммы определялась высота полета цели. Управление характеристикой направленности антенн в вертикальной плоскости позволило не только определить высоту полета, но и устранить мертвые зоны наблюдения в достаточно широких пределах. Одновременное использование гониометра при передаче и при приеме позволило вдвое повысить пеленгационную чувствительность станции.



Антенное устройство РЛС П-3

НИИ успешно выполнил разработку и в период с 20 июля по 15 августа 1944 г. станция П-3 проходила под Москвой заводские испытания, подтвердившие соответствие РЛС заданным требованиям заказчика. ГАУ⁶⁴ не ожидая окончательно доводки станции и ее полигонных испытаний, внесло в ГКО предложение об изготовлении в том же году опытной партии РЛС. ГКО принял предложения ГАУ и обязал НИИ выпустить в IV квартале 1944 г. 14 комплектов станции П-3.

Полигонные испытания станции П-3, проведенные на НИЗАП ГАУ (инженер-испытатель Г. Т. Опрышко) в январе - феврале 1945 г., подтвердили положительные выводы заводских испытаний под Москвой и показали следующие результаты:

Характеристики	РУС-2	РУС-2С	П-2М	П-3
Дальность обнаружения самолета на высоте полета 4000 м, км	90-95	95-100	95-100	по
Предельная дальность обнаружения, км	150	160	160	160
Точность определения дальности, м	1000	1000	1000	850
Точность определения азимута, град	2-3	2-3	2-3	1,3
Точность определения высоты, м:				
при углах места 3,5 - 4,5°	Не определяется			750
при углах места 8 - 18°	Не определяется			600

На основании этих испытаний было рекомендовано выпускать станции П-3 взамен РУС-2, РУС-2с (П-2М). НИЗАП ГАУ особо отметил в своем отчете простоту конструкции РЛС П-3, ее высокую надежность в эксплуатации и отсутствие в обзорной диаграмме направленности антенны мертвых зон в вертикальной плоскости.

В разработке станции участвовали: И. Н. Антонов, Е. Я. Богуславский, Р. С. Буданов, И. И. Вольман, А. Р. Вольперт, С. П. Заворотичев, Л. В. Леонов, П. В. Подгорнов и др.

В 1945 г. РЛС П-3 была принята на вооружение войск ПВО, ВВС и ВМФ и выпускалась в значительных количествах в автомобильном (П-3а) и в разборном (по типу РУС-2с) вариантах.

Перечень образцов радиолокационных станций, созданных НИИ радиопромышленности в довоенный период и в годы войны свидетельствовал о том, что этот институт был наиболее квалифицированным и производительным среди других предприятий нашей страны, работавших в области радиолокации. Несмотря на тяжелые годы войны и эвакуацию на восток, институт, продолжая успешно вести исследовательские и опытно-конструкторские работы, стал основной базой серийного выпуска наземных станций РУС-2с («Пегматит» и П-2М) и самолетных РЛС «Гнейс-2».

За успехи, достигнутые в развитии советской радиолокации, НИИ радиопромышленности в 1944 г. был награжден орденом Трудового Красного Знамени, а большая группа его специалистов, инженеров, техников, рабочих и служащих неоднократно награждалась орденами и медалями Советского Союза. В большом, государственной важности, деле ведущая роль принадлежала Н. Л. Попову и сменившему его талантливому и опытному инженеру А. А. Фину, который был не только крупным радиоспециалистом, но смелым и требовательным руководителем, не боявшимся трудностей военного времени. Именно в бытность его на должности главного инженер

⁶⁴ С середины 1943 г. заказами на РЛС дальнего обнаружения стало заниматься ГАУ (директива Генерального штаба от 4 июля 1943 г.).

институт стал мощным научно-инженерным коллективом, разработавшим радиолокационную аппаратуру различного назначения для войск ПВО, ВМФ и ВВС.

Во время войны по заданиям НИИИС КА в УФТИ продолжались исследования по доведению разработки совместно с НИИИС КА зенитной установки «Рубин», начатой в начале 1941 г. В 1942 г. коллективы УФТИ и НИИИС КА выполнили несколько исследований, предусматривавших возможность работы излучающей и приемной антенн в одном зеркале и непрерывное определение координат цели. Первая часть работы была успешно решена.

Для решения второй части задачи, т.е. непрерывного определения координат, были исследованы схемы с применением антенной системы равносигнальных зон с механическим перемещением диполя в зеркале и системы равносигнальных зон по методу коммутации неподвижных антенн.

Однако отсутствие производственно-технических возможностей, вызванных эвакуацией институтов на восток, не позволило осуществить ни одну из опробованных схем. Поэтому разработчики и их заказчики согласились смонтировать имевшуюся аппаратуру на двух автомашинах и применить прежний метод определения координат. Эта работа была выполнена в 1942 г. до возвращения НИИИС КА из эвакуации. Однако сложная воздушная обстановка в Московской зоне ПВО не позволила испытать станцию «Рубин» под Москвой. Поэтому ГУС КА, по договоренности с командованием ВМФ, отправило станцию в район Мурманска, где она могла одновременно служить как для нужд ПВО, так и для обнаружения надводных кораблей противника.

Эксплуатация станции в суровых условиях Заполярья позволила обстоятельно проверить ее тактико-технические характеристики, которые оказались в пределах заданных требований: дальность обнаружения самолетов - 40 км; точность определения угловых координат $\pm 0,8-1,0$, дальности - 150 м. Станция обнаруживала надводные корабли всех типов с дальности 700-800 м и до границы видимого горизонта. Однако из-за неудачного месторасположения максимальная дальность обнаружения станцией надводных целей определена не была.

В научно-исследовательском отделе Войск ПВО после получения отчета с результатами опытной эксплуатации станции «Рубин» в районе Мурманска было сделано заключение, что, несмотря на вполне удовлетворительные основные характеристики, примененный в ней метод определения координат не позволяет использовать ПУАЗО для ведения прицельного зенитного огня. Поэтому серийное производство станций «Рубин» было признано нецелесообразным.

Большую положительную роль в освоении отечественной и зарубежной радиолокационной техники для ЗА, внедрения ее в войска, передачи опыта боевого применения, выбора позиций для развертывания СОН, обучения нормам технической эксплуатации (профилактика, ремонт, настройка) имела небольшая по численности, но очень энергичная и квалифицированная группа молодых инженеров, работавших при Управлении командующего зенитной артиллерией войск ПВО генерала А. Ф. Горохова. В эту группу входили: Н. И. Алексеев, Г. И. Свобода, К. Н. Трофимов, В. И. Калякин, В. Н. Кузнецов, В. М. Соболев, П. Н. Коваленко, Н. М. Канонихин и А. Н. Волжин. Эта группа, как «летучий отряд», непрерывно была в разъездах и вводила в строй (эксплуатацию) РЛС орудийной наводки, настраивала аппаратуру и восстанавливала поврежденные во время боевых действий РЛС на месте их дислокации. Своей деятельностью группа охватила территорию от Мурманска до Сталинграда и закончила войну под Берлином.

Заказы ГАУ на РЛС дальнего обнаружения

В августе 1942 г. ГУС КА поставило перед командованием войсками ПВО территории страны (ПВО ТС) вопрос о целесообразности передачи в ее ведение функций заказчика на средства дальнего обнаружения самолетов. Прошло пять с лишним лет после того, как эти функции решением Народного комиссара обороны были переданы Техническому управлению РККА (объединившемуся вскоре с Управлением связи РККА). Командование ПВО и Управления связи РККА за этот

период сменилось, и, по-видимому, не знало причин передачи заказов из Управления ПВО РККА в Техническое управление. Чтобы не допустить ошибки, ГУС КА для обсуждения и принятия наиболее рационального решения 28 августа 1942 г. созвало совещание представителей ПВО ТС, ВВС, НИИИС КА, военного факультета Московского института инженеров связи и Артиллерийского комитета ГАУ. Вел совещание заместитель начальника ГУС КА генерал К. Х. Муравьев. Совещание постановило: заказы по наземным средствам радиообнаружения самолетов передать в Управление командующего войсками ПВО ТС, создав в нем необходимый орган по радиолокации, и подчинить ему радиолокационный отдел НИИИС КА. Работы по бортовой самолетной радиолокационной аппаратуре для ИА совещание рекомендовало передать в ведение Главного управления ВВС.

Начальник ГУС КА, рассчитывая на поддержку Генеральным штабом Вооруженных Сил принятого решения, своим приказом от 2.06 1943 г. передавал в подчинение командующего войсками ПВО ТС отдел радиолокации НИИИС КА. Однако Генеральный штаб решил этот вопрос иначе.

Директивой от 4.07 1943 г.⁶⁵ он отклонил постановление объединенного совещания и обязал все вопросы наземной радиолокации для войск ПВО сосредоточить в одних руках - ГАУ НКО. На этом основании отдел радиолокации НИИИС КА передавался в Научно-исследовательскую лабораторию артиллерийского приборостроения (НИЛАП ГАУ). Задания на работы по самолетным бортовым РЛС обнаружения, прицеливания и опознавания передавались по директиве Генштаба НИИ ВВС.

Той же директивой в ГАУ предусматривалось создание отдела радиолокации, который был первым в центральных аппаратах НКО и НК ВМФ отделом, ведавшим заказами на развитие радиолокационной техники в нашей стране. Начальником отдела был назначен автор данной книги.

Важную роль в развитии радиолокационной техники для войск ПВО начиная с 1936 г. сыграли военные инженеры НИЗАП ГАУ К. Н. Томилин и В. А. Калачев. Как опытные специалисты, они были руководителями (или советниками) предвоенных испытаний радиоискателей «Буря», Б-2 и Б-3, а также ряда послевоенных испытаний станций орудийной наводки и РЛС дальнего обнаружения. Критически оценивая достоинства и недостатки испытывавшихся опытных образцов и экспериментальных радиоискателей, К. Н. Томилин и В. А. Калачев внесли много ценных предложений по их доработке. С организацией в первые месяцы войны опытной зенитной батареи под Москвой они являлись заместителями руководителя боевой службы батареи и вместе с инженером НИИ-9 М. Л. Слиозбергом обеспечивали техническую эксплуатацию СОН.

Отчеты НИЗАП ГАУ по исследованиям средств радиообнаружения самолетов и по их испытаниям оценивались руководством Совета по радиолокации при ГКО как образцы глубокой научной работы специалистов полигона и ставились в пример руководству других аналогичных научно-исследовательских и испытательных учреждений НКО и НК ВМФ. В значительной мере эта оценка относилась к К. Н. Томилину, В. А. Калачеву, их преемникам А. А. Меркину, И. И. Златомрежеву и М. А. Левбаргу. Проведение полигонных испытаний новых образцов РЛС и разнообразных научных исследований позволило инженерам НИЗАП ГАУ: а) разработать методы использования РЛС в качестве контрольно-измерительной аппаратуры при определении разброса разрывов зенитных снарядов на стрельбах, для корректирования стрельб в целях повышения их эффективности; б) определить влияние конструкций мин на их баллистические характеристики и причины ненормальных разбросов их по дальности; в) создать методику зенитных стрельб по мишеням при «отвернутой» стрельбе по реальным целям.

⁶⁵ Архив МО СССР, ф. 8 1, оп. 12048, д. 73

«Отвернутая» зенитная стрельба отличалась от обычной тем, что РЛС ведет сопровождение самолета (цели), определяя при этом угловые координаты и дистанцию до нее, а орудия стреляют в противоположную сторону, но по данным того же угла места и дистанции, которые определяются РЛС. Вторая РЛС наблюдает места разрывов снарядов. Сопоставление координат самолета (цели) и точки разрыва снаряда позволяет определять точность стрельбы (поражения цели). «Отвернутая» стрельба введена на полигонах взамен устаревшей методики стрельбы по буксируемому рукаву (мишени).

Разработанные методики получили широкое применение в последующих государственных и полигонных испытаниях различных средств ПВО и позволили значительно сократить сроки их проведения (независимо от погодных условий) и повысить достоверность и точность получаемых результатов и выводов.

Важную роль в организации и проведении исследовательских и испытательных работ НИЗАП ГАУ, в том числе и по радиолокационной технике, выполнял инженер полигона П. Г. Гилилов. В течение многих лет он являлся заместителем начальника полигона по научно-испытательной и исследовательской работе.

Глава пятая

УРОКИ И ВЫВОДЫ ИЗ ПРЕДВОЕННОГО РАЗВИТИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ. О СОВЕТЕ ПО РАДИОЛОКАЦИИ ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ ОБОРОНЫ (ГКО)

Ретроспективно анализируя пути предвоенных исследований и конструкторских работ при создании РЛС для зенитной артиллерии и службы ВНОС ПВО, следует рассмотреть ряд условий и обстоятельств, которые в значительной степени повлияли на успехи и сроки создания РЛС и несомненно будут представлять интерес для читателя и всех участников развития радиолокационной техники.

Считается правомерным определять продолжительность разработки нового образца военной техники временем, затраченным от начала первых исследований (или разработки опытного образца) до принятия образца на вооружение.

Радиолокационная техника могла развиваться или с использованием непрерывного или с использованием импульсного способа излучения энергии. С научной точки зрения оба пути были правомерными.

Аппаратура радиообнаружения для службы ВНОС создавалась с применением обоих путей. В станциях «Рапид», «Вега» и «Ревень» использовался метод непрерывного излучения. Для станции дальнего обнаружения был принят импульсный метод. Быстро пришедший успех к ЛФТИ в решении проблемы объяснялся высокой научной эрудицией коллектива исследователей-разработчиков, что предопределило использование ими практически освоенного метрового диапазона волн, выбор более рационального (импульсного) метода и проведение тщательно продуманных предварительных исследований по рассеянию самолетом электромагнитных волн принятого диапазона. Результаты этих исследований дали основу инженерным расчетам необходимых тактико-технических параметров планируемой к разработке РЛС (дальность радиообнаружения, мощность излучаемой энергии, длительность импульса и частота повторения, тип приемника и индикатора и др.).

Всего три года понадобилось небольшому коллективу ЛФТИ, чтобы под руководством молодого ученого Ю. Б. Кобзарева выполнить необходимый объем теоретических и экспериментальных работ и доказать, что проблема дальнего обнаружения самолетов практически решена. Удлинение срока разработки опытного образца станции «Редут», принятой на вооружение под названием РУС-2, произошло по не зависящим от коллектива ЛФТИ причинам и было вызвано в основном неподготовленностью промышленности к выпуску подобной аппаратуры. Участие НИИ радиопромышленности и радиозавода в разработке РЛС РУС-2 и РУС-2с имело также большое значение, носило инженерно-прикладной характер и обеспечило надежность функционирования станции в войсках, стабильность их тактико-технических параметров, конструктивную простоту, технологичность и удешевление в серийном производстве. Однако деятельность НИИ и радиозавода базировалась на научно-теоретических и экспериментальных изысканиях, расчетах ЛФТИ.

Для создания РЛС зенитной артиллерии научный руководитель отдела радиоприемной аппаратуры ЦРЛ проф. В.И.Сифоров и ведущий инженер разработки Ю.К.Коровин избрали метод непрерывного излучения и дециметровый диапазон волн. Этот же путь избрали директор ЛЭФИ академик А.А.Чернышев и

руководитель работ Б.К.Шембель. Разработка станции непрерывного излучения в дециметровом диапазоне оказалась для обоих коллективов более сложной инженерной задачей, чем создание станции импульсного типа на УКВ. Разработки, начатые в январе 1934 г., продолжались до осени 1941 г. и, с эвакуацией промышленности на восток, были прерваны на 5 месяцев. Лишь с организацией нового радиозавода-института разработка была возобновлена и закончена к ноябрю 1942 г., но уже с применением импульсной техники.

Выбор более сложного непрерывного метода излучения и дециметрового диапазона волн оказал решающее влияние на длительность сроков создания РЛС для зенитной артиллерии. Приход в ЛЭФИ - НИИ-9 научного руководителя проф. М. А. Бонч-Бруевича не изменил научно-технической направленности радиолокационных разработок, начатых академиком А. А. Чернышевым и Б. К. Шембелем. Словно душа не лежала у М. А. Бонч-Бруевича к импульсному методу, с успехом примененному им в 1932–1933 гг. при исследовании физических свойств верхних слоев атмосферы. Даже после научно-технической радиолокационной конференции в сентябре 1938 г., по достоинству оценившей успех коллектива ЛФТИ, достигнутый в разработке импульсной техники, М. А. Бонч-Бруевич не изменил своего мнения о перспективности использования непрерывного метода излучения. По рекомендации конференции и настоянию ГАУ в план института на 1939–1940 гг. была включена дополнительная тема на разработку импульсного радиодальномера «Стрелец».

Свое предпочтительное отношение к аппаратуре с непрерывным излучением и приемом М. А. Бонч-Бруевич подтвердил не только практической деятельностью в НИИ-9, но и подачей в начале 1940 г. в органы военных изобретений двух заявок на способы применения электромагнитных волн для задач зенитной артиллерии. Уместно отметить, что исследования по импульсной технике, начатые в ЛЭФИ в 1934 г. научным сотрудником М. Д. Гуревичем (старшим), с приходом М. А. Бонч-Бруевича в институт в 1935 г. были прекращены.

Вместе с тем нельзя отрицать и того, что создание артиллерийской станции являлось более сложной научно-инженерной проблемой, чем создание станций для службы ВНОС. Об этом свидетельствует не только большее время, затраченное на ее разработку, но и то, что в ней участвовало пять научных коллективов (ЦРЛ - ЦВИРЛ, ЛЭФИ-НИИ-9, УФТИ, НИИ радиопромышленности, радиозавод-институт) и в течение некоторого времени ЛФТИ, вместо двух коллективов (ЛФТИ и НИИИС КА) при создании станции «Редут» и что разработку РЛС для зенитной артиллерии четыре коллектива осуществляли с импульсной аппаратурой.

Объективности ради следует отметить, что обнадеживающие взгляды на перспективность применения станций с непрерывным излучением были у академика А. А. Чернышева, проф. В. И. Сифорова и М. А. Бонч-Бруевича, инженеров Ю. К. Коровина и Б. К. Шембеля. Эти взгляды разделял также и проф. Б. А. Введенский, руководивший в НИИ-9 широким кругом исследований.

Таких же взглядов придерживалось большинство ведущих инженеров и научных сотрудников НИИ-9, работавших с аппаратурой на непрерывном излучении уже больше пяти лет и вложивших в нее огромный труд, инженерное творчество и изобретательность⁶⁶. Научный авторитет М. А. Бонч-Бруевича в НИИ-9, как следствие его выдающейся деятельности в Нижегородской радио лаборатории, был столь непререкаем, что его неоднократные без тени колебаний заявления о большей перспективности аппаратуры с непрерывным излучением ни у кого не вызывали сомнений.

⁶⁶ Инженеры Н. И. Оганов, Е. А. Селин, П. П. Кузнецов, Л. Ю. Блюмберг, Е. Н. Майзельс и др. Возглавлял группу М. Л. Слиозберг.

Нельзя не коснуться еще одной особенности в организации предвоенного развития радиолокационной техники, которая могла бы существенным образом ускорить оснащение ее средствами не только войска ПВО, но и ВВС, и ВМФ. Могла, но не ускорила из-за стечения ряда обстоятельств.

У читателя может возникнуть вопрос: а почему академик А. Ф. Иоффе, горячо поддерживавший идею радиообнаружения самолетов на собрании ученых 16 января 1934 г., больше года не принимал участия в реализации этой идеи, передоверив это важное дело директору ЛЭФИ?

Объяснялось это тем, что ЛФТИ не имел от Управления ПВО соответствующего задания на 1934 г., получив его только при заключении договора 19 марта 1935 г. Следовательно, 1934 и начало 1935 г. для исследовательских работ в ЛФТИ не были использованы и решение проблемы дальнего радиообнаружения практически оказалось отодвинуто.

Наверное, было бы также более правильно, если бы П. К. Ощепков в 1935 г. привлек к проблеме импульсной радиолокации не только ЛФТИ, но и радиозавод и крупнейшего в те годы специалиста в области радиоприборостроения проф. А. Л. Минца, после того как он, в ответ на просьбу С. С. Каменева, дал положительную оценку этой идее. Такое дублирование повысило бы вероятность ускорения решения проблемы и, кроме того, что было очень важно, подготовило бы завод к выпуску импульсных РЛС. Потерю предвоенного времени еще на один год увеличил новый (с 1937 г.) заказчик НКО на средства радиообнаружения для службы ВНОС-НИИИС КА. Он не проявил должной настойчивости в ускорении того как в 1938 г. на испытаниях экспериментальной аппаратуры ЛФТИ был достигнут блестящий успех. Этот успех давал НИИИС КА полное основание обратиться в Комитет обороны при СНК СССР с предложением обязать радиопромышленность создать с участием ЛФТИ и НИИИС КА подвижную станцию дальнего обнаружения как образец для серийного выпуска и оснащения войск ПВО.

Однако НИИИС КА не пошел этим путем, Получив отказ дирекции радиозавода на разработку подвижного варианта РЛС, институт не обратился с аналогичным предложением к руководителям НИИ радиопромышленности и не прибег к помощи Комитета обороны. Вместо этого НИИИС К А и ЛФТИ решили создать и создали в 1938– 1939 гг. своими силами и средствами подвижную станцию «Редут», которая, однако, явилась лишь промежуточным вариантом, а не образцом для ее серийного производства. Лишь через год (1940 г.) по решению Комитета обороны в НИИ радиопромышленности были созданы два опытных образца автомобильной станции «Редут», принятой на вооружение под названием РЛС РУС-2. На создание этой станции НИИ затратил всего один год, т.е. столько же, сколько было затрачено на создание в ЛФТИ и в НИИИС КА промежуточного варианта.

Неоправданный простой ЛФТИ с началом развертывания исследований по радиообнаружению и недостаточная настойчивость НИИИС КА привели к тому, что опытный образец РЛС дальнего обнаружения, принятый на вооружение, был создан почти на два года позже имевшихся в то время реальных возможностей у ЛФТИ, НИИИС КА, НИИ радиопромышленности и радиозавода. Задержка серийного выпуска станций РУС-2 отрицательно сказалась на оснащении ими войск ПВО к началу Великой Отечественной войны.

Поскольку импульсная аппаратура станции «Редут» явилась исходной и для создания корабельных и самолетных РЛС⁶⁷, то задержка с ее выпуском не могла не сказаться на оснащении ВМФ и ВВС не только этими станциями, но и бортовыми РЛС кораблей и самолетов истребительной авиации.

⁶⁷ Корабельная-«Редут-К», самолетная-«Гнейс-2».

При более раннем создании станции «Редут» (в 1938 г. вместо 1940 г.) отпала бы необходимость в разработке инженерами НИИИС КА опытного образца и выпуска на радиозаводе серийной партии системы РУС-1 (свыше 100 автомашин, фургоны которых были оборудованы передающей и приемной радиоаппаратурой), обладавшей весьма ограниченными тактическими возможностями. Вместо этой системы тот же завод мог бы до начала войны выпустить значительное количество РЛС дальнего обнаружения, несравненно более важных для ПВО, чем система РУС-1.

В этой главе автор показал отрицательные последствия в оснащении армии и флота средствами радиолокации не с точки зрения предъявления упреков или обвинений в адрес отдельных коллективов, ученых, инженеров промышленности и военных деятелей. В каждом новом, а тем более сложном деле ошибки, как правило, неизбежны, и если о них следует помнить, то исключительно, как об уроках на будущее. «Учиться не только на достижениях, но и на ошибках» - к радиолокации и радиоэлектронике в целом правило применимо особенно, имея в виду их широчайшее внедрение в важнейшие комплексы современного вооружения, которые с каждым годом усложняются все больше и больше, и потому малейшая ошибка, допущенная в их развитии, может привести к серьезным последствиям.

Советский народ под руководством Коммунистической партии разгромил фашистскую Германию и милитаристскую Японию. Во время войны радиолокационная техника сыграла немаловажную роль. Ее боевая эффективность имела бы большую результативность, если бы войска ПВО в предвоенные годы были полнее оснащены РЛС и имели возможность и время глубже изучить их тактико-технические данные.

Вторая мировая и Отечественная войны раскрыли замечательные свойства и возможности впервые применявшейся техники радиообнаружения. Уже с самого начала боевых действий зарубежная военная печать была заполнена информацией о роли средств радиообнаружения в ПВО Англии и в ее борьбе с немецким и итальянским флотами в Средиземном море и Атлантике.

Большое значение имело применение этой техники и на советско-германском фронте. Особенно показательны были результаты ее применения в битве за Москву, в ПВО блокированного Ленинграда и в операциях Черноморского и Северного флотов. ЦК ВКП(б), Государственный Комитет Обороны и Ставка Верховного Главного Командования пристально следили за развитием радиолокационной техники и принимали все меры к ускоренному ее выпуску и снабжению войск.

Созданный по инициативе ГАУ и решению ГКО от 10 февраля 1942 г. новый радиозавод-институт в силу ограниченных производственных возможностей не мог удовлетворить потребности войск ПВО в РЛС для зенитной артиллерии. Поэтому руководители завода-института и автор настоящей книги, проявляя озабоченность в этом вопросе, разработали предложения по решению проблемы расширения выпуска РЛС и в начале 1943г. внесли их в Отдел электропромышленности ЦК ВКП(б). В марте 1943 г. в Отделе электропромышленности ЦК ВКП(б) и у Наркома электропромышленности И. Г. Кабакова началось всестороннее обсуждение мероприятий, нацеленных на ускорение развития техники радиообнаружения. В этой работе участвовали ответственные представители Госплана СССР, наркоматов вооружения, авиационной, электротехнической и судостроительной промышленности, ГАУ НКО и радиозавода-института НКЭП. В процессе тщательного изучения вопроса были выработаны предложения о привлечении ряда заводов оборонной промышленности и об учреждении

правительственного органа для координации развития радиолокации между существующими заводами НКЭП и вновь привлекаемыми.

Окончательная подготовка доклада на имя Верховного Главнокомандующего И. В. Сталина с проектом постановления ГКО была выполнена в Отделе электропромышленности ЦК ВКП(б) А. А. Турчаниным с участием проф. Военно-морской академии А. И. Берга (впоследствии академик), отозванного в марте 1943 г. из академии для назначения на пост заместителя Наркома электропромышленности. 4 июля 1943 г., в канун начала великой битвы на Курской дуге, вышло постановление Государственного Комитета Обороны «О создании Совета по радиолокации при ГКО». Председателем Совета был назначен член ГКО секретарь ЦК ВКП(б) Г. М. Маленков. В истории советской радиолокации это постановление явилось важнейшим государственным актом, так как с образованием Совета руководство развитием новой отрасли техники и осуществление большого комплекса необходимых мероприятий было сосредоточено в одном правительственном органе и проводилось по непосредственным указаниям ЦК ВКП(б).

Заместителем председателя Совета был утвержден А. И. Берг, который осуществлял повседневное руководство деятельностью Совета. Одновременно он оставался заместителем Наркома электропромышленности, совмещая два поста до октября 1944 г., после чего от работы в НКЭП был освобожден.

С этого времени термин «радиолокация» вошел в служебный лексикон и переписку и в обиход, заменив ранее употреблявшийся термин «радиообнаружение». Организационно Совет состоял из рабочего аппарата и постоянных членов Совета. Первая структура рабочего аппарата включала: научный отдел (руководитель Ю. Б. Кобзарев), промышленный (руководитель А. И. Шокин), военный (руководитель Г. А. Утер) и отдел научно-технической информации (руководитель В. М. Калинин). В дальнейшем число отделов, в связи с расширением деятельности Совета и охватом новых направлений его работы, возросло. В состав постоянных членов Совета были введены народные комиссары оборонных отраслей промышленности Д. Ф. Устинов, М. В. Хруничев, А. А. Горегляд, И. Г. Кабанов, руководящие работники Госплана СССР, НКО и ВМФ, включая заместителя начальника Генерального штаба, а также видные инженеры и ученые промышленности и военные инженеры. Ответственным секретарем Совета был назначен А. А. Турчанин.

Совет по радиолокации разрабатывал мероприятия по развертыванию радиолокационной промышленности и серийному производству РЛС; по планированию научных исследований и разработок новых образцов, чтобы более рационально использовать возможности промышленности; по подготовке научных, инженерных и технических кадров радиолокационного профиля для промышленности, армии и флота и по организации научно-технической информации, унификации и нормализации радиоэлементов и комплектующих изделий в радиолокационной аппаратуре. Плодотворная деятельность Совета очень скоро сказалась на увеличении выпуска РЛС и дополнительном вовлечении в сферу их разработок значительного круга научных, инженерных и производственных кадров. Так, если относительный рост производства станций дальнего обнаружения РУС-2 и РУС-2с в 1941 г. принять за 100%, то в 1942 г. он составил 106%, в 1943 г. - 136%, в 1944 г. - 306% и в 1945 г. - 588%.

А перечень, приведенный ниже, показывает общее количество РЛС, выпущенных

отечественной промышленностью к концу войны:

РУС-144

РУС-2 (двухантенная).....12

РУС-2 (одноантенная, автомобильная)	132
РУС-2 (одноантенная, разборная)	463
Артиллерийская СОН-2от.....	124
Самолетные РЛС «Гнейс-2» и «Гнейс-2М»	231 ⁶⁸
Самолетные РЛС «Гнейс-5» и «Гнейс-5М»	24 ⁶⁹

Кроме этих РЛС было выпущено некоторое количество корабельных станций серии «Гюйс» и ее модификаций - «Гюйс-1», «Гюйс-1М», «Гюйс-1Б», самолетных станций морского варианта «Гнейс-2М» и «Гнейс-5М» и большое количество самолетных ответчиков СЧ.

Очень большое значение для успешного и ускоренного развертывания массового производства радиолокационных средств, повышения их качества, эксплуатационной надежности и снижения себестоимости имели унификация производственной технической документации (рабочих чертежей и ТУ)⁷⁰ на радиоаппаратуру и организация производства необходимого ассортимента высококачественных комплектующих радиоизделий и деталей.

Совет по радиолокации сводил в единый план заявки заказчиков на исследования и разработки, оставляя в нем наиболее важные, одобренные Научно-техническим советом (НТС)⁷¹, и определял научно-техническую политику развития радиолокации, отвечавшую, с одной стороны, нуждам армии и флота, а с другой - возможностям науки, техники и промышленности.

По предложению Совета, утвержденному правительством, в 1943 г. были созданы два новых научно-исследовательских института по радиолокации и электронной технике. В эти институты были привлечены видные ученые и инженеры, имевшие за плечами значительный опыт научных исследований и разработок в НИИ-9 и в других институтах в области радиофизики и радиотехники высоких частот.

С образованием Совета в научно-исследовательских институтах радиопромышленности начались плановые разработки и производство радиоизмерительной и стендовой аппаратуры, имевшей первостепенное значение для исследователей и создателей опытных образцов радиолокационных установок в новых частотных диапазонах и для войск при эксплуатации новой техники.

В созданном Советом Проектно-конструкторском бюро (ПКБ) началась разработка вопросов нормализации комплектующих изделий, унификация радиоэлементов и измерительной техники. Деятельность ПКБ позволила заложить основы высокого качества радиолокационной и радиоэлектронной аппаратуры, нашедшей широкое применение в будущих ракетных комплексах вооружения. Первым начальником ПКБ был Н. Л. Попов, крупный специалист в области радиотехники, опытный и трудолюбивый инженер-организатор.

Положительно был решен Советом и важный вопрос подготовки кадров научных работников, инженеров, техников, конструкторов, технологов, мастеров и рабочих. По предложению Совета в ряде вузов и средних учебных заведений были созданы факультеты и отделения радиолокационного профиля для пополнения предприятий специалистами.

⁶⁸ По состоянию на 1 декабря 1944 г.

⁶⁹ По состоянию на 1 декабря 1944 г.

⁷⁰ Привлеченные заводы принадлежали разным наркоматам и не имели единой системы технической документации, чтобы выпускать один и тот же тип РЛС

⁷¹ НТС возглавлял проф. А. Н. Щукин (впоследствии академик), отозванный, как и А. И. Берг, из Военно-морской академии ВМФ.

Советская радиолокация, возникнув независимо от иностранного влияния, развивалась, между тем, не замкнуто. Там, где было необходимо, она использовала достижения мировой научно-технической мысли. В этом плане значительную помощь радиолокации оказывали созданный в 1946 г. при Совете информационный центр – Бюро новой техники (БНТ) и подчиненное ему издательство «Советское радио». Через них поступала радиоэлектронная научно-техническая информация, дополнявшая информационный фонд отечественной науки.

Работа БНТ получила широчайший размах, так как проводилась в масштабе всей страны. Организаторами такой системы научно-технической информации были А. А. Турчанин, В. М. Калинин, С. А. Одинцов, Н. М. Шулейкин и В. И. Шамшур.

В первый послевоенный год деятельность Совета развернулась еще шире. Рабочий аппарат Совета еле успевал переработать огромный поток научно-технической информации, изучал опыт боевого применения радиолокационной техники. Эта большая коллективная исследовательская работа выполнялась под непосредственным руководством А. И. Берга, А. И. Шокина, А. Н. Щукина, Ю. Б. Кобзарева, И. С. Джигита и Г. А. Угера. Большую помощь в этом оказывали военные инженеры ГАУ, ВВС и ВМФ.

В результате глубокого изучения и обобщения опыта войны, анализа научно-технического состояния советской и зарубежной радиолокации и предложений ГАУ, ВВС и ВМФ Советом при участии Госплана СССР был разработан проект 3-летнего плана развития радиолокации на 1946-1948 гг., включавшего НИР и ОКР по радиолокации и смежным с ней отраслям техники; мероприятия по расширению радиолокационной промышленности; организационные мероприятия по Госплану СССР, НКО, ВМФ и оборонной промышленности.

В июле 1946 г. 3-летний план был утвержден ЦК ВКП(б) и Советом Министров СССР. По своей значимости, объему и разнообразию мероприятий этот план был основополагающим программным документом партии и правительства, регламентировавшим всестороннее развитие радиолокации в стране. С реализацией этого плана начался новый этап ее развития. В разделе «Организованные вопросы» предусматривалось строительство новых радиозаводов и заводов по выпуску комплектующих изделий и радиодеталей, открытие ряда научно-исследовательских институтов, КБ, вузов, факультетов и техникумов радиолокационного профиля. В этом же разделе предусматривалось усиление органов, ведавших заказами на развитие и производство радиолокационной техники, в Военном и Военно-Морском министерствах, в Госплане СССР, в Министерстве оборонной промышленности, а также создание Военно-инженерной радиотехнической академии ПВО им. Маршала Советского Союза Л. А. Говорова.

В июне 1947 г. Совет по радиолокации был преобразован в Комитет по радиолокации при Совете Министров СССР. Его председателем был утвержден председатель Госплана СССР М. З. Сабуров. Повседневной деятельностью Комитета стали руководить, вместо освобожденного А. И. Берга, А. И. Шокин – опытный и энергичный организатор промышленности, прозорливо понимавший перспективу развития радиоэлектроники (ныне министр электронной промышленности), и проф. А. Н. Щукин, как заместители председателя Комитета⁷². А. И. Берг был введен в состав постоянных членов Комитета и одновременно назначен директором головного НИИ при Комитете по радиолокации⁷³.

⁷² Некоторое время первым заместителем председателя Комитета был министр промышленности средств связи Г. В. Алексенко

⁷³ В состав постоянных членов Комитета от Генерального штаба кроме генерала армии А. И. Антонова был введен генерал Н. Д. Псурцев

Комитет выполнял те же функции, что и Совет по радиолокации, оставаясь по-прежнему научно-техническим штабом радиолокации.

Деятельность Совета (Комитета) сыграла большую роль не только в развитии советской радиолокации, но и электронной техники и радиоэлектроники в целом. Созданные за период их существования НИИ, КБ и заводы радиолокационного профиля и широко поставленная учебная подготовка научных, инженерных и технических кадров послужили в послевоенные годы научно-инженерной и производственной базой развития новых отраслей радиоэлектроники, возникших в связи с общим мировым научно-техническим прогрессом, и, в частности, с использованием атомной энергии и ракетной техники. Отечественная радиотехническая и электронная промышленность из слабо развитой в довоенные годы отрасли стала выходить на одно из первых мест в системе народного хозяйства СССР и дала такой стимул для развития всех отраслей современной радиоэлектроники, который в наши дни способствовал всемирно-историческим достижениям советского народа в освоении космоса и применению радиоэлектроники в самых различных областях науки, техники, производства, культуры и быта. Широкое и разнообразное применение радиотехнических средств и электронной техники и степень их технического совершенства являются ныне важным критерием уровня развития промышленности наравне с энерговооруженностью народного хозяйства. Столь широкое развитие современной радиоэлектроники и электронной техники во многом обязано советской радиолокации, ибо ни одна из ранее существовавших отраслей не оказала такого влияния на развитие радиоэлектроники в целом, как радиолокация. Комитет (быв. Совет) по радиолокации выполнил возложенные на него ЦК КПСС и Советским правительством задачи и в августе 1949 г. был упразднен. Дальнейшее руководство развитием радиолокационной техники было возложено на Военное министерство и Министерства оборонных отраслей промышленности. Развитие радиолокационной промышленности, сети высших и средних учебных заведений по подготовке кадров и массовое производство радиолокационной техники не могли проходить без непосредственного участия Госплана СССР. В разные периоды деятельности Совета (Комитета) председатели Госплана СССР Н. А. Вознесенский и М. З. Сабуров, их заместители и ответственные сотрудники П. В. Никитин, М. И. Малахов и Д. Н. Кипятков уделяли огромное внимание радиолокации, планировали строительство новых и использование существующих заводов. Они были непременными участниками всех заседаний Совета, на которых рассматривались те или иные вопросы радиолокации, и оперативно реагировали на вынесенные решения.

Предметом особой заботы и внимания было развитие радиолокационной техники со стороны Военного министра А. М. Василевского, главкомов Войск ПВО, ВВС и ВМФ Л. А. Говорова, К. А. Вершинина и Н. Г. Кузнецова, начальника ГАУ Н. Д. Яковлева. Большой вклад в создание и организацию производства радиолокационной техники внесли Д. Ф. Устинов, М. В. Хруничев, И. Г. Кабанов, П. В. Дементьев, Г. В. Алексенко, А. А. Горегляд.

Заслуживает доброго слова плодотворное участие и помощь в выпуске РЛС в годы войны руководящих работников радиотехнической и судостроительной промышленности Г. П. Казанского и В. П. Терентьева.

Глава шестая

РАДИОЛОКАЦИЯ ПОСЛЕ ВОЙНЫ

Закончилась война, враг был разбит, Но подвиг сей в истории народом не забыт, И памятным навек остался 45 год, Когда на Эльбе и на Тихом океане Армейские друзья-однополчане Закончили победно свой поход...

Предпосылки к дальнейшему развитию радиолокации

Военные инженеры ГАУ, ПВО, ВВС и ВМФ, специалисты промышленности в ходе войны тщательно изучали радиолокационную аппаратуру Англии, США и Канады, полученную по ленд-лизу. Это давало им возможность оценить уровень зарубежной техники, ее конструкторско-технологические особенности, тактико-технические и эксплуатационные характеристики. Но мало знали инженеры немецкую радиолокацию, поскольку фашистское командование пользовалось ею на оккупированной территории страны лишь в редких случаях (под Севастополем). При наступательных операциях советских войск в захваченном трофейном вооружении радиолокационной техники не было. О том, что германская армия располагала средствами радиолокации, было известно еще с довоенных лет. Так, в 1936 г. в ГАУ был получен материал с описанием патента радиофирмы «Телефункен» на систему радиообнаружения самолетов, подобную в принципе изобретательскому предложению академика А. А. Чернышева от 7 февраля 1934 г. и отечественной системе «Ревень» (РУС-1). В 1940 г. стало известно о строительстве в Берлине башен ПВО, на крышах которых должны были устанавливаться зенитные батареи крупного калибра и РЛС орудийной наводки. В ходе войны в зарубежной военно-технической информационной литературе неоднократно публиковались фотоснимки немецких РЛС ПВО, полученные в процессе разведывательных полетов английских ВВС над территорией Франции, Бельгии и Голландии. Однако эти сведения имели крайне ограниченный характер и не давали представления об уровне фашистской радиолокации. Военным инженерам нельзя было допустить пробела в знаниях техники врага. Поэтому, как только советские войска вступили в Германию, командование ГАУ дало согласие командировать автора данной книги для поиска РЛ техники, ее изучения на месте и ознакомления с системой ПВО Берлина, ее оснащенностью зенитными видами оружия и техники.

Еще до начала Берлинской операции в восточных районах Германии, занятых советскими войсками, были обнаружены РЛС дальнего обнаружения «Фрейя» и «Манмут», станции целеуказания и наведения «Большой Вюрцбург» и РЛС орудийной наводки «Малый Вюрцбург». Детальные тактико-технические характеристики этих станций были уточнены по отчетным материалам комиссии Совета по радиолокации при ГКО, работавшей в Германии после взятия Берлина под руководством А. И. Шокина.

Ознакомление с системой ПВО Берлина и его пригородов позволило увидеть, что в основе этой системы была зенитная артиллерия калибра 105 и 128 мм, взаимодействовавшая с радиолокационной техникой, звукоулавливателями и зенитными прожекторами, и истребительная авиация, базировавшаяся на окрестных аэродромах. 37- и 105-мм зенитные батареи прикрывали подземную ставку фашистского командования в районе г. Цоссен, в 30 км к югу от Берлина.

Изучение немецкой, английской и американской радиолокационной техники, сравнение ее с отечественной, анализ применения последней определили пути и направленность развития радиолокационной техники для Войск ПВО, ВВС и ВМФ. Для Войск ПВО основы новых путей были рассмотрены еще в марте 1944 г. на расширенном пленуме Артиллерийского комитета ГАУ, предложившем новую

систему зенитного и радиолокационного вооружения, разработанную автором совместно с офицерами-вооруженцами арткома ГАУ. Система предусматривала создание зенитных батарей более крупного калибра для поражения высотных целей и малокалиберных батарей для уничтожения самолетов на средних и малых высотах⁷⁴.

Подверглась ли новая система пересмотру и корректировке в послевоенные годы? В первые годы - нет, а в последующие - подверглась. Почему? Известно, что апофеозом второй мировой войны был неоправданный ходом войны сброс американцами атомных бомб на японские города Хиросима и Нагасаки. Появление атомных бомб в арсенале разрушительных средств войны было одним из главных импульсов начавшейся научно-технической революции, коснувшейся сначала средств ведения войны, а затем науки и техники народнохозяйственного назначения.

Атомная бомба вызвала ускоренное развитие средств доставки ее к месту назначения: мощной реактивной авиации с огромными скоростями, дальностью и высотой полета и ракет-носителей атомной боеголовки оперативно-тактического и стратегического назначения.

Возможность применения противником реактивной авиации и ракетной техники не могла не вызвать в Войсках ПВО, ВВС и ВМФ соответствующих ответных контрмер. Для борьбы с высотными, скоростными реактивными бомбардировщиками в планах оборонной промышленности появились разработки более мощной крупнокалиберной зенитной артиллерии 100- и 130-мм калибра для поражения самолетов на высотах 12–16 км и малокалиберных автоматических скорострельных одноствольных и спаренных зенитных установок для войсковой ПВО. К новым зенитным батареям предусматривалось создание более совершенных РЛС обнаружения, целеуказания и орудийной наводки и приборов управления огнем (ПУАЗО).

Разрабатываемые РЛС должны были обеспечивать абсолютно надежное обнаружение и точную пеленгацию целей, с тем чтобы ни один вражеский самолет или корабль, вошедший в зону их действий, не остался незамеченным.

С этой целью развернулись исследовательские и конструкторские работы по созданию принципиально новых РЛС и разработке способов их применения. В отечественной и зарубежной радиолокационной технике наступила новая (вторая) стадия ее развития, характерная тактико-техническим совершенствованием РЛС и их разнообразием применительно к тактическим задачам армии и флота. Разработка многоплановых научно-теоретических основ радиолокации вовлекла широкие круги ученых и инженеров. Привлечение этих кругов и планирование их исследовательских задач проводилось Советом по радиолокации ГКО (СНК СССР). Важнейшим документом того времени был 3-летний план развития РЛ техники, упомянутый в предыдущей главе. О количестве и разнотемности проведенных в первые послевоенные годы научных исследований можно судить по тому, что различными издательствами СССР за этот период было опубликовано много научных и военно-исторических работ. Отчеты о выполнении НИР и их результатах, полученных применительно к различной радиолокационной аппаратуре в целом или к ее основным блокам и узлам, представлялись в обязательном порядке в научно-техническую библиотеку БНТ Комитета по радиолокации при СНК (Совмине) СССР. Здесь эта научная информация широко изучалась инженерами-конструкторам и - участниками развития радиолокационной техники.

⁷⁴ Архив МО СССР, ф.81,оп. 12048, д. 157, л 9-11

Новая проблема

Применение радиолокации и возросшая боевая эффективность Войск ПВО, ВВС и ВМФ привели к созданию средств и разработке методов противоборства с радиолокацией. В учебном пособии «Теоретические основы радиолокации»⁷⁵ всесторонне рассмотрены основные виды помех радиолокации и принципы защиты от них РЛС, дано определение пассивным и активным помехам (естественные, взаимные и искусственные).

Коротко остановимся лишь на искусственных помехах, которые как средство радиопротиводействия возникли почти одновременно с началом применения радиолокационных станций во второй мировой войне и применялись впоследствии в войнах в Корее, на Ближнем Востоке и во Вьетнаме.

В ходе второй мировой войны нашли применение два вида искусственных помех: первый - сбрасывание с самолетов нападения металлизированных лент (пассивные помехи), второй - активные (радиотехнические) помехи, излучаемые специальными передатчиками, устанавливаемыми на самолетах и кораблях и работающими на тех же диапазонах волн, что и РЛС, против которых направлено радиопротиводействие. Эти помехи создавали засветку электронных индикаторов РЛС, отметки от целей на которых становились невидимыми или трудно различимыми. Как показал опыт применения таких помех, они вполне оправдали свою роль.

Одним из характерных примеров успешного использования немцами радиопомех английским береговым РЛС является боевой эпизод 12 февраля 1942 г., во время которого эскадра немецких военных кораблей в составе двух линейных кораблей «Шарнгорст» и «Гнейзе-нау», крейсера «Принц Евгений» и десяти эсминцев беспрепятственно и безнаказанно прошла проливом Ла-Манш рядом с английской береговой обороной из французского порта Брест в свои воды.

Этот эпизод являлся беспрецедентным в береговой службе Англии и вызвал такую реакцию общественных кругов, от которой, по словам У. Черчилля, «страна бурлила гневом» [11].

В свою очередь англо-американская бомбардировочная авиация при налетах на немецкие города и промышленные центры широко пользовалась пассивными помехами подавления РЛС ПВО. В ходе Берлинской операции автору довелось видеть окрестности фашистской столицы и ее пригородов, а также городов Дрездена, Дессау, Плауэна и др., засоренными станиолевыми лентами, сброшенными авиацией союзников при налетах на эти города. Командование и военные инженеры ГАУ, которые занимались обеспечением Войск ПВО радиолокационными станциями, отчетливо представляли, какие неисчислимые беды и разрушения может нанести авиация противника, если РЛС будут выведены из строя и зенитные и авиационные средства окажутся «слепыми». Поэтому, разрабатывая предложения к перспективному плану развития артиллерийского и радиолокационного вооружения, ГАУ наряду с разработкой новых РЛС предусмотрел и научно-исследовательские работы по защите станций от помех.

В этих исследованиях ставились вопросы: какие методы радиопротиводействия найдут применение в будущем, если РЛС будут работать в разных диапазонах волн, как видоизменяются помехи и какие из них будут наиболее опасными по своему эффекту и, наконец, что следует предусмотреть в схемах и конструкциях будущих РЛС, чтобы исключить или уменьшить эффективность воздействия помех.

⁷⁵ Теоретические основы радиолокации / Под ред. Ширмана ЯД. — Советское радио, 1970

Командование ГАУ одобрило предложения своих инженеров и внесло их в Совет по радиолокации при СНК СССР, однако в 3-летнем плане развития радиолокации (на 1946-1948 гг.) они не нашли своего отражения.

Заручившись моральной поддержкой у разработчиков, ГАУ доложило Генеральному штабу и Комитету по радиолокации при СНК СССР⁷⁶ о своей озабоченности ненадежностью радиолокационной службы ПВО в условиях радиопротиводействия и просило принять решение о создании в ряде НИИ специализированных лабораторий данного профиля и о развертывании в них необходимых исследований. Не дожидаясь решения Комитета, ГАУ поручило подчиненному НИИ начать исследования по защите РЛС от пассивных помех, назначив руководителем этой работы компетентного военного инженера А. И. Шестакова, активного участника разработок и совершенствования станций дальнего обнаружения. С большим творческим вдохновением начал он со своим небольшим коллективом работы и, несмотря на трудности и неудачи, через три года добился вполне приемлемых результатов, используя принципы когерентно-импульсной техники.

Результаты этой НИР нашли применение в последующих разработках РЛС дальнего обнаружения.

Примерно в это же время было найдено и первое практическое решение защиты РЛС от некоторых видов активных (радиотехнических) помех.

Война в Корее подтвердила озабоченность ГАУ. Под прикрытием пассивных помех авиации США удавалось безнаказанно проникать в воздушные просторы Северной Кореи и бомбить ее аэродромы.

Постепенно ученые, инженеры-конструкторы и руководящие работники промышленности осознали важность и своевременность пересмотра своих позиций к данной проблеме. Следует, однако, отметить, что работы по защите РЛС от помех получили широкий размах лишь после того, как в 1949 г. ответственность за развитие радиолокационной техники была возложена на Военное министерство и министерства оборонных отраслей промышленности.

Итак, появление реактивной авиации, ракетной техники и атомной бомбы ускорило развитие радиолокации.

Широкое применение получили РЛС сантиметрового диапазона волн. Начало освоения этого диапазона, как было отмечено в первой и второй главах, было положено б довоенных работах ЛЭФИ (НИИ-9), Ленинградского электротехнического института и УФТИ. Результаты этих работ были использованы при освоении радиолокации коллективами ЦРЛ и ЛЭФИ.

Фундаментальные теоретические и практические работы с электронными приборами СВЧ были проделаны в НИИ электронной техники, созданном в 1943 г. Советом по радиолокации при ГКО. В послевоенные годы каталог электронных приборов для радиолокации пополнился лампами бегущей и обратной волны, параметрическими и электронными усилителями и другими приборами

В течение десяти послевоенных лет значительно поднялась мощность излучения РЛС. От десятков киловатт в станциях дальнего обнаружения метрового диапазона она достигла мегаватт в РЛС сантиметрового диапазона.

Широкоплановые теоретические и экспериментальные работы, проведенные в НИИ-9 в 1938-1940 гг. по антеннам направленного действия и волноводам к ним, отмеченные в первой главе, оказались существенным вкладом в создание новых РЛС в 1947-1949 гг. Использование в этих РЛС нескольких магнетронных излучающих и приемных устройств, работавших на разных частотах, позволило

⁷⁶ В 1947 г. Совет по радиолокации был преобразован в Комитет по радиолокации при СНК СССР (а затем при Совмине СССР).

применять антенны, формирующие диаграмму без провалов (без лепестков), что обеспечивало практически 100%-ную надежность поиска целей и их сопровождение.

Применение сантиметровой техники и антенных устройств с плоскими (веерными) диаграммами направленности позволило значительно поднять разрешающие способности РЛС и точность определения угловых координат, а также в некоторой степени и устойчивость работы в условиях помех.

Разработка теоретических основ и схемных принципов автоматического сопровождения целей имела важное значение для артиллерийских станций орудийной наводки зенитных батарей ПВО и корабельных станций артиллерийской и торпедной стрельбы. Внедрение в эти схемы приемов ультразвукового стробирования еще выше подняло точность слежения за целью.

Прогресс в создании РЛС, связанный с необходимостью значительного увеличения мощности излучения и дальности действия, привел к переходу от генераторов с самовозбуждением магнетронного типа к генераторам с независимым возбуждением. Начали развиваться новые направления магнетронных усилителей с высоким к.п.д. и коэффициентом усиления, большой фазовой стабильностью и широкой полосой усиливаемых частот. Создавались приборы, не требовавшие для своей работы в импульсных режимах модуляции питающих анодных напряжений. Проблема защиты РЛС от помех, как важнейшая послевоенная проблема, заставила глубоко исследовать и разработать теорию когерентно-импульсной техники и на ее основе создать аппаратуру для РЛС дальнего обнаружения. Важным вкладом в создание этой теории стали работы ряда ученых коллективов страны, в том числе коллектива Военно-инженерной радиотехнической академии ПВО им. Маршала Советского Союза Л. А. Говорова [14].

Что касается защиты РЛС (главным образом артиллерийских СОН) от радиотехнических шумовых помех, то в этом направлении были разработаны метод и аппаратура автоматического ручного перевода станции на частоту, отличную от той, на которой создавались помехи. Это потребовало конструктивных и схемных усложнений магнетронного генератора и приемного устройства.

Важнейшим преимуществом послевоенных РЛС перед РЛС первого поколения была возможность кругового обзора и отображения воздушной или надводной обстановки. Реальному воплощению такой идеи послужила разработка индикаторной трубки с длительным послесвечением, позволяющей хранить информацию в течение одного оборота антенны РЛС.

Ведущая роль в послевоенном развитии и разработке радиолокационных средств для ВВС принадлежит коллективам многих отраслей промышленности и НИИ Министерства обороны. В трудах этих коллективов нашли комплексное отражение достижения в области СВЧ, в антенной, радиоламповой и индикаторной технике. Необходимо отметить огромную работу, проведенную многими предприятиями промышленности, по резкому повышению эксплуатационной надежности радиолокационных устройств, что имело важнейшее значение для радиолокации и радиоэлектронных комплексов различного назначения. Унификация и стандартизация комплектующих изделий радиоаппаратуры и создание нормативно-технической производственной документации в соответствии с планами Совета (Комитета) по радиолокации были первыми ступенями в этом направлении. Дальнейшими, более крупными шагами были разработка и внедрение миниатюрных радиоэлементов и создание принципиально новых изделий - модулей и микромодулей, представляющих собой функциональные узлы радиоаппаратуры.

Положительную роль в повышении качества и надежности радиолокационной техники (и всей радиоэлектронной аппаратуры в целом) сыграло широкое внедрение по решению ЦК КПСС и Советского правительства в технологию ее производства передовой производственной технологии автомобилестроителей. С этой целью Министр автомобильной и тракторной промышленности СССР Г. С. Хламов и ряд специалистов-технологов были переведены на некоторое время в радиопромышленность. Развитию авиационной радиолокационной аппаратуры, не уступающей по техническому уровню лучшим зарубежным образцам, способствовали работы по исследованию рассеяния радиоволн сантиметрового диапазона земной поверхностью, природными образованиями, различными стационарными и подвижными объектами, проведенные в ВВС В. П. Балашовым, Б. П. Малиновским, Э. Ф. Крымским, С. П. Розиньковым, Г. Н. Солодовниковым, В. М. Шабановым, И. В. Пединым, М. А. Гуляеым. Работа испытателей получила высокую оценку Министра обороны СССР, а В. П. Балашов и Б. П. Малиновский были удостоены Государственной премии СССР. Выполненные исследования позволили также создать искусственные радиолокационные цели на базе угольковых отражателей, которые не только обеспечили проверку образцов РЛС на практике бомбометания и стрельбы и дальнейшее их совершенствование по результатам проверок, но и позволили расширить возможности учебно-боевой подготовки экипажей самолетов в обстановке, близкой к реальным условиям применения РЛС. Вот кратко те научно-теоретические, практические и производственно-технологические предпосылки, которые определили развитие РЛС в 40-х - 50-х годах.

Послевоенные радиолокационные средства для Войск ПВО, ВВС и ВМФ

Послевоенное развитие наземных радиолокационных станций для Войск ПВО, ВВС и ВМФ характерно не только использованием новейших достижений радиоэлектроники, но и применением широкого диапазона радиоволн, позволившим обеспечить оперативно-тактическую устойчивость РЛС в условиях радиопротиводействия противника. Из опыта войны следовало, что РЛС РУС-2 и РУС-2с обладали высокой тактической и эксплуатационной надежностью, простотой в производстве и в обслуживании и стабильностью своих тактико-технических характеристик. Поэтому ГАУ решило параллельно с разработками РЛС на новых дециметровом и сантиметровом диапазонах продолжать создание более совершенных станций дальнего обнаружения и наведения и на метровом диапазоне. В модификациях станций, отличавшихся одна от другой, использовались различные схемные устройства для индивидуальной защиты их от радиопомех.

Создание новых образцов РЛС позволило войскам ПВО организовать после войны такую систему радиотехнических постов, которая обеспечила своевременное и надежное обнаружение скоростной авиации над всей территорией страны.

Радиолокационная система службы ВНОС стала надежным часовым воздушных просторов СССР

Радиолокационная станция П-3а

Первой послевоенной станцией дальнего обнаружения самолетов была РЛС П-3а, выполненная по тактико-техническим требованиям ГАУ от 25 июля 1946 г. при активном содействии и участии П. А. Беляева и И. А. Щербаковского. Станция П-3а представляла собой аналогию станции П-3, модернизированную в конструкторско-технологическом отношении на двух автомашинах. Ее тактико-технические параметры были идентичны параметрам РЛС П-3. После проведения

государственных испытаний на полигоне ГАУ в 1947 г. (инженер-испытатель Г. Т. Опышко) постановлением правительства станция была принята на вооружение и поставлена на серийное производство взамен ранее выпускавшихся станций РУС-2, РУС-2с и П-3.

Радиолокационная станция П-8

Станция П-8 дальнего обнаружения предназначалась для тех же задач службы ПВО, ВВС и ВМФ, что и ранее выпускавшиеся РЛС, и выполнялась согласно 3-летнему плану развития радиолокации на 1946-1948 гг., утвержденному ЦК КПСС и Советом Министров СССР 10 июля 1946 г.

В сравнении с РЛС РУС-2, РУС-2с и П-3 станция П-8 являлась значительным научно-техническим шагом в развитии метровых станций. Она обеспечивала обнаружение самолетов в режиме кругового обзора и в условиях пассивных и активных (радиотехнических) нешумовых помех и имела следующие основные тактико-технические параметры:

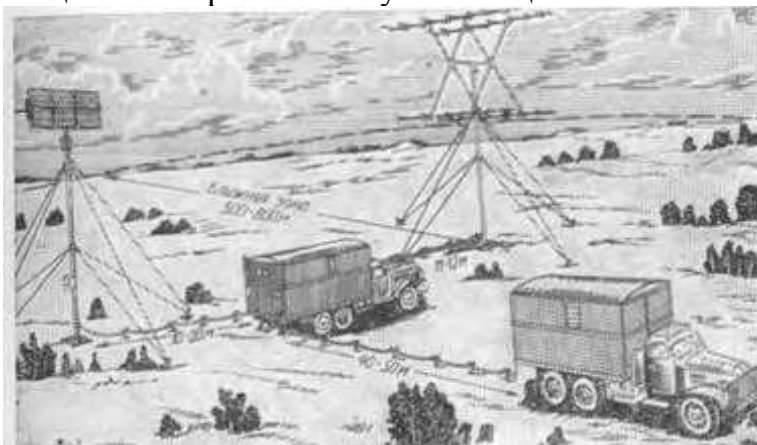
дальность обнаружения самолетов в режиме кругового обзора при высоте полета до 8000 м - 150 км,

разрешающая способность по дальности - не хуже 2,5 км, по азимуту - 24° , мощность в импульсе - от 70 до 75 кВт, чувствительность приемника - не хуже 7 мкВ, общая масса станции – около 17 т.

Станция имела антенну типа «волновой канал» с шириной диаграммы направленности в горизонтальной плоскости не более 24° . Причем антенна работала как на излучение, так и на прием.

В состав станции входили блоки защиты от помех и наземный радиолокационный запросчик НРЗ-1.

В станции использовалось два индикатора – кругового обзора и высоты. Индикатор высоты в комплексе с гониометром позволял определять угол места и с помощью номограмм высоту полета целей.



РЛС дальнего обнаружения П-8 на позиции

РЛС П-8 имела простейшую систему селекции подвижных целей (СДЦ) с когерентным гетеродином без системы череспериодного вычитания. Индикация подвижной цели производилась по биениям между напряжениями сигнала и когерентного гетеродина. Для синхронизации по фазе когерентного напряжения с излучаемыми станцией колебаниями использовался вспомогательный когерентный гетеродин (в блоке защиты от пассивных помех).

Генератор станции работал на лампах ГИ-1 по двухтактной схеме со стабилизацией частоты. Приемник был собран по супергетеродинной схеме с двойным преобразователем частоты. Индикатор кругового обзора имел электронно-лучевую трубку с двумя флюоресцирующими слоями, светящимися голубым и янтарным светом. Первое свечение - голубое прекращалось почти сразу после

прекращения бомбардировки экрана электронами. Второе - янтарное сохранялось длительное время, достаточное для наблюдения за целями при вращении антенны с частотой 2 об/мин.

В период 1949-1950 гг. РЛС П-8 успешно прошла полигонные испытания (инженер-испытатель Г. Т. Опрышко), показав полное соответствие заданным требованиям. Принятая на вооружение РЛС нашла широкое применение в Войсках ПВО, ВВС и ВМФ. За разработку станции коллектив инженеров был удостоен Государственной премии СССР. В 1951 г. по инициативе автора и инженера ГАУ А. И. Облезина к станции П-8 было разработано новое антенно-мачтовое устройство высотой 30 м под названием «Унжа». Целью этого устройства являлось прижатие к земле многолепестковой диаграммы направленности РЛС с целью повышения дальности обнаружения самолетов. Контрольные испытания станции с новым антенно-мачтовым устройством подтвердили соображения инженеров и показали, что обнаружение самолетов на средних высотах (10-16 км) стало возможным на расстояниях до 200-250 км, а на малых - на 60-70% дальше, чем при работе на штатную антенну.

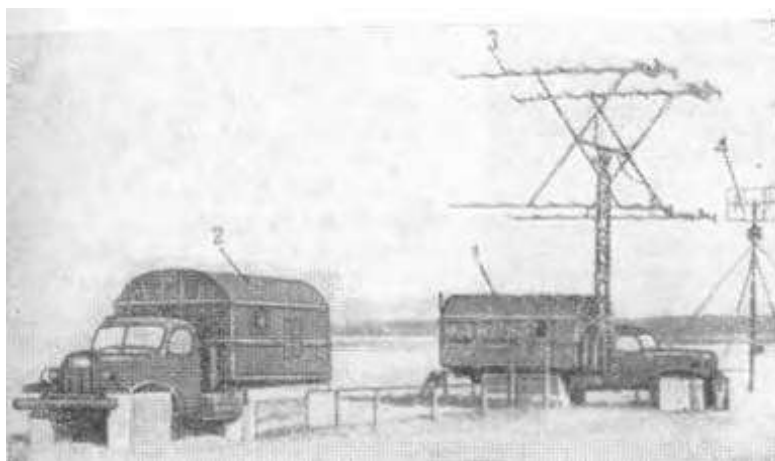
Оснащение станции П-8 двумя антенно-мачтовыми системами позволило расчетам станции легко переключать ее работу на штатную или на высотную мачту и тем значительно расширить тактико-технические возможности РЛС. Высотная мачта «Унжа» получила широкое применение и в войсках ПВО, и в диспетчерской РЛС аэродромного обслуживания Гражданского воздушного флота.

Радиолокационная станция П-10

Вслед за станцией дальнего обнаружения П-8 в соответствии с постановлением Совета Министров СССР в 1951 -1953 гг. была создана новая РЛС П-10, вобравшая в себя все лучшее, что было в станции П-8.

Для защиты от шумовых радиотехнических помех в станции был предусмотрен переход на другую рабочую частоту.

Опознавание обнаруженных самолетов производилось станцией с помощью придаваемого радиолокационного запросчика НРЗ-1.



РЛС П-10 на позиции:

1 - аппаратная машина; 2 - силовая машина; 3 - антенна станции; 4 - антенна запросчика

Основные тактико-технические параметры

Дальность обнаружения	До 180-200 км
Потолок обнаружения	16000 м
Максимальная ошибка определения:	
дальности	±1000м

азимута	$\pm 3^\circ$
высоты	2% дальности
Разрешающая способность:	
по дальности	2,5 км
по азимуту	$2,5^\circ$
Мощность излучения	55-75 кВт
Чувствительность приемника:	
на основной частоте	3 мкВ
на крайних частотах	4 мкВ

В сплошной завесе пассивных помех самолеты могли обнаруживаться при отношении амплитуды помеха/сигнал $\leq 1,5$ и при ветре менее 35 м/с. Дальность обнаружения в этих условиях снижалась не более чем на 18% дальности при работе с отключенной аппаратурой помехозащиты. При воздействии импульсных помех станция обнаруживала цели и в том случае, если длительность и амплитуда помех превышали в 1,5 раза соответствующие параметры сигнала от целей.

Станция обнаруживала самолеты и в помехах непрерывного излучения с синусоидальной амплитудной модуляцией.

Генератор передатчика работал по двухтактной схеме, его колебательная система была выполнена в виде объемного контура – цилиндрического резонатора, допускавшего перестройку частот в диапазоне рабочих частот станции.

Антенна станции работала без перестройки в диапазоне частот станции и состояла из четырех одинаковых антенн типа «волновой канал», расположенных в два этажа, по две антенны в каждом. Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости от 20 до 24° . Наклонная дальность, азимут и высота цели определялись с помощью индикаторов кругового обзора и высоты (гониометром).

В 1953 г. станция П-10 успешно прошла полигонные испытания и вскоре была принята на вооружение Войск ПВО, ВВС и ВМФ.

Радиолокационная станция П-12

В 1954-1956 гг. была разработана станция П-12. Оснащение этой станцией Войск ПВО, ВВС и ВМФ еще выше подняло надежность отражения воздушного противника в любых погодных условиях и условиях радиопротиводействия.

Основные тактико-технические параметры

Дальность обнаружения	До 200 км
Потолок обнаружения	18000м
Диапазон волн	Метровый, отличный от рабочих частот РЛС П-3а, П-8 и П-10, с возможностью быстрой перестройки в некотором диапазоне
Мощность излучения	Не менее 180 кВт
Диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости	Узкий лепесток $7-9^\circ$

Станция имела три индикатора: кругового обзора, высоты и выносной индикатор кругового обзора для установки его на КП ВНОС или КП авиационной части истребительной авиации.



РЛС дальнего обнаружения П-12М

Генератор СВЧ станции представлял собой однотактный генератор с самовозбуждением и был собран по схеме с общей заземленной сеткой.

В 1955-1956 гг. станция проходила государственные испытания на полигоне (инженер-испытатель Ф. К. Солодовников) и показала характеристики, полностью отвечавшие заданным требованиям ГАУ. Принятая на вооружение РЛС П-12 была поставлена на серийное производство и с успехом

Основные тактико-технические параметры

Дальность обнаружения	До 190 км
Ошибки определения координат:	
азимута	$\pm 0.5^\circ$
высоты	± 500 м
наклонной дальности	400 м
Разрешающая способность:	
по наклонной дальности	400 м
по азимуту	$1,3^\circ$
Мощность излучения каждого канала	Около 1000 кВт
Длительность импульсов	Около 1 мкс

Ширина диаграммы направленности: вертикального луча в горизонтальной плоскости от $0,5$ до 3° , в вертикальной – 20° ; наклонного луча – в наклонной плоскости от 1 до 3° и в вертикальной плоскости от 2 до 18° .

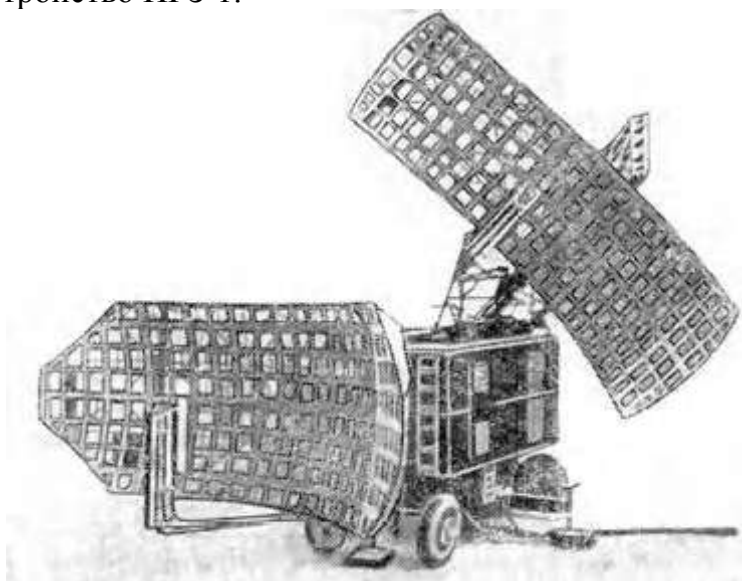
Станция имела пять излучающих и пять приемных каналов, работавших каждый в своем диапазоне сантиметровых волн. Три канала работали на антенное устройство с плоской (веерной) диаграммой направленности для поиска самолетов в горизонтальной плоскости и определения азимута и расстояния до целей (вертикальный луч). Два канала работали на антенну с наклонной диаграммой направленности (плоской, веерной), которая в комбинации с вертикальным лучом определяла высоту полета целей.

Состав станции с аппаратурой и агрегатами электропитания состоял из восьми транспортных единиц.

РЛС дальнего обнаружения и наведения П-20

Радиолокационная станция П-20 была первой станцией дальнего обнаружения и наведения в сантиметровом диапазоне волн. Разработка ее велась по заданию ВВС согласно 3-летнему плану развития радиолокации на 1946-1948 гг. Станция обеспечивала круговой обзор и обнаружение целей в зоне своего действия, отображала воздушную обстановку на экране станции и на выносном ИКО КП авиационной части.

РЛС определяла три координаты целей: азимут, наклонную дальность и высоту с помощью V-луча, идея которого была высказана проф. М. А. Бонч-Бруевичем еще в 1938 г. Для опознавания своих самолетов к станции придавалось запросное устройство НРЗ-1.



Общий вид РЛС П-20

Во вращающемся приемно-передающем фургоне было смонтировано пять высокочастотных шкафов с магнетронными генераторами, приемниками и аппаратурой, необходимой для излучения и приема. На крыше фургона монтировались антенные устройства. Станция имела четыре индикатора: кругового обзора, выносной (ВИКО), индикатор дальности и азимута и индикатор высоты.

Станция являлась сложнейшим радиолокационным устройством. Ее эксплуатация требовала от обслуживающего персонала инженерных знаний и опыта настройки многочисленных радиоблоков и устройств.

Разработку РЛС проводил коллектив радиопромышленности под руководством Л. В. Леонова при участии А. Р. Вольперта, Ю. К. Аделя, С. П. Заворотичева и многих других инженеров института.

В 1949 г. станция проходила в ВВС государственные испытания (руководитель инженер-испытатель И. И. Васютин) и показала соответствие заданным требованиям ВВС. Будучи принята на вооружение, станция П-20 широко использовалась в Войсках ПВО, ВВС, ВМФ и на больших аэродромах Гражданского воздушного флота (ГВФ) в качестве диспетчерской станции. Нельзя не отметить большую инженерную и организационную деятельность в разработке этой станции и ряда других РЛС дальнего обнаружения и наведения в послевоенные годы К. Л. Куракина (впоследствии заместителя министра электронной промышленности), удостоенного в 1950 г. Государственной премии СССР.

Радиолокационные станции целеуказания и орудийной наводки

РЛС целеуказания «Мост»

Первой РЛС целеуказания зенитной артиллерии с круговым обзором была автомобильная станция под названием «Мост». Ее разработка началась по заказу ГАУ еще в военные годы согласно постановлению ГКО от 23 марта 1944 г. Руководил разработкой Б. И. Иванов при научной консультации проф. Г. А. Зейтленок.

Основные характеристики станции

Дальность обнаружения	До 140 км
Точность определения:	
азимута	$\pm 2^\circ$
наклонной дальности	± 1 км
Диапазон волн	Метровый
Мощность в импульсе	80-100 кВт
Антенная система	Четыре антенны типа «волновой канал», расположенные попарно в двух горизонтальных плоскостях
Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости:	
одного волнового канала	50°
двух волновых каналов	20°

В станции были установлены: приемник супергетеродинного типа, рассчитанный для работы на одну фиксированную частоту, индикатор кругового обзора для непрерывного наблюдения за целями, определения их азимута и наклонной дальности, второй индикатор – для определения угла места и высоты полета цели.

В 1946 г. станция успешно прошла полигонные испытания и показала дальность обнаружения от 25 до 140 км при высотах цели 1000-8000 м.

Комиссия дала положительную оценку станции и рекомендовала принять ее на вооружение. В последующие годы РЛС стала применяться и как обзорная станция в аэродромных системах слепой посадки (в системах СП-50, «Материк»),

РЛС орудийной наводки для крупнокалиберной зенитной артиллерии

Радиолокационная станция СОН-2от повысила боевую эффективность ЗА в годы войны и доказала значительное преимущество радиолокационных средств перед оптическими приборами. Но после войны с началом научно-технического прогресса и появлением реактивных двигательных установок авиация резко подняла свои боевые возможности. Увеличились скорости и высота полетов, радиус действия и бомбовая нагрузка бомбардировщиков. СОН-2от не в состоянии была удовлетворять новым требованиям ПВО. Зенитная артиллерия также развивалась и расширяла тактико-технические возможности. Подвергся совершенствованию и прибор управления огнем (ПУАЗО).

С начала 1946 г. начал создаваться новый радиоприборный зенитный комплекс, в который входили 100-мм зенитная батарея, ПУАЗО и РЛС СОН-4.

Разработка РЛС СОН-4 была выполнена по заданию ГАУ при активном участии А. А. Форштера и М. Л. Слиозберга.

В станции предусматривалось три режима работы: кругового обзора, ручного управления антенной и автоматического сопровождения цели по угловым координатам. Первый режим использовался для обнаружения целей и наблюдения за воздушной обстановкой по индикатору кругового обзора, второй - для обнаружения целей в секторе перед переходом на автоматическое сопровождение и для грубого определения координат, третий – для точного определения азимута и угла места в автоматическом режиме и наклонной дальности ручным или полуавтоматическим способом.



РЛС СОН-4 в боевом положении

Основные тактико-технические характеристики

Дальность обнаружения бомбардировщика при полете на высоте 4000 м	Не менее 60 км
Дальность автоматического сопровождения на той же высоте	Не менее 40 км
Минимальная дальность определения координат	1 км
Точность определения координат:	
по дальности	20 м
по азимуту и углу места	0-01,6 д. у,
Диапазон волн	Сантиметровый
Мощность в импульсе	250 кВт
Тип антенны	Параболический отражатель диаметром 1,8 м с несимметричным вращением излучателя
Ширина диаграммы направленности	3,5^1,6°

Источником высокочастотных колебаний в передающем устройстве являлся магнетрон. В комплект станции придавались магнетроны, работавшие в четырех диапазонах, и соответственно с этим использовалась соответствующая модификация аппаратуры защиты от помех. Антенно–

фидерная система (общая на излучение и прием) обеспечивала круговой обзор в режиме поиска цели и ее автоматическое сопровождение.

Система измерения дальности позволяла непрерывно и точно определять дальность до цели и согласовывать во времени работу передатчика, приемника и системы кругового обзора. Благодаря применению блока ультра-узкого строба селекции цели по дальности достигалась высокая разрешающая способность порядка 120 м.

Государственные испытания СОН-4, проведенные на полигоне в 1947 г., показали высокие результаты (инженеры-испытатели А. А. Меркин и И. П. Жеребков, от ГАУ – А. З. Шостак). РЛС СОН-4 была принята на вооружение в комплексе с зенитной батареей 100-мм калибра и новым ПУАЗО. За разработку этой батареи ее создатели и офицеры ГАУ П. М. Попов и А. З. Шостак, активно содействовавшие созданию и испытанию батареи, были удостоены Государственной премии СССР.

Эффективность 100-мм зенитной батареи еще более возросла после того, как дистанционная трубка снаряда была заменена радиолокационным взрывателем, представлявшим собой миниатюрный радиолокатор.

Такой взрыватель был создан на базе миниатюрных и микромодульных схем, разработанных в радиоэлектронике, и обеспечивал высокую надежность подрыва снаряда в зоне 15-20 м от цели. Чтобы добиться поражения более высотных целей, вслед за 100-мм зенитной батареей был создан зенитный комплекс (батарея) в составе 130-мм орудий, новых РЛС СОН-30 и ПУАЗО, электросиловых приводов наведения орудий и радиовзрывателя. Высотность этого комплекса достигала 16000 м. При разработке комплекса были использованы не только новые достижения науки и техники, но и опыт НИИ и заводов оборонных отраслей промышленности по комплексному созданию средств борьбы, накопленный военными инженерами ГАУ еще в 1944 г. Вначале 1951 г. 130-мм батарея успешно прошла полигонные испытания и была предложена для принятия на вооружение Войскам ПВО. Однако Совет Министров СССР отклонил предложение и рекомендовал в борьбе с высотной реактивной авиацией переходить от ствольной артиллерии к ракетным зенитным комплексам.

РЛС орудийной наводки СОН-9 и СОН-9а

Станция разрабатывалась по заданию ГАУ в 1948 - 1950 гг. под руководством М. Н. Полозова с участием В. П. Рождественского, К. И. Воронцова, В. Н. Белугина и др. Она предназначалась для обслуживания войсковой зенитной артиллерии малого и среднего калибров.

Основные тактико-технические параметры

Диапазон волн	Сантиметровый
Мощность в импульсе	Около 250 кВт
Дальность обнаружения бомбардировщика:	
при ручном сопровождении	До 50 км
при автоматическом сопровождении	До 35 км
Ошибки определения координат в режиме автосопровождения:	
по дальности	20 м

по азимуту и углу места	0,2 д. у.
Разрешающая способность по наклонной дальности:	
при ручном сопровождении	125 м
при автосопровождении	200 м
Тип антенны	Параболический отражатель диаметром 1,5м с несимметричным вибратором, вращающимся с частотой 24 об/с
Ширина диаграммы направленности	Около 5° (по 50%-ному спаду мощности)

Передающее устройство РЛС работало от магнетронного генератора, вырабатывающего мощные высокочастотные импульсы длительностью около 0,5 мкс с частотой повторения 1875 Гц. Станция снабжалась четырьмя магнетронами, частоты которых отличались одна от другой в пределах 160 МГц.

Для получения высокочастотных незатухающих колебаний с частотой, отличающейся от частоты магнетрона, в схеме использовался сантиметровый гетеродин клистронного типа с объемным контуром (резонатором).

Приемная аппаратура обеспечивала работу индикаторов дальности и кругового обзора, управление антенной и блоком автодальномера.

Система управления антенной допускала три режима работы: автоматического кругового или секторного обзора, ручного управления положением антенны и цели. При работе в режиме автоматического сопровождения использовался принцип равносигнальной зоны.

В РЛС СОН-9 были предусмотрены прием целеуказания от РЛС кругового обзора и дистанционное управление положением антенны от визирной колонки ПУАЗО. Вырабатываемые станцией координаты автоматически передавались на индикаторные устройства станции и на ПУАЗО.

Существенным недостатком СОН-9 было отсутствие в ней аппаратуры для защиты от помех, что вынуждало текущие координаты целей в условиях помех определять оптическими визирами ПУАЗО и оптическим дальномером, которые в свою очередь были зависимы от погодных условий и времени суток.

В 1950 г. станция проходила полигонные испытания (инженер-испытатель Г. М. Струнский), где показала характеристики, соответствовавшие заданным, и была принята на вооружение Сухопутных войск.

К началу 50-х годов, благодаря проведенным в ряде НИИ промышленности и Военного министерства исследованиям по защите РЛС от активных (радиотехнических) помех, ГАУ поставило перед

разработчиками станции СОН-9 задачу создания второго варианта станции, обеспечивавшего стрельбу ЗА в условиях применения противником помех.

Поскольку СОН-9 получила высокую оценку Сухопутных войск ПВО, она явилась конструктивно-технологической основой новой разработки, с той лишь разницей, что ее передающая и приемная системы при наличии активных помех шумового типа могли перестраиваться для работы на другие частоты.

Основные тактико-технические данные станции СОН-9а были идентичны РЛС СОН-9. При наличии помех станция автоматически или вручную переходила на другую рабочую частоту. Для этого в приемной системе были устройства автоматической перестройки станции (АПС), обеспечивавшие управление механизмами перестройки магнетрона, гетеродина, работавшего на клистроне, и антенного переключателя. Работа АПС была основана на принципе быстрого, скачкообразного перехода станции на новую фиксированную частоту, свободную от помех. Государственные испытания СОН-9а, проведенные на полигоне в 1955–1956 гг., подтвердили соответствие ее параметров заданным требованиям. Вскоре станция была принята на вооружение и поставлена на серийное производство. Как и СОН-9, станция нашла широкое применение и получила высокую оценку войск.

Артиллерийские радиолокационные станции наземной разведки

Наземная РЛС СНАР-1

Великая Отечественная война выявила важную роль и значение танковых войск и противотанковой обороны (НТО). Танки будут являться и в будущей войне, если ее развяжут империалисты, главной ударной силой Сухопутных войск, а противотанковая оборона приобретет в связи с этим первостепенное значение. Поэтому совершенствованию существующих средств ПТО и созданию новых видов противотанкового оружия и техники уделяется и будет уделяться значительное внимание.

Не осталась в стороне от этой важной проблемы и радиолокация, использующая свои возможности разведки и обнаружения движущихся танков в оборонительной полосе противника и вблизи переднего края обороны, а также определения текущих координат (дирекционного угла и дальности относительно РЛС) независимо от условий видимости (ночью, в туман, при задымлении).

Идея создания радиолокационной станции для ПТО возникла у инженеров ГАУ. С инженерной точки зрения разработка подобной станции представляла большую новизну, а в связи с этим возникали и большие трудности. Особенностью этих трудностей являлось то, что обнаружение движущихся танков должно обеспечиваться на фоне местных предметов, создававших помехи обнаружению полезных сигналов и воспринимаемых приемным устройством станции наравне с приемом отраженных сигналов от танка, автомашины или надводной цели.

В исследованиях и в разработках радиолокационных станций подобная проблема еще не возникала, она представлялась новой, научно-технически непроверенной. Поэтому Совет по радиолокации при Совете Министров СССР поручил разработку такой станции НИИ, созданному по его предложению в 1943 г. Руководил разработкой инженер А. А. Расплетин, ставший вскоре известным ученым, академиком.

Разработанная в период 1946-1947 гг. по заданию ГАУ станция сантиметрового диапазона СНАР-1 имела мощность излучения в импульсе 35-65 кВт, ширину диаграммы направленности в вертикальной плоскости около 0-67 д. у., в горизонтальной плоскости не более 0-15 д. у. и массу станции с тягачом (без автомашины) 8 т.

Для обнаружения наземных и надводных целей луч станции в пространстве при неподвижной антенне качался в горизонтальной плоскости в секторе 25-28° с частотой 7-11 раз в секунду. На экране индикатора обнаружения высвечивался секторный растр, а на экране индикатора сопровождения – прямоугольный растр, на которых воспроизводился просматриваемый участок местности или водной поверхности.

Развертка дальности индикатора обнаружения была рассчитана на максимальную дальность обнаружения 26 км, хотя аппаратура позволяла производить поиск целей и на больших расстояниях (до 40 км). На индикаторе сопровождения можно было просматривать местность в пределах $\pm 90^\circ$ от биссектрисы сектора качания луча антенны и ± 1 км от дальности, соответствующей положению метки целеуказания на индикаторе обнаружения.

Индикатор сопровождения мог использоваться также для определения отклонений разрывов снарядов и мин относительно обстреливаемой цели, т.е. для корректировки огня артиллерии по движущимся наземным и надводным целям, если условия местности позволяли уверенно наблюдать отметки от этих разрывов.

Кроме секторного обзора местности, являвшегося основным режимом работы станции СНАР-1, был предусмотрен круговой обзор, позволявший ориентироваться на незнакомой местности по характерным местным предметам, отметки от которых были видны на экране индикатора обнаружения. Если станция работала по морским целям, круговой обзор давал возможность быстро вести их поиск в широком секторе.

Государственные испытания станции проводились в сентябре – октябре 1947 г. Руководил испытаниями Н. Н. Алексеев, впоследствии маршал войск связи.

Результаты испытаний

Дальность обнаружения в условиях прямой видимости: одиночного солдата – до 5 км, танка или автомашины - до 16 км, эсминца - до 35 км.

Дальность наблюдения в условиях прямой видимости: наземных разрывов снарядов 100– 152-мм калибров – 6–9 км, надводных разрывов снарядов 85–150-мм калибров – 12–17 км. Мертвая зона по дальности – не более 350 м.

Срединные ошибки определения координат движущейся цели: по дальности в пределах до 38 км - не более 10 м, по дирекционному углу - 0-03 д. у.

Разрешающая способность: по дальности – не хуже 35 м, по дирекционному углу – не хуже 0-18 д. у.

На основании результатов государственных испытаний РЛС СНАР-1 была принята на вооружение. Коллектив создателей станции во главе с А. А. Расплетиним и Н. Н. Алексеевым был удостоен Государственной премии СССР.

Станция наземной разведки СНАР-2

Вслед за созданием станции СНАР-1 по заданию ГАУ тот же коллектив НИИ в 1950 г. разработал второй вариант станции разведки наземных и надводных целей СНАР-2. Кроме разведки наземных и надводных целей станция позволяла проводить топографическую привязку боевых порядков артиллерии. Условия видимости (ночь, туман, задымление) на боевую работу станции влияния не оказывали.

Аппаратура станции (вместе с агрегатом электропитания) размещалась в одном артиллерийском легком тягаче АТЛ.

По основным техническим параметрам обе станции примерно были идентичны. По тактическим характеристикам станция СНАР-2 несколько превосходила станцию СНАР-1 (по дальности и точности действия, разрешающей способности и времени развертывания). Станция успешно прошла испытания на полигоне ГАУ (руководитель И. И. Бульба, инженер-испытатель А. А. Поляков) и была принята на вооружение артиллерии Сухопутных войск.

Нельзя не сказать несколько слов еще об одном направлении в развитии послевоенной радиолокации для Сухопутных войск.

Изучение опыта войны показало, что войска большие потери в живой силе несли от минометного огня. Эти данные говорят о том, что борьба с минометами противника имеет немаловажное значение. Советская артиллерия Сухопутных войск в годы войны вела борьбу с танками, авиацией и артиллерией противника, разрушала различные средства его инженерной обороны и прокладывала путь наземным войскам. Для борьбы с артиллерией противника она была оснащена звукометрическими станциями, определявшими по звуку выстрела направление и месторасположение огневых позиций вражеских батарей. С засечкой минометных батарей дело обстояло иначе. Звук минометного выстрела значительно слабее артиллерийского, а минометы стреляли, как правило, из укрытий. Услышать или увидеть стреляющий миномет в условиях фронтового шума практически было невозможно. На помощь пришла радиолокация.

Инженеры-вооруженцы ГАУ, изучив этот вопрос, пришли к идее использования радиолокационных станций для наблюдения за полетом мины на начальном (восходящем) участке траектории. А это давало возможность по трем-четырем засечкам путем экстраполяции определять начальную точку траектории мины, т.е. огневую позицию. Из-за большой крутизны траектории полета мины ее исходная точка могла быть определена с высокой точностью.

Так же путем ведения наблюдения за полетом своей мины на нисходящем участке траектории можно определять координаты приземления мины и устанавливать точность стрельбы и накрытия вражеской минометной батареи.

Так идея решения новой проблемы контрминометной (контрбатарейной) борьбы получила свое практическое осуществление. В развитии этого направления артиллерийской радиолокации важная роль принадлежала М. М. Косичкину.

Активную роль в развитии наземных средств радиолокации для Войск ПВО и артиллерии Сухопутных войск в послевоенные годы сыграли офицеры ГАУ Н. Н. Алексеев, К. Н. Томилин, К. Н. Трофимов, А. Д. Батраков, А. Н. Волжин, В. А. Калачев, П. Н. Коваленко, Я. Н. Немченко, Ф. Т. Саркисян, Е. И. Смородин, Л. Г. Скачков, А. З. Шостак, А. В. Маслаков и др. Офицеры ГАУ были квалифицированными и инициативными инженерами, обладали большими знаниями и широким кругозором, опытом армейской эксплуатации радиолокационной техники в годы войны и испытательной работы на полигонах ГАУ. Начиная с разработки нового образца, они способствовали успешному созданию его серийного выпуска.

С возникновением советской радиолокации и началом исследований и разработок в этой области (октябрь 1933 г.) развитием ее средств для войск ПВО и артиллерии Сухопутных войск руководил автор настоящей книги⁷⁷. С августа 1949 г., как заместитель Военного министра и начальник одного из управлений, он объединил руководство созданием радиолокационной техники для всех видов и родов войск армии и флота.

⁷⁷ БСЭ, 3-е изд., 1977, т 21, с. 371; СВЭ, 1-е изд., 1979, т. 7, с. 10-12.

В 1946-1949 гг. деятельность органов Военного министерства в области радиолокации координировалась одним из управлений Генерального штаба Вооруженных Сил, которое возглавлял генерал Ф. И. Белов.

Новая техника, какой являлась радиолокация, и необходимость ее ускоренного создания, широкого производства и совершенствования требовала пристального внимания военных инженеров – заказчиков Министерства обороны. ГАУ всегда придерживалось такого стиля служебной деятельности, при котором военный инженер был не только представителем заказывающего управления, но и активным участником создания новых образцов и их заводских, полигонных (государственных) и войсковых испытаний. Деловое сотрудничество ускоряло процесс разработки, положительно отражалось на качестве создаваемого вооружения и уменьшало до минимума бумажную переписку. В служебную обязанность военных инженеров, занимавшихся развитием нового вооружения и боевой техники, не входили вопросы расширения оборонной промышленности и подготовки инженерных кадров для войск.

Однако инженеры ГАУ не обходили эти вопросы и неоднократно предлагали их решение как в условиях войны, так и в послевоенный период. Свидетельством большой заботы офицеров ГАУ о подготовке высококвалифицированных специалистов по радиолокационной технике было восстановление по их просьбе радиолокационного факультета в Военной академии связи им. С. М. Буденного, а в 1946 г. создание Военно-инженерной радиотехнической академии ПВО им. Маршала Советского Союза Л. А. Говорова.

Радиолокационные средства для Военно-Морского Флота

Радиолокационная техника как средство разведки и обнаружения воздушных, надводных и подводных целей и наведения на них оружия уничтожения внесла большие изменения в организацию и ведение боевых действий Военно-Морских Сил Советского Союза [3]. Радиолокационная техника флота должна была развиваться в полном соответствии с планом послевоенного развития флота и с выходом его на океанские просторы совместно с гидролокацией обеспечивать их противоборство с любым видом надводного, подводного и воздушного противника. Для этого она должна была соответствовать боевым возможностям и задачам кораблей каждого класса.

Станция обнаружения «Гюйс-2»

Одной из первых послевоенных разработок явилось создание корабельной станции «Гюйс-2». Станция предназначалась для обнаружения воздушных и надводных целей и выдачи целеуказания системам управления стрельбой артиллерии универсального и зенитного калибров на крейсерах. Разработка РЛС проводилась согласно 3-летнему плану развития радиолокации на 1946–1948 гг. при активном участии и содействии В. П. Капелина.

Тактико-технические требования, утвержденные командованием ВМФ 9 августа 1946 г., предусматривали обеспечение кругового и секторного поиска, а также слежение за целью с определением дистанции, своего курсового угла и пеленга.

Для наблюдения за воздушной и надводной обстановкой станция сопрягалась с выносными индикаторами кругового обзора (ВИКО), а для опознавания своих кораблей и самолетов снабжалась аппаратурой опознавания «свой - чужой».

Станция работала в метровом диапазоне волн с мощностью излучения 90 кВт.

Государственные испытания станции «Гюйс-2» проводились на крейсере «Молотов» Черноморского флота в период август - сентябрь 1948 г. комиссией под председательством командующего эскадрой вице-адмирала С. Г. Горшкова (ныне Адмирал Флота Советского Союза), его заместителя – командира крейсера

капитана 1 ранга В. Ф. Петрова, офицеров флота СП. Чернакова, В. А. Кравцова, Б. И. Красносельского, руководителя разработки А. И. Патрикеева и др.

Результаты государственных испытаний:

дальность обнаружения в режиме кругового обзора:

- а) самолетов – от 140 до 290 каб (в зависимости от высоты полета);
- б) кораблей: крейсера – 115 каб, эсминца – 85 каб и тральщика – 45 каб;
- в) берега с высотой более 1000 м – 750 каб;

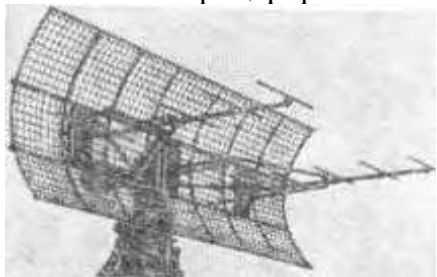
мертвая зона по надводным целям - не более 4 каб и по самолетам в пределах 10-20 каб;

разрешающая способность по дальности – не менее 3 каб и по курсовому углу – около 4°.

Предъявленный образец РЛС «Гюйс-2» обладал существенными преимуществами перед находившимися на вооружении флота другими радиолокационными станциями: несложностью и быстротой настройки, устойчивостью картины отображения целей на индикаторах и высокой надежностью в работе.

В то же время станция имела существенный недостаток – лепестковость диаграммы направленности антенны, затруднявшей обнаружение самолетов на некоторых высотах.

Станция «Гюйс-2» была принята на вооружение и поставлена на серийное производство. Необходимо отдать должное коллективу, создавшему эту станцию, который, используя опыт и научно-техническую помощь радиопромышленности, успешно справился с разработкой весьма совершенной станции «Гюйс-2» и был удостоен Государственной премии СССР. Премию получили А. И. Патрикеев, В. П. Антонов и офицер флота В. А. Кравцов.



Антенна станции «Гюйс-2»

Корабельная станция «Риф»

Важнейшей задачей для ВМФ в послевоенный период явилась разработка станции для обнаружения надводных целей и целеуказания корабельному оружию при стрельбе по надводным целям. Станция предназначалась для установки на кораблях КР, ЭМ, СКР и ТЩ.

Создание станции было предусмотрено постановлением ЦК ВКП(б) и Совета Министров СССР о 3-летнем плане развития радиолокации на 1946–1948 гг. Разработка станции велась при содействии В. Д. Калмыкова под руководством инженера-конструктора И. А. Игнатьева. Активными помощниками его были В. И. Ярошенко, А. С. Ильин и др. Разработка велась по заданию ВМФ, утвержденному главкомом ВМФ 9 августа 1946г. Станция сантиметрового диапазона с мощностью излучения 150 кВт, с параболической антенной усеченного типа должна была определять дистанцию до цели, свой курсовой угол, осуществлять пеленг цели и иметь три режима работы – кругового обзора, секторного поиска и слежения за целью.

Государственные испытания РЛС «Риф» проводились летом 1948 г. на Черноморском флоте на крейсере «Молотов» одновременно с государственными испытаниями РЛС «Гюйс-2» той же комиссией под руководством вице-адмирала С.

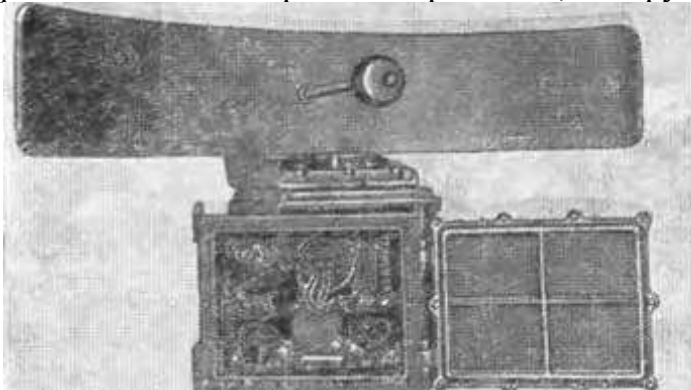
Г. Горшкова. В испытаниях участвовали офицеры флота Б. И. Красносельский, С. П. Чернаков, В. А. Кравцов, М. И. Гликин и др., а также представители промышленности В. Д. Калмыков, И. А. Игнатьев и др.

Результаты государственных испытаний, показали следующие дальности обнаружения: крейсера 200 – 220 каб, эсминца 140–160 каб, тральщика 120–140 каб, подводной лодки в надводном положении 60–70 каб, перископа подводной лодки на высоте 1,5 м 10–15 каб торпедного катера 30–50 каб, вежи 10 каб.

Точность определения дальности: по индикатору кругового обзора – 1 миля, по индикатору точной дальности–15 м, по выносному ИКО–1,5–2% шкалы дальности. По курсовому углу срединная ошибка составляла не более 0,6%.

РЛС «Риф» позволяла обнаруживать всплески от фугасных и осколочных снарядов на дальностях от 25 до 100 каб.

Приказом главкома ВМФ станция «Риф» была принята на вооружение и стала на кораблях основным средством разведки, обнаружения и целеуказания.



Антенное устройство РЛС «Риф» с электроприводом вращения

За разработку станции «Риф» ведущие инженеры И. А. Игнатьев, В. И. Ярошенко и А. С. Ильин были удостоены Государственной премии СССР. Активную роль в ее создании и испытаниях выполняли офицеры флота И. К. Сапожников, С. М. Аршанский, К. П. Сергеев.

Оснащение кораблей станциями «Гюйс-2», «Риф», «Редан-1» и «Редан-2» обеспечивало военно-морскому командованию возможность ведения морского боя в любых погодных условиях, днем, ночью и при задымлении.

Дальномер «Штаг – Б»

Точность артиллерийской стрельбы зависит не только от качества артиллерийского орудия и совершенства ПУАЗО, но и от точности определения координат целей и передачи их на орудия при наводке. Оптические средства корабельной артиллерии обеспечивали высокую точность пеленга целей (в условиях видимости), но точность определения ими дистанции, как и в оптических дальномерах зенитной артиллерии, была ниже радиолокационной. Радиолокация позволила создать корабельный радиодальномер для определения дистанций до надводных целей с большой точностью. Такой дальномер успешно применялся в системах управления стрельбой артиллерии главного и универсального калибров крейсеров, эсминцев и сторожевых кораблей.

Разработка радиодальномера «Штаг-Б» сантиметрового диапазона выполнялась согласно постановлению Совета Министров СССР о 3-летнем плане развития радиолокации на 1946-1948 гг. по тактико-техническим требованиям командования ВМФ. Руководил разработкой В. М. Ястребилов при участии М. Ф. Куртюкова и офицеров флота В. Н. Нормака и И. Л. Кренгауза.

Государственные испытания проводились летом 1948г. на артиллерийском полигоне ВМФ комиссией, назначенной адмиралом И. С. Юмашевым, в составе офицеров флота И. Л. Кренгауза, В. Н. Нормака, Г. А. Перова, А. А. Никитина и др. Результаты испытаний: дальность обнаружения эсминца 120 каб; дальность

точного сопровождения 100 каб; срединная ошибка измерения дистанции 15 м. Радиодальномер успешно выдержал испытания, был принят на вооружение и выпускался серийно. Создатели РЛС В. М. Ястребилов, М. Ф. Куртюков, В. Н. Нормак были удостоены Государственной премии СССР.

Радиолокационная станция «Заря»

Корабельная радиолокационная станция «Заря» предназначалась для управления торпедной и артиллерийской стрельбой на крейсерах и эсминцах.

Разработка станции выполнялась согласно постановлению Совета Министров СССР от 6 февраля 1949 г. в соответствии с тактико-техническими требованиями, утвержденными главкомом ВМФ в январе 1949 г.

Разработанная и сконструированная станция сантиметрового диапазона с мощностью излучения 10 кВт позволяла обнаруживать, сопровождать и определять дальность до надводной цели и свой курсовой угол и передавать эти данные в системы прибора управления торпедной стрельбой (ПУТС) и прибора управления артиллерийской стрельбой (ПУС). Станция обеспечивала также определение отклонения падения артиллерийских снарядов по всплескам.

Определение курсового угла было основано на принципе использования линейного сканирования антенного луча в пределах $\pm 4^\circ$ относительно геометрической оси антенны с частотой 17 Гц. Для уменьшения ошибки в измерении курсового угла и облегчения условий работы операторов во время качки в схеме привода наведения была применена стабилизация.

В станции «Заря» предусматривались три режима сопровождения цели: ручное, полуавтоматическое и автоматическое, осуществляемое по данным схемы ПУТС. Государственные испытания станции «Заря» проводились в октябре-ноябре 1950 г. на эсминце «Бесстрашный» Черноморского флота по программе и методике, утвержденной Главным штабом ВМФ.

Председатель комиссии - главный артиллерист ВМФ капитан 1 ранга А. А. Сагоян и заместитель – начальник технического отдела главка промышленности Л. Н. Соловьев, члены комиссии – офицеры флота М. И. Гликин и Г. М. Латинский, руководитель разработки И. У. Любченко.

Результаты государственных испытаний показали:

дальность обнаружения линейного корабля - 320 каб, эсминца - 180 каб, тральщика - 110 каб, перископа ПЛ высотой 1 м – 20 каб, берега – более 320 каб;

дальность наблюдения всплесков от артиллерийских снарядов 45-130-мм калибра - 25-110 каб;

срединные ошибки в измерении координат целей по дальности - 15-18 каб, по своему курсовому углу - 1-1,5 д. у.;

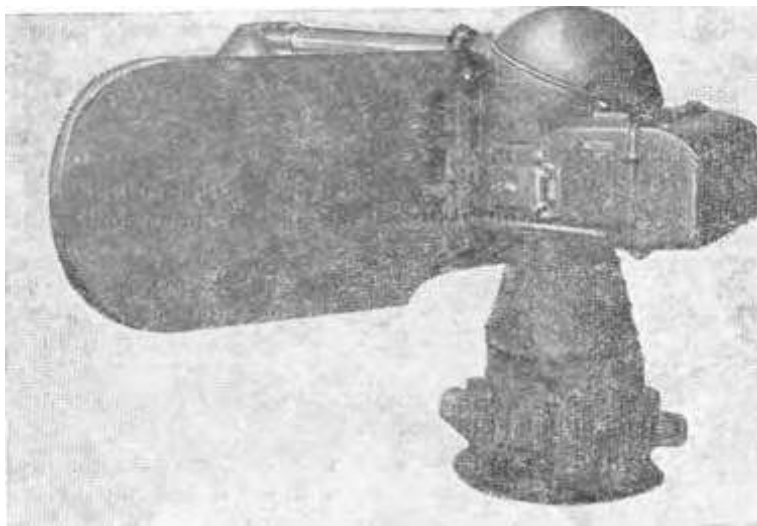
точность определения координат всплесков (для корректирования стрельбы): по дальности - 0,5 каб и по углу - $\bar{B}$ -^ д. у.;

разрешающая способность целей: по дальности-40м, по углу – 2–5 д. у.

На основании испытаний комиссия рекомендовала РЛС «Заря» принять на вооружение ВМФ как станцию управления торпедной и артиллерийской стрельбой и разработать вариант станции «Заря» для использования ее совместно с подвижной и стационарной береговой артиллерией 100–152-мм калибра.

Станция «Заря» была принята на вооружение кораблей ВМФ класса «крейсер» и «эсминец».

За создание станции ведущие инженеры-разработчики И. У. Любченко, И. А. Замещаев, Р. Ш. Кейлин, В. И. Масленников, Д. М. Толстопятое, Н. Д. Файнштейн и Ю. А. Шевелько, начальник технического отдела главка Л. Н. Соловьев были удостоены Государственной премии СССР.



Антенный пост РЛС «Залп»

Артиллерийская станция «Залп»

В 50-е годы Военно-Морской Флот вооружался большими и малыми кораблями новых проектов с высокими скоростью хода, мощностью и дальностью артиллерийского, торпедного оружия, с новыми средствами обнаружения и пеленга надводных целей, приборами управления артиллерийским и торпедным огнем. Могущество флота значительно повышалось и обеспечивало выход кораблей на океанские просторы. Для новых кораблей класса «крейсер» и «эсминец» в эти годы было разработано новое радиолокационное оборудование.

Одной из вновь созданных станций явилась артиллерийская РЛС главного калибра «Залп», разработанная в 1948–1950 гг. согласно постановлению Совета Министров СССР. Тактико-технические требования предусматривали:

дальность обнаружения надводных целей – в соответствии с формулой прямой видимости; определение дальности до целей, своего курсового угла и величины отклонения от цели, координат падения снарядов по дальности и углу с передачей их в систему ПУС; диапазон волн - сантиметровый; мощность излучения – 65–70 кВт.

При разработке станции была предусмотрена возможность дублирования ее работы торпедно-артиллерийской РЛС типа «Заря» (и наоборот) и совместная работа с оптическими приборами корабля (измерение дальности с помощью РЛС, своего курсового угла - оптическим визиром).

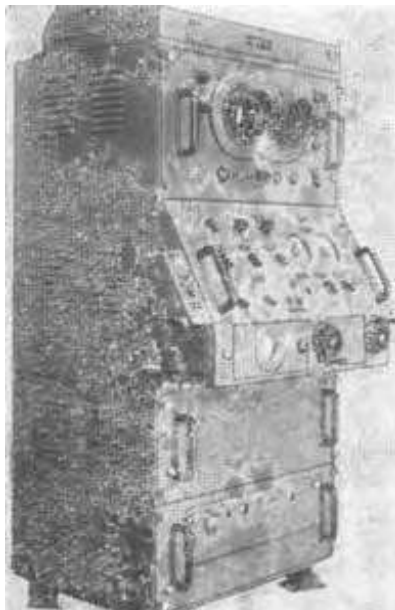
Использование радиоволн наиболее короткого - сантиметрового диапазона обеспечило обнаружение надводных целей на больших дальностях и высокую точность определения координат.

Антенная система была стабилизирована по трем осям (по бортовой и килевой качкам, по рысканию, по данным корабельной гировертикали), что обеспечивало устойчивый прием сигналов при значительном волнении моря и упрощение решения задачи стрельбы. Система индикации (индикаторы типа В) обеспечивала станции надежное определение точности попадания снарядов.

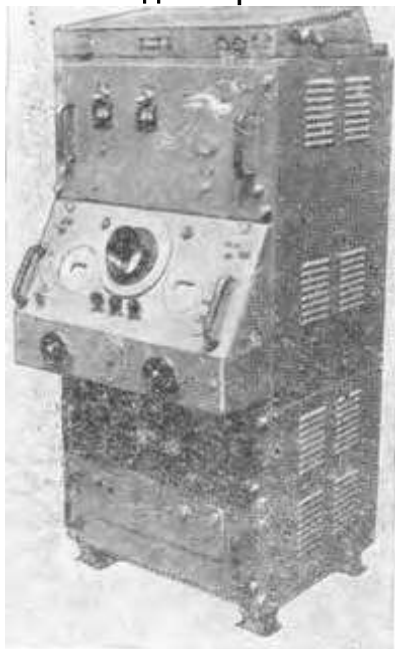
Станция имела высокую эксплуатационную надежность, а унификация основных ее радиоблоков и включение в них сервисной аппаратуры упрощало проверку режимов и настройку станции в целом.

В сентябре – ноябре 1950 г. станция «Залп» проходила государственные испытания на эсминце «Бесстрашный» Черноморского флота под руководством главного артиллериста ВМФ А. А. Сагояна с участием руководителя разработки И. И. Бакулова, его заместителей начальника главка промышленности Л. И. Соловьева и офицеров флота Г. А. Перова, Г. М. Латинского и М. И. Гликина.

Государственные испытания подтвердили заданные требования ВМФ и показали, что отклонения снарядов от цели можно было наблюдать на дистанциях, составлявших 80-85% максимальной дальности полета снаряда.



Стойка индикатора РЛС «Залп»



Стойка дальности РЛС «Залп»

В 1951 г. второй и третий комплекты РЛС «Залп» проходили аналогичные испытания на крейсере «Яков Свердлов» Балтийского флота и подтвердили ранее полученные результаты на эсминце «Бесстрашный». Впервые в практике применения РЛС было установлено, что радиолокация обеспечивает определение угловых координат с не меньшей точностью, чем оптические визиры корабля.

На основании результатов государственных испытаний станция «Залп» была принята на вооружение и поставлена на серийное производство.

За создание станции ведущие инженеры разработки И. И. Бакулов, А. П. Беляков, В. С. Жданов, С. Ф. Комаров, А. П. Малиевский, Л. В. Некрасов, Ф. Н. Черных, начальник главка Л. Н. Соловьев и офицер флота Г. А. Перов были удостоены Государственной премии СССР.

Береговая РЛС «Залп-Б»

Принимая во внимание отличные тактико-технические параметры и результаты государственных испытаний РЛС «Залп», командование ВМФ заказало тому же коллективу разработку берегового варианта станции. Такая РЛС представляла

собой полную аналогию корабельного варианта, за исключением некоторых конструктивных особенностей, обусловленных размещением станции на берегу и отсутствием устройств, стабилизирующих антенное оборудование.

Контрольные испытания береговой станции, проводившиеся на Черном море, подтвердили положительные результаты корабельного варианта РЛС «Залп», и она была принята на вооружение под названием «Залп-Б».

Станция «Зарница» для торпедных катеров

РЛС «Зарница», предназначенная для обнаружения надводных целей и низко летящих самолетов, разрабатывалась согласно постановлению Совета Министров СССР от 10 июля 1946 г. под руководством А. К. Балояна, при активном участии офицера флота И. К. Сапожникова.

По тактико-техническим требованиям станция сантиметрового диапазона с мощностью излучения 80 кВт должна была обслуживаться одним оператором. Аппаратура станции была выполнена в виде компактных блоков общей массой 57 кг. Антенное устройство размещалось на мачте, а основные блоки – на палубе катера. Государственные испытания проводились в период апрель – июнь 1948 г. на Черноморском флоте и показали следующие результаты: дальность обнаружения эскадренного миноносца – 75 каб, тральщика – 58–93 каб, торпедного катера – 34 каб, подводной лодки в крейсерском положении – 26–27 каб, в позиционном положении – 20–25 каб, самолета на высоте 100–300 м – 90–170 каб (в зависимости от курса полета). Максимальная ошибка определения координат по дистанции – 1,38 каб, по курсовому углу – 2°. Мертвая зона – 1,7 каб. Разрешающая способность станции по дальности – 0,85 каб, по направлению – 20°.

Приказом главкома ВМФ адмирала И. С. Юмашева РЛС «Зарница» была принята на вооружение как средство обнаружения торпедных катеров.

За разработку станции коллектив создателей был удостоен Государственной премии СССР.

Станция «Флаг» для подводных лодок

Радиолокационная станция «Флаг» предназначалась для обнаружения надводных целей и обеспечения торпедной стрельбы подводной лодки по вражеским кораблям. Станция определяла координаты целей, свой курсовой угол и дальность и вводила их в прибор управления торпедной стрельбой (ПУТС).

РЛС могла использоваться также в навигационных целях и работать как в надводном положении, так и в погруженном на перископную глубину.

Разработка станции проводилась согласно 3-летнему плану развития радиолокации на 1946–1948 гг.

В соответствии с тактико-техническими требованиями станция должна была работать в сантиметровом диапазоне, обслуживаться одним оператором, иметь мощность излучения 90 кВт и обнаруживать эсминцы на дальности не менее 5 миль, а самолеты на высоте 100 м – до 25 км, со срединными ошибками по дальности не более 25 м, по курсовому углу 3 д. у. Мертвая зона не должна превышать 300 м.

Аппаратура станции была выполнена в виде отдельных блоков, размещенных в рубке центрального поста подводной лодки. Командирский выносной индикатор кругового обзора (ВИКО) устанавливался в боевой рубке. Антенное устройство монтировалось на подъемно-вращающейся мачте.

Наблюдение за целью и выбор цели производились с помощью ИКО оператора и ВИКО командира лодки.

Средств защиты станции от помех в аппаратуре не предусматривалось, а для скрытности ее работы применялся одноразовый круговой поиск цели или поиск в узком секторе. Государственные испытания РЛС «Флаг» проходили в 1950 г. на

подводной лодке Северного флота и показали характеристики, соответствующие заданным требованиям. На основании этих результатов приказом главкома ВМФ станция «Флаг» была принята на вооружение и поставлена на серийное производство.

Ведущие инженеры, участвовавшие в создании станции, А. С. Полянский, С. Т. Зайцев, Н. А. Илларионов, В. Д. Николаев, С. И. Портной, Д. Г. Фальков, М. А. Яковлев и В. П. Чижов, а также офицер флота М. И. Гликин были удостоены Государственной премии СССР.

Береговая РЛС «Лот»

Стационарная береговая станция «Лот» предназначалась для обнаружения надводных целей и низко летящих самолетов с радиотехнических постов ВМС.

Разработка станции выполнялась согласно постановлению Совета Министров СССР от 6 февраля 1949 г. и в соответствии с тактико-техническими требованиями, утвержденными командованием ВМФ 9 января 1949 г.

Станция работала в сантиметровом диапазоне с мощностью излучения около 80 кВт и обслуживалась одним оператором.

Государственные испытания проводились на Черноморском побережье в июне 1950 г. комиссией под председательством капитана 1 ранга Б. И. Красносельского и членов комиссии: руководителя разработки В. И. Тебина и офицера флота В. В. Бриля и др. Дальность обнаружения при установке антенны станции над уровнем моря на высоте 70 м составила: для эсминца - 250 каб, для торпедного катера-150 каб, для самолета - от 175 до 195 каб в зависимости от высоты полета (50–1000 м).

Максимальная ошибка определения координат по дальности—1,5–15 каб, по направлению –1,5°.

Разрешающая способность по дальности - 2,5 каб, по направлению - 5°, мертвая зона - 2,5 каб⁷⁸.

По результатам государственных испытаний станция «Лот» была принята на вооружение.

Кроме перечисленных выше в послевоенные годы для Военно-Морского Флота было создано еще несколько РЛС сантиметрового диапазона различного тактического назначения («Вымпел», «Якорь», «Линь», «Фут-Н»), предназначенных для установки на корабли.

Станция «Вымпел», разработанная в 1946–1947 гг. под руководством Ф. В. Лукина, предназначалась для управления стрельбой зенитных орудий на эсминцах. Станция «Якорь» использовалась для управления стрельбой орудий универсального калибра на крейсерах, эсминцах и сторожевых кораблях. Разработка ее проводилась в 1949 г. под руководством А. С. Гринштейна и его заместителя Я. А. Забелева. Станция отличалась от ранее созданных устройств автоматического сопровождения воздушных целей по трем координатам, обеспечившим повышенную точность их определения. Конструктивное исполнение этого устройства оказалось настолько удачным, что было принято во многих последующих разработках.

Государственные испытания станции проводились в комплексе с другими военно-морскими объектами под руководством заместителя главкома ВМФ адмирала-инженера Н. В. Исаченкова и офицеров А. Л. Генкина, А. А. Никитина и др. Станция позволяла обнаруживать самолеты на дальности до 30 каб, а надводные цели – до 150 каб. Станция «Линь» предназначалась для обнаружения надводных целей и низко летящих самолетов со сторожевых кораблей и тральщиков, а корабельная станция «Фут-Н» - для обнаружения воздушных целей с крейсеров и эсминцев. Разработанная в 1948–1955 гг. при участии Б. Н. Савельева

⁷⁸ ЦВМА, ф. 2523, оп. 0019470, кор. № 169, л. 31

и под руководством Ф. В. Лукина и Г. А. Астахова она прошла государственные испытания на Балтике в 1955 г. и обнаруживала самолеты на расстоянии до 150 км.

Станция входила в большой комплекс корабельного радиолокационного вооружения, предназначавшегося для ведения борьбы с воздушным противником. Все перечисленные станции были приняты на вооружение флота и выпускались промышленностью серийно.

Создание корабельных РЛС для обнаружения надводных и воздушных целей и обеспечения артиллерийских и торпедных стрельб явилось большим достижением их создателей.

Руководители разработок В. П. Антонов, И. И. Бакулов, А. К. Балоян, А. С. Гринштейн, И. А. Игнатьев, Ф. В. Лукин, И. У. Любченко, А. И. Патрикеев, А. С. Полянский, А. А. Шишов, В. М. Ястребилов и их помощники проявили высокое мастерство, инженерное творчество, чувство государственной ответственности и советского патриотизма и по праву заслужили высокое признание и награды.

В разработках первых специализированных корабельных РЛС и их модификаций следует отметить инженера радиопромышленности К. В. Голева, призванного в начале войны в армию для эксплуатации РЛС РУС-1 и отозванного вскоре в НИИ для участия в разработках новых РЛС.

Важная роль в развитии РЛС принадлежала В. Д. Калмыкову, творческий путь которого начинался инженером лаборатории научно-исследовательского института и продолжался на руководящих постах директора института и министра радиопромышленности. За плодотворную деятельность В. Д. Калмыков был удостоен Государственных премий СССР и звания Героя Социалистического Труда.

Руководящее значение в оснащении ВМФ средствами радиолокации, организации на флотах радиолокационной службы, в подготовке инженеров, техников и радиометристов, снабжения и ремонта РЛС имела деятельность инженера-капитана 1 ранга С. Н. Архипова (впоследствии вице-адмирал-инженер, лауреат Государственной премии СССР). В годы войны, будучи флагманским связистом Северного флота, он на боевом опыте понял роль и значение радиолокации и совместно с командующим флотом адмиралом Г. А. Головкиным умело планировал использование радиолокационных средств в операциях кораблей флота. Народный комиссар ВМФ Н. Г. Кузнецов заметил организаторские способности Архипова, его знания и опыт флотской службы и в 1943 г. отозвал его на руководящую работу в Наркомат. Там и плодотворно трудился до конца жизни Сергей Николаевич Архипов, авторитетный специалист и уважаемый начальник.

Преемником в центральном аппарате ВМФ стал его заместитель инженер-капитан 1 ранга А. Л. Генкин (впоследствии вице-адмирал-инженер, лауреат Государственной премии СССР). Он первым среди военных инженеров ВМФ стал заниматься практическим освоением радиолокационной техники в ВМФ и в 1940 г. защитил диссертацию на степень кандидата технических наук в области радиолокации. Свыше 30 лет А. Л. Генкин успешно занимался развитием и применением радиолокационной техники.

Большую позитивную роль выполняли многие офицеры ВМФ, работавшие в центральном аппарате, в научно-исследовательских и испытательных институтах, полигонах и центрах. Они участвовали в разработке заданий на новые образцы РЛС, помогали разработчикам своими советами и боевым опытом, устанавливали новые РЛС на кораблях и проводили их испытания, а затем внедряли в корабельную службу. Особо следует отметить таких офицеров, как В. Л. Абрамов, А. Н. Вержиковский, Г. Г. Говако, В. А. Кравцов, А. А. Никитин, В. Н. Нормак, В. В. Осипов, А. Г. Приймак, В. Б. Ралль, И. К. Сапожников и С. П. Чернаков.

Среди этих офицеров А. Г. Приймак (впоследствии контр-адмирал-инженер) и С. П. Чернаков (впоследствии вице-адмирал-инженер) принимали активное участие на Северном флоте и были отмечены боевыми наградами.

Послевоенное развитие радиолокационных средств для ВВС

Послевоенные годы для Военно-Воздушных Сил были периодом развития радиолокационной бортовой, наземной и аэродромной авиационной техники, охватившего три основных направления.

1. Оснащение бомбардировочной авиации дальнего действия (АДД) бортовыми радиолокационными средствами, обеспечивавшими:

радиолокационное обнаружение наземных и надводных объектов при самолетовождении в

заданном диапазоне высот полета, в любых погодных условиях, днем и ночью;

определение навигационных элементов полета по радиолокационным ориентирам;

прицельное бомбометание по обнаруженным и опознанным целям;

защиту бомбардировщиков от атак истребителей противника;

привод самолетов и их посадку на свои аэродромы независимо от условий погоды.

2. Оснащение фронтовой бомбардировочной авиации радиолокационными средствами для нанесения бомбовых ударов по вражеским инженерным сооружениям и объектам в полосе обороны и прифронтового тыла, обеспечения защиты бомбардировщиков от атак истребителей противника, а также для обеспечения привода и посадки бомбардировщиков на свой аэродром.

3. Оснащение самолетов истребительной авиации бортовыми радиолокационными станциями обнаружения самолетов противника и обеспечения ведения по ним прицельного огня независимо от условий оптической видимости.

Необходимость развития радиолокационного оборудования самолетов явилась следствием расширения боевых действий авиации при любой погоде и в любое время суток. Опыт использования авиации во второй мировой войне, особенно на западном театре боевых действий, показал, что во время дневных налетов англо-американская и немецкая бомбардировочная авиация несла тяжелые потери. В целях уменьшения этих потерь массированные налеты стали применяться в основном в ночное время. Советская авиация дальнего действия при налетах на Берлин и Кенигсберг также пользовалась ночным временем.

Однако обнаружение наземных, надводных и приморских объектов и их уничтожение с воздуха в условиях отсутствия видимости было крайне затруднительным. Да и в дневное время при наличии облачности, закрывающей земную поверхность, возникали те же трудности. Штурманские расчеты и показания существовавших навигационных приборов не всегда обеспечивали необходимую точность вывода бомбардировщиков на цель и прицельное бомбометание. Радиолокационная техника радикально решала эту проблему. Бортовая аппаратура панорамной РЛС воспроизводила на экране индикатора радиолокационное изображение – своеобразную аналогию картины местности, над которой пролетал самолет, и давала возможность экипажу ориентироваться и находить цели для поражения. Располагаясь в носовом отсеке или под фюзеляжем воздушного корабля, излучающая аппаратура РЛС мощным электромагнитным лучом облучала местность под самолетом и вокруг него. Отраженные сигналы от характерных объектов местности – крупных и малых городов и населенных пунктов, искусственных сооружений, заводов, фабрик, мостов, а также природных образований, контрастных очертаний рек, озер, морских берегов и других рельефов земной поверхности - принимались приемным устройством РЛС и воспроизводили радиолокационную картину местности, близкую к географической карте.

К концу второй мировой войны бомбардировка Берлина уже осуществлялась с помощью РЛС, и немецкое командование было удивлено возросшей точностью уничтожения объектов города в ночное время.

Радиолокационная техника существенно повысила эффективность бомбардировочной авиации и дала экипажам самолетов максимальную свободу вождения, независимую от наземных радионавигационных систем. РЛС явились для авиации новым автономным бортовым средством навигации.

Аналогичное положение сложилось в авиации с применением и другого радиолокационного оборудования, упростившего решение тактических задач. Радиолокационное оборудование создавалось во многих организациях и предприятиях страны. В его разработке принимали участие офицеры-испытатели ГК НИИ ВВС. На основании их оценок и рекомендаций принимались решения о принятии на вооружение и серийное производство каждого типа аппаратуры радиолокационной техники.

Радиолокационное оборудование бомбардировщиков дальнего действия

Первым послевоенным бомбардировщиком АДД был самолет Ту-4. Одновременно с созданием самолета проводились разработки его бортового вооружения и средств боевой техники, в том числе и радиолокационной.

Комплекс радиолокационной аппаратуры самолета Ту-4 включал радиолокационные бомбоприцелы «Кобальт» или «Рубидий», радиовысотомеры, приборы привода и слепой посадки, приборы опознавания, радиолокационную станцию обеспечения защиты самолета от атак истребителей противника.

Дальнейшее развитие комплекса радиолокационной аппаратуры шло применительно к вновь создаваемым самолетам АДД. Наиболее быстрое и широкое развитие получили радиолокационные бомбоприцелы, которые, как и бомбоприцелы для фронтовых бомбардировщиков, независимо от их технического уровня предназначались для получения радиолокационного изображения пролетаемой местности, обеспечения самолетовождения, поиска и обнаружения наземных и надводных объектов и прицельного бомбометания при любых условиях погоды и оптической видимости. Самолетовождение с помощью бомбоприцелов обеспечивалось осуществлением навигационной ориентировки по полетной (аэронавигационной) карте при ее сличении с радиолокационным изображением на экране индикатора РЛС и по сигналам специальных наземных радиолокационных маяков, а также определением путевой скорости, угла сноса и высоты полета по радиолокационному изображению местности. Во всех РЛС предусматривалась возможность совместной работы с аппаратурой опознавания. Дальность действия РЛС находилась в зависимости от высоты полета, характера обнаруживаемого объекта и его эффективной отражающей поверхности.

Бомбоприцелы «Кобальт» и «Рубидий»

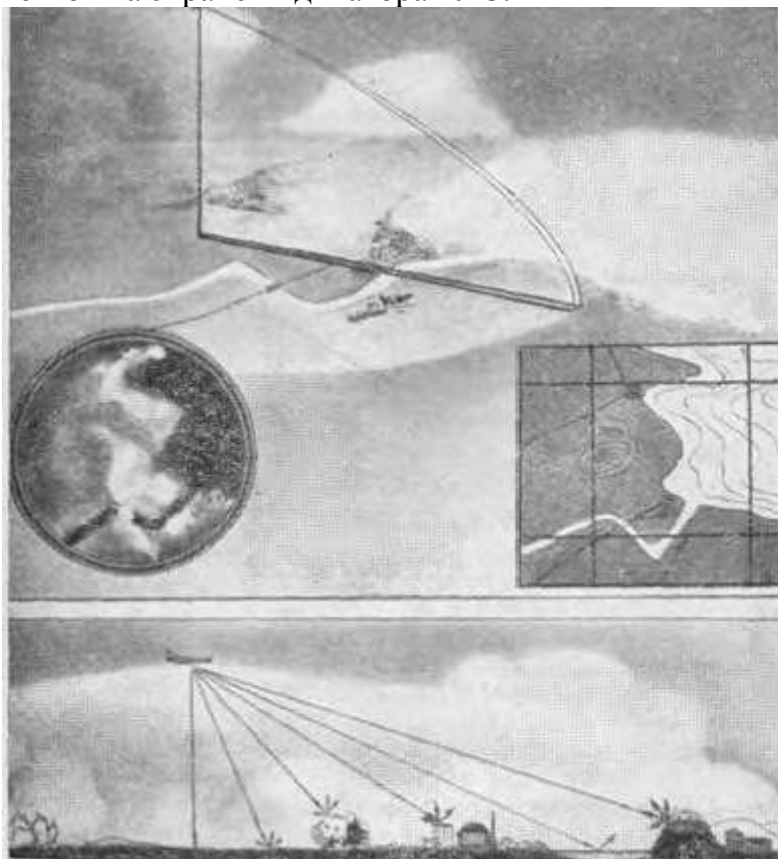
Радиолокационные самолетные бомбоприцелы «Кобальт» и «Рубидий» создавались в период 1946 - 1948 гг. в соответствии с постановлением Совета Министров СССР. Разработками РЛС руководили А. И. Корчмарь и Я. Б. ШAPIРОВСКИЙ. Бомбоприцел «Рубидий» включал в свой состав РЛС «Кобальт» и отличался от последней наличием приставки «Цезий», обеспечивавшей сопряжение РЛС с оптическим прицелом ОПБ-5ср. Такое сопряжение резко улучшало точность прицеливания и повышало возможность поражения целей. В связи с этим РЛС «Кобальт» и «Рубидий» имели одинаковые тактико-технические данные, за исключением характеристик точности бомбометания.

Станции сантиметрового диапазона с мощностью излучения порядка 65 кВт имели узкую диаграмму направленности антенн в горизонтальной плоскости (3°) и

широкую в вертикальной и позволяли обнаруживать и опознавать крупные промышленные объекты на дальностях до 100 км и производить прицельное бомбометание с высоты 3000–10500 м. Причем дальность действия РЛС с наземным радиолокационным маяком составляла 400 км. Точность определения координат цели на крупном масштабе индикации составляла ± 100 м по дальности и $\pm 2^\circ$ по азимуту.

Использование плоской (веерной) диаграммы направленности в вертикальной плоскости обеспечивало одинаковую интенсивность облучения земной поверхности на различных дальностях от самолета. Кроме того, в станции «Кобальт», как и в других последующих панорамных РЛС, применялось изменение угла наклона антенны в вертикальной плоскости для более контрастного выделения изображения на определенной дальности. Направление на тот или иной объект фиксировалось по азимутальному положению антенны в момент прихода отраженного от него сигнала, а дальность определялась по меткам дальности, в том числе и путем наложения специальной метки дальности на изображение объекта.

После обнаружения и опознавания заданной для бомбометания цели пилот по командам штурмана-оператора направлял самолет на цель с учетом угла сноса. Решение задачи прицеливания по дальности с помощью РЛС «Кобальт» осуществлялось оператором по данным высоты полета, путевой скорости бомбардировщика и баллистических характеристик авиабомб. По этим данным счетно-решающим устройством (компьютером) РЛС вырабатывалась метка упреждения сбрасывания бомб. Данные о высоте полета оператор получал из показаний радиовысотомера или определял с помощью РЛС и вводил их и характеристики баллистических качеств бомб в бомбоприцел вручную. Определение путевой скорости и угла сноса самолета производилось путем навигационных расчетов, в том числе и по данным перемещения изображения объектов на экране индикатора РЛС.



Принцип работы станции «Кобальт»

Государственные испытания РЛС «Кобальт» и «Рубидий» проводились под руководством главного штурмана ВВС генерала Н. Н. Ищенко генералом С. А.

Данилиным и офицерами В. С. Сахаровым, В. П. Балашовым, С. П. Розиньковым, В. М. Шабановым, Э. Ф. Крымским и Н. И. Чиканковым. Они были не только пионерами внедрения радиолокационной техники в бортовое авиационное оборудование, но и сами непосредственно участвовали в полетах в качестве штурманов-операторов и штурманов-бомбардиров, что способствовало объективной и всесторонней оценке испытываемых РЛС. В испытаниях также участвовали представители промышленности – разработчики РЛС.

Точностные характеристики прицеливания для РЛС «Кобальт» определялись выполнением фотобомбометания, а для РЛС «Рубидий» – на основе результатов практического бомбометания по искусственной надводной цели, представлявшей собой баржу с установленными на ней уголковыми отражателями.

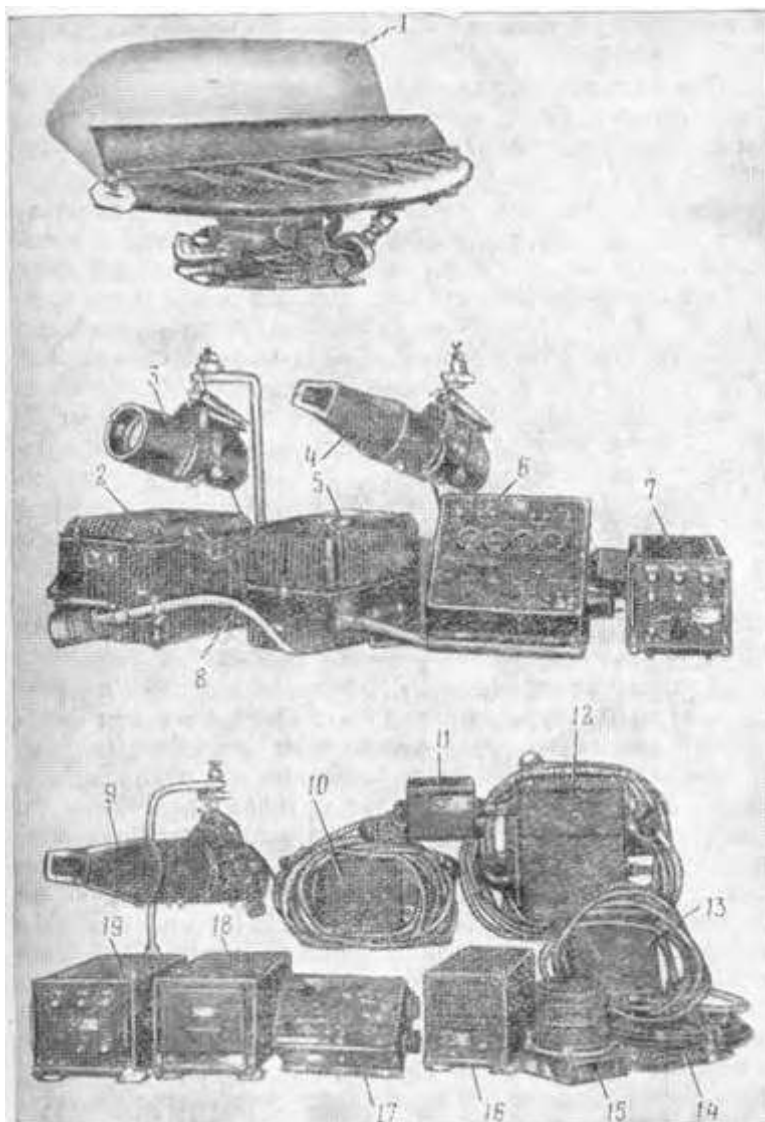
На основании результатов государственных испытаний на бомбардировщике Ту-4 станции «Кобальт» и «Рубидий» были приняты на вооружение ВВС для авиации дальнего действия.

Бомбардировочный прицел РБ П-4

Радиолокационные бомбардировочные прицелы «Кобальт» и «Рубидий» успешно выполняли свои задачи на тяжелых бомбардировщиках с поршневыми двигателями и ограниченными летно-тактическими возможностями. С переходом авиации на реактивные двигатели резко поднялись ее боевые качества, увеличились скорость, высота и дальность полета. Для новых бомбардировщиков потребовались на борту иное вооружение, иная радиолокационная техника. В связи с этим командование Военно-Воздушными Силами дало промышленности задание на разработку новых бортовых радиолокационных средств, в том числе радиолокационного бомбардировочного прицела РБП-4. Прицел РБП-4 явился дальнейшей разработкой РЛС «Рубидий». Он устанавливался на бомбардировщиках дальнего действия и обеспечивал бомбометание с повышенной точностью в более широком диапазоне высот и скоростей полета.

Для защиты от радиопротиводействия противника в бомбоприцеле была предусмотрена возможность работы на двух переключаемых в полете фиксированных волках. Разработанный в соответствии с тактико-техническими требованиями РБП-4 мог обнаруживать и опознавать крупные промышленные центры на дальностях 150–180 км, обеспечивал максимальную дальность прицеливания порядка 70 км, позволял вести прицельное бомбометание с высот 2000-15000 м в диапазоне скоростей 300-1250 км/ч. Радиолокационный прицел обеспечивал разрешающую способность по дальности от 75 до 150 м в зависимости от длительности излучаемого импульса, а по азимуту около $2,5^\circ$. Имея узкую диаграмму направленности ($2,5^\circ$) в горизонтальной плоскости и широкую (по закону косеканс – квадрат) в вертикальной плоскости, РБП-4 мог работать в круговом или секторном (45°) обзоре с возможностью ступенчатого изменения направления секторного обзора в пределах $\pm 55^\circ$ от продольной оси самолета.

Аппаратура прицела РБП-4 принципиально отличалась от аппаратуры прицела «Кобальт» наличием синхронной связи с векторно-синхронным оптическим бомбоприцелом ОПБ-11р, разработанным под руководством А. С. Хрусталева. Применение органов управления и датчиков прицела ОПБ-11р позволило осуществлять по экрану индикатора прицела РБП-4 точную боковую наводку самолета на цель и синхронное прицеливание по дальности. Сопряжение прицелов РБП-4 и ОПБ-11р производилось по типу сопряжения прицелов «Рубидий» и ОПБ-5ср. При этом обеспечивались векторный, векторно-синхронный и синхронный способы прицеливания как по площадным, так и по точечным целям. Сброс авиабомб производился автоматически через контактную систему оптического прицела и электросбрасывателей. Для эксплуатации бомбоприцела РБП-4, как и бомбоприцела «Рубидий», требовались два члена экипажа.



Самолетный бомбоприцел РБП-4:

1 - антенна; 2 - приемопередатчик; 3,4 - индикаторы; 5 - модулятор; 6 - пульт оператора; 7 - блок дальности; 8 - волновод; 9 - индикатор штурмана; 10,12,13,16 - соединительные коробки; 11 -фильтр; 14 - комплект кабелей; 15 - высоковольтный выпрямитель; 17 - пульт штурмана; 18,19 -синхронизаторы

Бомбоприцел РБП-4 был разработан согласно постановлению Совета Министров СССР в период 1949 -1952 гг. под руководством В. С. Дехтярева и при активном участии и содействии В. И. Смирнова.

Государственные испытания прицела проводились на бомбардировщике Ту-16 под руководством главного штурмана дальней авиации генерала И. И. Петухова и его заместителя по испытаниям офицера ВВС Э. Ф. Крымского, на которого была возложена непосредственная задача организации и проведения летных и лабораторных испытаний опытных образцов.

Практическое бомбометание в процессе испытаний проводилось по искусственной наземной радиолокационной цели, образованной из уголковых отражателей. В летных испытаниях в качестве штурманов-бомбардиров принимали участие офицеры ВВС И. Т. Дульский и М. П. Кадушкин. Во всех испытаниях (летных и лабораторных) участвовал конструктор В. С. Дехтярев.

На основании положительных результатов государственных испытаний приказом главкома ВВС радиолокационный бомбоприцел РБП-4 был принят на вооружение и поставлен на серийное производство. Впоследствии бомбоприцел РБП-4 без блоков связи с оптическим прицелом успешно применялся на самолетах гражданской авиации в качестве одного из средств самолетовождения.

Много сил и внимания разработке, испытаниям и серийному освоению бомбоприцела отдал офицер ВВС Д. Г. Чонян.

Радиолокационные высотомеры малых и больших высот

Бортовые радиолокационные высотомеры малых (РВ-2) и больших (РВ-10 и РВ-17) высот разрабатывались для определения истинной высоты полета самолета над земной и водной поверхностями в любых погодных условиях.

В основу действия радиолокационных высотомеров малых высот был положен принцип непрерывного излучения электромагнитной энергии, а высотомеров больших высот - импульсный метод радиолокации.

Основные тактико-технические данные высотомеров РВ-2, РВ-10, РВ-17 приведены в таблице.

Характеристики	РВ-2	РВ-10	РВ-17
Диапазон измеряемых высот, м	0-120, 100-1200	80-12000	100-1700
Погрешность измерения высоты, %	$\pm 5 \text{ м} - \pm 10$	$15-150 \text{ м} \pm 0,25$	15 м - 0,25 измеренной высоты
Мощность в импульсе, Вт	0,12	5-7	0,2
Чувствительность приемника, мкВ	—	Не хуже 60	Не хуже 30

Радиовысотомеры были созданы в период 1947 - 1954 гг. Государственные испытания проходили в

ВВС (инженер-испытатель В. И. Мурашкевич). Все три высотомера были приняты на вооружение.

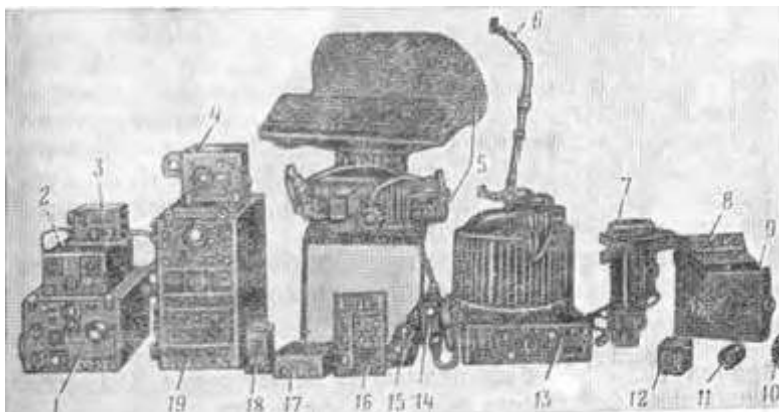
Радиолокационное оборудование фронтовых бомбардировщиков

Фронтальная бомбардировочная авиация, как известно, имеет по сравнению с АДД иное тактическое назначение и поэтому отличается своими летно-тактическими данными, бортовым вооружением и приборами самолетовождения, прицеливания, бомбометания, защиты и посадки. В комплекс радиолокационной аппаратуры фронтового бомбардировщика включались те же РЛС, что и для бомбардировщиков АДД. Наиболее важное место в этом комплексе занимал радиолокационный бомбардировочный прицел, который отличался от радиолокационных бомбоприцелов АДД в основном значительно меньшей массой и меньшими габаритами, использованием антенны, мало выступающей за обводы фюзеляжа, обеспечением его применения в полетах только одним членом экипажа (штурманом).

Радиолокационные бомбоприцелы фронтовых бомбардировщиков имели синхронную связь с оптическими бомбоприцелами, которая совмещала радиолокационное изображение цели с оптическим визированием и повышала точность прицеливания. Первым отечественным фронтовым бомбардировщиком, оборудованным радиолокационным бомбоприцелом, был Ил-28.

Бомбардировочный прицел ПСБН-М

ПСБН-М был первым радиолокационным бомбоприцелом сантиметрового диапазона для фронтового бомбардировщика Ил-28. Он разработан согласно постановлению Совета Министров СССР в период 1946 - 1948 гг.



Самолетный бомбоприцел ПСБН-М:

1 - блок питания; 2 - блок азимутальной стабилизации; 3 - воздушная помпа; 4 - счетно-решающее устройство; 5 - антенна с приводом; 6 - волновод; 7 - индикаторная трубка; 8 - щиток потенциометров; 9 - эквивалент нагрузки; 10 - эквивалент индикаторной трубки; 11 - эквивалент головки приемника; 12 - эквивалент азимут-дифференциал; 13 - передатчик; 14 - тройник; 15 - щиток контроля преобразователя; 16 - блок связи; 17 - реле реверса; 18 - щиток секторного поиска; 19 -отметчик

Для решения задач бомбометания прицел ПСБН-М был сопряжен с оптическим прицелом ОПБ-бср. Такая связь позволяла выполнять прицеливание и бомбометание как с помощью прицела ОПБ-бср - при оптической видимости, так и по экрану индикатора кругового обзора прицела ПСБН-М - независимо от условий оптической видимости. При этом использовалась схема связи двух бомбоприцелов.

В соответствии с тактико-техническими требованиями максимальная дальность обнаружения и опознавания (при мощности излучения 60–70 кВт) крупных промышленных центров и городов составляла 70-100 км, а больших кораблей - 40-50 км. Бомбометание обеспечивалось на высотах 900–13000 м при диапазоне скоростей при бомбометании 300–900 км/ч. Точность определения высоты полета ± 100 м. Бомбоприцел ПСБН-М с узкой диаграммой направленности (2°) в горизонтальной плоскости и широкой в вертикальной плоскости мог вести круговой обзор по азимуту или секторный в пределах 60 – 300° через 60° в любом направлении. В прицеле ПСБН-М была предусмотрена его совместная работа с наземным радиолокационным маяком.

Государственные испытания прицела проводились в ВВС в 1951 г. комиссией под председательством полковника К. В. Неустроева при участии непосредственного организатора испытаний В. П. Балашова, офицеров-испытателей ВВС И. В. Педина, С. М. Фокина, К. П. Кургашова, штурмана Ф. И. Попцова, а также конструктора прицела Б. Ф. Высоцкого.

Точностные характеристики бомбоприцела определялись практическим бомбометанием по искусственной радиолокационной цели.

После испытаний приказом главкома ВВС бомбоприцел ПСБН-М был принят на вооружение ВВС для оснащения фронтовых бомбардировщиков.

Бомбардировочный прицел РБП-3

Следующим типом радиолокационного бомбоприцела для фронтовой бомбардировочной авиации был прицел РБП-3, созданный в 1952-1954 гг. под руководством В. П. Островского. При создании прицела широко использовался опыт разработки бомбоприцела ПСБН-М.

В задании ВВС на разработку прицела предусматривалось требование обеспечения его работы в условиях радиопротиводействия. Поэтому в прицеле РБП-3 при появлении помех осуществлялся переход на другую рабочую волну.

Радиолокационный бомбоприцел был сопряжен с оптическим бомбоприцелом ОПБ-10р.

Он имел максимальную дальность обнаружения и опознавания (при мощности излучения 60 кВт) крупных промышленных центров и городов - до 100 км, крупных кораблей - до 50 км, железнодорожных мостов – до 50 км, больших рек – до 40 км.

РБП-3 мог вести круговой или секторный обзор в пределах 60, 90 или 120° в любом

направлении и определять наклонную дальность на расстоянии до 30 км с точностью ± 100 м.

В 1954 г. РБП-3 успешно прошел государственные испытания в ВВС (инженер-испытатель И. В. Педин) и вскоре был принят на вооружение фронтовых бомбардировщиков. Большой труд в разработку и испытания прицела вложил офицер ВВС С. М. Фокин. Надежная работа бомбоприцела РБП-3 позволяла применять его не только на бомбардировщиках, но и на самолетах гражданской авиации в качестве бортового автономного навигационного средства.

Радиолокационные станции для истребителей

Важнейшим направлением в развитии радиолокационных станций Военно-Воздушных Сил страны в послевоенный период явилось создание бортовой РЛС для истребителей-перехватчиков ВВС и ПВО. Важность этого направления обуславливалась тем, что появление реактивной бомбардировочной авиации, оснащенной атомными бомбами, потребовало для противоборства не только новых реактивных истребителей, но и бортовых средств, обеспечивающих надежное обнаружение целей, высокую точность прицеливания и эффективную стрельбу.

Созданные в годы войны самолетные РЛС «Гнейс-2», «Гнейс-2М», «Гнейс-5» и «Гнейс-5М» обеспечивали пилоту истребителя лишь обнаружение вражеского самолета. Они не были станциями прицеливания, и летчик, выводя истребитель в зону огня, открывал стрельбу, руководствуясь только визуальным наблюдением за целью или за выхлопами ее двигателя.

В реактивной авиации методы поражения воздушных целей должны были основываться не на субъективных возможностях летчика, а на показаниях приборов, начиная с поиска и обнаружения и до уничтожения цели бортовым оружием. Поэтому командование ВВС и Войск ПВО поставило перед авиационной и радиотехнической промышленностью задачу создания таких истребителей-перехватчиков и новых РЛС, которые могли бы успешно обеспечить борьбу с реактивной бомбардировочной авиацией. Задание ВВС и ПВО было подкреплено в 1949 г. соответствующим постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР.

Учитывая инженерную сложность создания новой РЛС, ее разработку возложили на наиболее квалифицированные в этой области научно-исследовательские институты. Разработку РЛС под шифром «Торий» возглавил известный читателям по участию в создании наземных РЛС РУС-2 и РУС-2с инженер А. Б. Слепушкин. Это была одноантенная сантиметровая станция, предназначавшаяся для истребителя МиГ-15. Ее разработка была продолжена под названием РЛС «Коршун». В связи с возникшими затруднениями и большой важностью создаваемой РЛС ее разработку продублировал второй коллектив, результаты которого увенчались успехом, и появилась станция РП-1 «Изумруд». РЛС «Коршун» не получила своего дальнейшего развития.

Кроме самолетных станций перехвата и прицеливания РП-1, РП-5 и других по заданию ВВС промышленностью в 50-х годах была создана серия бортовых

радиолокационных дальномеров СРД-1, СРД-1М и СРД-5, предназначенных для установки на реактивных истребителях.

РЛС перехвата и прицеливания РП-1

Работы по разработке РЛС «Изумруд» возглавил В. В. Тихомиров, опытный инженер и ученый, участник создания РЛС РУС-2 и РУС-2с, руководитель разработок станции «Гнейс-2» и ее последующих модификаций (ныне член-кор. Академии наук СССР, трижды лауреат Государственной премии СССР).

РЛС «Изумруд» предназначалась для обеспечения поиска целей, находящихся в передней полусфере, и определения их положения относительно истребителя по направлению и дальности при любых условиях оптической видимости; вывода истребителя на дистанцию стрельбы по обнаруженной цели; прицеливания по радиолокационному изображению на экране индикатора и стрельбы с использованием счетно-решающего устройства оптического прицела АСП-3н; определения совместно с аппаратурой опознавания государственной принадлежности обнаруженного самолета.

Основной особенностью РЛС являлась возможность ее размещения на одноместном самолете-перехватчике. Разработчикам РЛС «Изумруд» в результате трехлетней упорной творческой деятельности удалось создать двухантенную аппаратуру, которая имела возможность работать в двух режимах – в режиме обзора (поиска цели) и в режиме прицеливания. Перевод из первого режима во второй осуществлялся автоматически, когда цель попадала в зону обзора $\pm 7^\circ$ по азимуту и углу места. Для работы в этих режимах РЛС имела обзорную и прицельную антенны.

Прицельная антенна устанавливалась на входе воздухозаборника истребителя и в режиме конического сканирования после обнаружения цели (на дальности около 12 км) и сближения с ней на дистанцию прицельной стрельбы (2 км) обеспечивала автоматическое сопровождение с разрешающей способностью по угловым координатам $\pm 1^\circ$ и по дальности ± 150 м.

В РЛС применялась электронно-лучевая трубка индикатора с большим послесвечением, обеспечивавшая пилоту наблюдение на экране всех целей, захватываемых обзорной антенной. Оценка пилотом положения своего самолета по отношению к земле проводилась по электронным меткам, связанным с авиагоризонтом. Станция РП-1 работала в сантиметровом диапазоне и имела мощность излучения передатчика порядка 50 – 60 кВт. Зона обнаружения (обзора) составляла по азимуту $\pm 60^\circ$ и по углу места $\pm 26^\circ$, а время просмотра зоны обзора – 1,33 с.

Разработанная аппаратура успешно прошла государственные испытания под руководством генерала Е. Я. Савицкого (с 1961 г. маршал авиации) и при участии руководителя разработки В. В. Тихомирова, офицеров ВВС инженеров-испытателей В. Г. Андреева, М. А. Гуляева, И. С. Дубенко и летчиков-испытателей Н. П. Захарова, В. И. Левко. В 1952 г. станция «Изумруд» была принята на вооружение. Она нашла широкое применение на истребителях типа МиГ и стала основой для создания в последующих годах РЛС перехвата и прицеливания для других типов самолетов-истребителей.

Радиолокационные дальномеры

Радиолокационные дальномеры СРД-1, СРД-1М и СРД-5 обеспечивали автоматическое и непрерывное определение расстояния до цели и ввод напряжения, пропорционального расстоянию, в счетно-решающее устройство авиационного автоматического стрелкового прицела типа АСП-4Н. В радиодальномерах была предусмотрена система поиска цели по дальности в пределах расстояния 200 - 3200 м. При появлении отраженного сигнала цели

срабатывала схема захвата, прекращалась работа схемы поиска, и радиодальномеры переходили в режим сопровождения цели по дальности, выдавая напряжение, пропорциональное дальности, в счетно-решающие цепи прицела АСП. В радиолокационном дальномере СРД-5 (более поздней разработки) кроме напряжения дальности в прицел выдавалось также напряжение, пропорциональное относительной скорости цели, которое получалось в результате дифференцирования напряжения дальности и последующего усиления специальным усилителем.

Основные тактико-технические данные радиолокационных дальномеров приведены ниже.

Наименование характеристик	СРД-1	СРД-Ш	СРД-5
Дальность определения расстояний, м	1200-300	2000-300	3000-300
Ошибка измерения расстояний, м	30^{+10}	25	15
Зона обзора в телесном углу, град	28^{+}	28^{+}	17-18
Мертвая зона, м	300	200-100	300
Разрешающая способность, м	250	250	200
Мощность в импульсе, кВт		7	5-7
Чувствительность приемника, дБ/мВт	69,5	66^{+18}	86-63
Масса без кабелей, кг	25	29	25

Все дальномеры были разработаны при активной помощи и содействии А. Н. Голенищева. Испытания дальномеров при участии инженеров-испытателей ВВС А. Н. Соколова, М. П. Лаврухина и летчика-испытателя Героя Советского Союза М. С. Твеленева проходили в ВВС, после чего приказом главкома ВВС были приняты на вооружение

В ряде послевоенных разработок РЛС для ВВС нельзя не отметить еще один самолетный прибор, названный «прибором защиты хвоста», созданный по настоянию авиационного командования. Для исключения внезапной атаки самолетами противника с хвоста срочно был разработан несложный радиотехнический прибор-индикатор, который, будучи облученным РЛС перехвата и прицеливания, давал летчику атакуемого самолета сигнал на выполнение немедленного маневра и выход из опасной зоны.

Прибор с успехом прошел государственные испытания и в 1950 г. получил широкое применение на боевых самолетах. Немалая заслуга в этом принадлежала инженеру-испытателю В. В. Мацкевичу. За создание прибора его разработчики были награждены орденом Красной Звезды.

Радиолокационные средства обеспечения посадки самолетов

До сих пор автор рассматривал в этой главе РЛС для обеспечения боевой деятельности бомбардировочной и истребительной авиации, без которых немислимы современный воздушный бой и операции ВВС и ВМФ.

Но реактивная авиация и ее широкое применение поставили на очередь вопрос об аэродромном обеспечении безаварийной посадки самолетов. Прежние средства обеспечения посадки в виде сигнальных устройств и светотехнического оборудования аэродромов, учитывая возросшие скорости самолетов, были явно недостаточны. Необходимо было организовать службу регулирования подхода

самолетов к аэродрому и очередность их посадки, т.е. наладить диспетчерскую службу в системе аэродромного обеспечения.

Так возникла неотложная для ВВС (и Гражданского воздушного флота) задача создания комплекса аэродромных радиолокационных, радионавигационных, радиосвязных и электросветотехнических средств, управляемых с одного командно-диспетчерского пункта (КДП) аэродрома.

За первые послевоенные годы были созданы две посадочные системы – стационарная «Материк» и подвижная «Глобус».

Радиолокационная система «Материк»

Первой системой слепой посадки самолетов был комплекс под названием «Материк», разработанный в 1947-1950 гг. согласно постановлению Совета Министров СССР о 3-летнем плане развития радиолокации. Система включала средства аэродромного и самолетного обнаружения. В аэродромное оборудование входили: обзорный радиолокатор ОРЛ-1, диспетчерский радиолокатор ДРЛ-1, автоматический радиопеленгатор АРП-1М, группа посадочной (радиомаячной) аппаратуры, аппаратура командно-диспетчерского пункта, радиостанции связи и АТС и средства энергоснабжения и электросветотехнического оборудования.

Для краткости остановимся лишь на некоторых характеристиках РЛС, входивших в комплекс посадочных систем, не затрагивая радионавигационных, радиосвязных и электросветотехнических средств.

Обзорный радиолокатор ОРЛ-1 обеспечивал непрерывное визуальное наблюдение в пределах своего радиуса действия за самолетами, находившимися в зонах ожидания или пробивающими облачность. Наблюдение проводилось на выносных индикаторах кругового обзора (ВИКО), установленных на КДП. Радиолокационная аппаратура представляла собой аналогию аппаратуры РЛС целеуказания «Мост», описанную ранее. Диспетчерский радиолокатор ДРЛ-1 являлся в этой системе одним из основных средств оперативного управления посадками самолетов, находившихся в воздухе и движущихся к аэродрому.

Его основные тактико-технические данные: дальность обнаружения самолета Ту-4 – до 32 км, разрешающая способность по азимуту – $1,75^\circ$ и по дальности – ± 400 м, мощность излучения - 30 кВт. Диспетчерский радиолокатор работал на три ВИКО, установленных на КДП аэродрома.

Автоматический радиопеленгатор АРП-1М определял азимут самолета и совместно с обзорным и диспетчерским радиолокаторами служил для индивидуального опознавания самолетов на расстоянии до 180 км.

Группа посадочной (радиомаячной) аппаратуры включала: ретранслятор РД-1, курсовой фазовый радиомаяк КРМ-Ф, глиссадный радиомаяк ГРМ-1 и маркерные радиомаяки МРМ-48.

Ретранслятор дальногомера РД-1 являлся наземным радиомаяком-ответчиком от бортовых радиодальномеров СД-1 и обеспечивал самолетам, шедшим на посадку, измерение расстояний до аэродрома посадки, измерение расстояний до точки приземления на ВПП при нахождении самолета на курсе посадки и полет по орбитам. Дальность действия ретранслятора при высоте полета 5000 - 300 м от 150 до 40 км.

Курсовой фазовый радиомаяк создавал зоны курса по направлению посадки самолетов и давал возможность летчику пилотировать самолет по средней линии ВПП.

Глиссадный радиомаяк ГРМ-1 создавал равносигнальную зону, которая образовывала глиссаду планирования самолета при полете по курсу посадки.

Маркерные радиомаяки МРМ-48 предназначались для обозначения определенных точек на местности и излучали радиосигналы, имевшие диаграммы

направленности в виде вертикального конуса. Они устанавливались параллельно оси ВПП справа и слева на различных расстояниях по три маяка с каждой стороны.

КДП был оснащен всеми приборами, необходимыми для обслуживания наземного радиолокационного, радиомаячного, радиосвязного и светотехнического оборудования.

Самолетное оборудование для пользования системой «Материк»

В состав самолетного оборудования входили: курсовой радиоприемник КРП-Ф, глиссадный радиоприемник ГРП-2, маркерный радиоприемник МРП-48 и самолетный радиодальномер СД-1.

Курсовой радиоприемник КРП-Ф принимал сигналы курсового фазового радиомаяка, которые обеспечивали при посадке указание экипажам самолетов средней линии ВПП и стороны отклонения от нее.

Глиссадный радиоприемник ГРП-2 принимал сигналы глиссадного радиомаяка и обеспечивал указание линии планирования самолета (глиссады).

Маркерный радиоприемник МРП-48 сигнализировал с помощью лампочки и звонка момент прохода самолета над наземными маркерными маяками.

Самолетный радиодальномер СД-1 определял дальности до аэродрома посадки, оборудованного ретранслятором РД-1, и расстояния до точки приземления при полете по посадочному курсу. Он же обеспечивал вождение самолета по круговым орбитам вокруг аэродрома.

Государственные испытания системы «Материк» проводились в ГК НИИ ВВС в 1949-1950 гг. под руководством генерала С. А. Данилина с участием инженеров-испытателей института А. М. Булгакова, М. П. Быстрова и инженеров-разработчиков системы. Положительные результаты испытаний дали основание принять систему в эксплуатацию под названием СП-50. Система получила широкое применение и на аэродромах ГВФ.

Подвижная радиолокационная система посадки самолетов РСП-4

Подвижная радиолокационная система посадки самолетов на аэродромы «Глобус» была создана в 1953 г. В отличие от системы СП-50 «Материк» она являлась универсальной для всех видов авиации и типов самолетов (бомбардировщики и истребители ВВС и ВМФ) и не требовала их оборудования какими-либо радиоэлектронными приборами, кроме обычной аппаратуры радиосвязи.

Система предназначалась для управления полетами на дальних и ближних подходах к аэродрому посадки, а также для последовательного вывода самолетов на взлетно-посадочную полосу аэродрома вне видимости земли и их снижения в сложных погодных условиях до высоты 20–30 м подачей команд экипажам самолетов через УКВ радиостанции связи.

В состав наземного оборудования системы «Глобус» входили: обзорный радиолокатор ОРЛ-4, посадочный радиолокатор ПРЛ-4, диспетчерский радиолокатор ДРЛ-4, автоматический УКВ радиопеленгатор АРП-4, подвижной диспетчерский пункт ПДП-4, агрегаты электропитания и кабельно-стартовые автомашины. Всего в составе системы было 11 подвижных объектов с аппаратурой и контрольно-измерительными приборами.

Обзорный радиолокатор ОРЛ-4

Предназначен для обнаружения и индивидуального опознавания самолетов (совместно с автоматическим радиопеленгатором) в пределах зон видимости радиолокатора. В конструктивном и радиолокационном отношении он был аналогичен обзорному радиолокатору ОРЛ-1 в стационарной системе «Материк» и отличался от последнего устройством для синфазного и противофазного подключения этажей антенны, которое уменьшало провалы (мертвые зоны) в

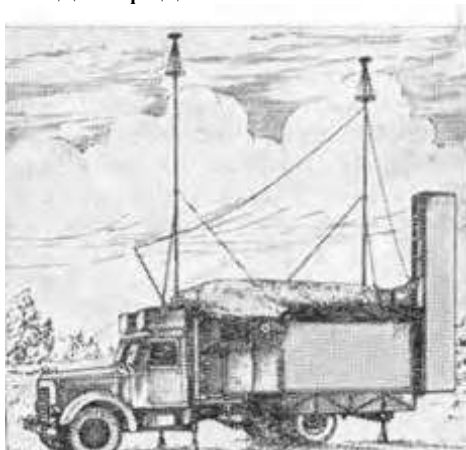
лепестковой диаграмме направленности и обеспечивало непрерывное наблюдение за самолетами при подходе их на посадку.



Обзорный радиолокатор ОРЛ-4

Посадочный радиолокатор ПРЛ-4

Предназначен для наблюдения за положением самолетов относительно курса посадки и глиссады планирования в секторе 20° по курсу и 9° по глиссаде в целях вывода самолетов на ВПП до высоты 40–70 м подачей с земли необходимых команд по радио.



Посадочный радиолокатор ПРЛ-4

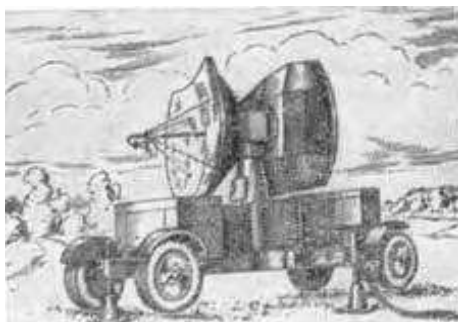
Дальность действия локатора - до 15 км; разрешающая способность: по глиссаде - $0,7^\circ$, в горизонтальной плоскости - $1,5^\circ$; точность вывода самолетов на ВПП: по курсу ± 40 м, по глиссаде ± 37 м, по расстоянию ± 150 м; диапазон волн - сантиметровый, мощность излучения - 30–40 кВт.

Антенная система состоит из курсовой и глиссадной антенн. Радиолокатор устанавливается на расстоянии около 1750 м от начала ВПП и левее ее (по направлению посадки), в удалении от оси ВПП - на 150–200 м.

Диспетчерский радиолокатор ДРЛ-4

Предназначен для наблюдения за самолетами при полете по «большой коробочке», а также для вывода самолетов в зону действия посадочного радиолокатора и наблюдения за пилотированием самолетов по курсу посадки. Он также обеспечивает наблюдение за самолетами при заходе на посадку с прямой с расстояний 26–30 км и при высоте полета 800–1200 м. Определяет только азимут и наклонную дальность до самолета в пределах зон видимости радиолокатора.

Дальность действия при высоте полета истребителя - 26–30 км. Разрешающая способность: по дальности - 300–400 м, по азимуту - $1,5-2^\circ$; точность определения: дальности - 200–250 м, азимута - $2,5-2^\circ$; диапазон волн - сантиметровый, мощность излучения - 40 кВт.



Диспетчерский радиолокатор ДРЛ-4

Автоматический УКВ радиопеленгатор АРП-4

Предназначен для пеленгования и опознавания самолетов совместно с обзорным радиолокатором.

Дальность действия при высоте полета 1000м–120км, точность пеленгования – 3°. Работает на одном из четырех каналов фиксированных волн, задающихся кварцем.

Подвижной диспетчерский пункт ПДП-4

Является командным пунктом управления полетами самолетов в районе аэродрома и организации посадки их по системе «Глобус». Обслуживается специально подготовленными офицерами оперативной группы, которые с помощью радиотелефона связываются с самолетами, находящимися в воздухе, и, руководствуясь показаниями ВИКО от обзорного, диспетчерского и посадочного радиолокаторов системы, дают летчикам соответствующее указание.



Система РСР-4 и ОСП (оборудование системы посадки) на марше

В 1953 г. система РСР-4 «Глобус» проходила в ВВС государственные испытания под руководством Ю. И. Москалевского и при участии инженеров-испытателей В. А. Луцкого, В. Г. Грачева, А. И. Романова, Г. Э. Нестеренко, Н. А. Гурылева и инженеров промышленности - создателей этой системы и вскоре приказом главкома ВВС была принята на снабжение военных аэродромов и аэродромов ГВФ.

Заканчивая рассмотрение послевоенных РЛС для ВВС, следует отметить, что их развитие неразрывно связано с именем генерала С. А. Данилина. На протяжении многих лет он был флагманским штурманом группы тяжелых самолетов, и его опыт способствовал успешному перелету в 1937 г. экипажа М. М. Громова через Северный полюс в США. С 1940 г. он был инициатором применения в ВВС радиолокационных средств и свыше 20 лет занимал руководящие посты в центральном аппарате по развитию этой техники и ее испытаниям.

Активными помощниками С. А. Данилина многие годы были: генерал-майор-инженер К. В. Неустроев, генерал-лейтенанты-инженеры Н. П. Шелимов, Б. А. Девяткин и В. П. Балашов (дважды лауреат Государственной премии СССР),

генерал-полковник-инженер Р. П. Покровский (лауреат Государственной премии СССР) и полковники-инженеры И. И. Васютин и В. С. Сахаров.

Активная роль в испытаниях бортовой и наземной аппаратуры принадлежала офицерам ВВС: по аэродромному радиолокационному и радионавигационному оборудованию для привода и посадки самолетов – З. И. Кручинину и Ю. И. Москалевскому; по средствам бомбардировщиков - С. П. Розенкову, Э. Ф. Крымскому, И. В. Педину и К. И. Кометову; по РЛС для истребителей – М. А. Гуляеву, И. С. Дубенко, О. Н. Соколову и В. Ф. Рябову. Весомый вклад в развитие радиолокации ВВС в те годы и позже внесли генерал армии В. М. Шабанов (Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий), генерал-лейтенант-инженер Н. И. Григорьев, генерал-майоры-инженеры А. А. Дроздов, М. П. Лаврухин, А. В. Пивоваров, А. А. Польский и полковник-инженер В. Н. Сретенский.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

В 1984 г. советская радиолокация перешагнет 50-летний период своего развития, начавшегося с проведения первого в СССР опыта, доказавшего реальную возможность радиообнаружения самолета.

1938 год принес радиолокации блестящий успех. Импульсная аппаратура ЛФТИ показала свою основополагающую роль в развитии новой техники для всех аспектов ее военного и народнохозяйственного применения.

Огромную помощь в развитии радиолокационной техники оказали ЦК КПСС и Советское правительство, взявшие в годы войны руководство ее развитием в свои руки, учредив Совет по радиолокации при ГКО. За пройденный путь были приняты сотни партийно-правительственных постановлений, определивших многогранность радиолокации. Успех ее развития обеспечили многие предприятия промышленности, Академия наук СССР и академии союзных республик, высшие учебные заведения, большие и малые коллективы ученых, инженеров, техников и рабочих, партийных и советских работников. Автор с удовлетворением отмечает, что в течение 25 лет ему довелось работать рука об руку с этими замечательными людьми, неутомимо искавшими решение стоявших перед ними проблем.

С глубоким уважением автор вспоминает ученых и инженеров, которые не дожили до наших дней, но оставили заметный след в радиолокационной технике, отраженной в настоящей книге.

Мысленно возвращаясь к истории зарождения радиолокации, невольно обращаешься к ее пионерам, создателям первых радиолокационных установок – Ю. К. Коровину, Б.К. Шембелю и Ю.Б.Кобзареву и руководителям организаций – Д. Н. Румянцеву, А. А. Чернышеву и А.Ф.Иоффе.

Автор не имеет морального права предать забвению деятельность военных инженеров, которые волею судеб и по долгу службы оказались в авангарде развития радиолокации, были ее инициаторами и многие годы активными участниками. Их преемники, молодые военные инженеры Министерства обороны, приумножают успехи предшественников, основывая свою деятельность на ответственности перед Родиной за усиление Вооруженных Сил и повышение ее оборонного могущества.

МИХАИЛ МИХАИЛОВИЧ ЛОБАНОВ

(биографическая справка)

Генерал-лейтенант-инженер М. М. Лобанов родился в 1901 г. в селе Мотовилово, Арзамасского района, Горьковской области, в семье крестьянина. Учился в сельской школе, затем в Арзамасском училище. В 1917 г. поступил в Казанское техническое училище.

В ноябре 1919 г., оставив студенческую учебу, М. М. Лобанов добровольно вступает в Красную Армию. В 1921 г. в составе курсантского отряда 1-го Казанского стрелкового полка участвовал в подавлении контрреволюционного мятежа в Сибири. В 1923 г. он окончил Казанскую военно-инженерную школу комсостава и три года служил краскомом в 6-м отдельном радиобатальоне в Киеве.

В 1926–1930 гг. был слушателем Военного отделения Ленинградского электротехнического института им. В. И. Ленина. Получив военно-инженерное образование, два года работал инженером-испытателем на одном из полигонов, руководя испытаниями средств обнаружения самолетов, применявшихся в войсках ПВО. М. М. Лобанов – один из инициаторов и организаторов первых и последующих исследований и разработок по радиолокации. Он посвятил этому делу более четверти века, вначале в Главном артиллерийском управлении НКО, а затем на посту заместителя Военного министра и начальника одного из Главных управлений Министерства обороны. В 1944–1945 гг. М. М. Лобанов возглавлял отдел Артиллерийского комитета ГАУ, ведавший вопросами развития зенитного вооружения.

Во время Великой Отечественной войны он неоднократно выезжал на фронт для изучения боевого применения зенитного и радиолокационного вооружения.

В 1949 г. М. М. Лобанов был назначен заместителем Военного министра и начальником Главного управления Министерства обороны СССР. На этих постах его деятельность по развитию радиолокации и оснащению ею войск ПВО развернулась еще шире.

В 1957 г. М. М. Лобанов состоял научным консультантом при заместителе Министра обороны СССР. С 1958 по 1961 г. работал в Генеральном штабе Вооруженных Сил СССР.

В 1961 г. по состоянию здоровья вышел в запас.

С 1961 г. М. М. Лобанов занимается историческими исследованиями, стремясь документально восстановить и осветить в печати все события, связанные с развитием радиолокационной техники в нашей стране. За это время им опубликовано три военно-исторических очерка и ряд статей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Н. Ф., Маляров Д. Е. Получение мощных колебаний магнетроном в сантиметровом диапазоне волн. – Журнал технической физики, 1940, т. 10, вып. 15.
2. Алексеев Н. Ф. К вопросу о создании многорезонаторного магнетрона. - Электронная техника, 1970, вып. 4.
3. Горшков С. Г. Морская мощь государства. М., Воениздат, 1976.
4. Девятков Н. Д. О новых электронных приборах СВЧ. - Известия АН СССР, 1940, т. 4, № 3.
5. Девятков Н. Д. Ленин и развитие отечественной радиотехники. - Электронная техника, 1970, вып. 4.
6. Журавлев Д. А. Огневой щит Москвы. М., Воениздат, 1972.
7. Кобзарев Ю. Б. Первые советские импульсные радиолокаторы. – Радиотехника, 1974, № 5.
8. Миллер Ф. А. Журнал технической физики, 1935, т. 5, вып. 2.
9. Ощепков П. К. Жизнь и мечта. М., Московский рабочий, 1965.
10. Шембель Б. К. У истоков радиолокации в СССР. – Советское радио, 1977.
11. Черчилль У. Вторая мировая война. М., Воениздат, 1955.
12. Морской сборник, 1939, № 11, 19, 20.
13. Радар в США. - Советское радио, 1946.
14. Теоретические основы радиолокации / Под ред. Ширмана Я. Д. – Советское радио, 1974.
15. Центральная радиолaborатория в Ленинграде. – Советское радио, 1973.
16. Mouromtseff J. E. Proc. Natl.-Electr. Conf., 1945, № 33, p. 229 – 233.