

УДК 654.1:93/94(075.4)

История испытаний систем радиолокации на Черноморском флоте. РЛС общего обнаружения

Ермолов П. П.

Севастопольский государственный университет
ул. Университетская, 33, Севастополь, 299053, Российская Федерация
ppermolov@mail.sevsu.ru

Получено: 10 апреля 2025 г.

Отрецензировано: 17 апреля 2025 г.

Принято к публикации: 12 мая 2025 г.

Аннотация: В статье проведен количественный анализ радиолокационного оборудования, проходившего испытания на ВМФ СССР и России в 1936—2000 гг., рассмотрена краткая предыстория развития радиолокации и история испытаний на Черноморском флоте РЛС общего обнаружения в четырех периодах: 1939—1940, 1941—1945, 1946—1964 и 1965—1986 гг. Результаты исследования изложены в формате компендиума, сведены в таблицу и проиллюстрированы инфографикой.

Ключевые слова: Балтийский флот, Северный флот, Каспийская флотилия, «РУС-1», «Редут», «Редут-К», «Гюйс-2», «Зарница», «Лот», «Ласточка», «Фут», «Кактус», «Разлив», «Ангара», «Восход», «Фрегат», «Фрегат-М», «Фрегат-МА», «Подкат», «Позитив», П. К. Ощепков, М. М. Лобанов, Б. К. Шембель.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008): Ермолов П. П. История испытаний систем радиолокации на Черноморском флоте. РЛС общего обнаружения // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2025. Т. 8, № 4. С. 666—686.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.100—2018): Ермолов, П. П. История испытаний систем радиолокации на Черноморском флоте. РЛС общего обнаружения / П. П. Ермолов // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. — 2025. — Т. 8, № 4. — С. 666—686.

1. Введение

Черноморский флот стал полигоном для испытаний радиоэлектронных средств еще с начала 1-го периода¹ (в конце XIX в.), когда под руко-

¹ Здесь и далее периодизация соответствует [1].

водством А. С. Попова в 1899 и 1901 гг. на ЧФ проводились первые в мировой практике испытания систем радиосвязи в условиях «практической эскадры». В. В. Данилевский отмечал следующее: «Наиболее желательным он (Попов — П. Е.) считал введение беспроволочного телеграфа на судах черноморской эскадры, как более однородной по своему составу»². Добавим к этому чисто субъективный фактор: Попов отмечал, говоря о Севастополе, что «порядки в здешнем порте и отношение ко мне, да кажется и вообще к делу неизмеримо лучше кронштадтских...»³.

Эта традиция была продолжена и в последующие периоды, со 2-го по 5-й. Так, из книги [2], посвященной истории радиолокационного вооружения Военно-Морского Флота России и охватывающей период с начала 30-х гг. прошлого века до 00-х гг. XXI в. следует, что большая часть этого вида вооружения также проходила испытания на Черноморском флоте. Всего в названной книге приведены сведения о местах испытаний 78 видов оборудования на Черноморском, Балтийском, Северном флотах и Каспийской флотилии (см. таблицу 1). Сведения об испытаниях на Тихоокеанском флоте в книге отсутствуют.

Таблица 1. Количество радиолокационного оборудования, проходившего испытания на ВМФ СССР и России в 1936—2000 гг.

Table 1. The amount of radar equipment tested by the USSR and Russian Navy in 1936—2000.

	1936—1945 гг.	1946—1960 гг.	1961—2000 гг.	Всего
Черноморский флот	5	18	21	44
Балтийский флот	1	7	13	21
Северный флот	2	2	2	6
Каспийская флотилия	—	3	4	7
Итого	8	30	40	78

Таблица 1 объективно подтверждает факт, о котором сказано в предыдущем абзаце: на Черноморском флоте было проведено более 56 % от общего числа испытаний радиолокационного оборудования, проведенных на всем Военно-Морском Флоте. Это превышение характерно для всех трех рассмотренных периодов. Рис. 1 средствами инфографики [3] отображает данные, приведенные в таблице 1. Можно предположить, что такие же соотношения характерны и для других радиоэлектронных средств флота.

² А. С. Попов. Сборник документов к 50-летию изобретения радио / Сост. Г. И. Головин, Р. И. Карлина ; под ред. М. А. Шателена, И. Г. Кляцкина, В. В. Данилевского. — Л. : Газетно-журнальное и книжное изд-во, 1945. 253 с.

³ Летопись жизни и деятельности Александра Степановича Попова / Л. И. Золотинкина, М. А. Пар-тала, В. А. Урвалов ; ред. Ю. В. Гуляев. СПб. : СПбГЭТУ им. В. И. Ульянова (Ленина), 2008. 560 с.

В настоящей статье рассмотрена история испытаний на ЧФ РЛС общего обнаружения. Результаты исследования проиллюстрированы инфографикой (рис. 2).

2. Краткая предыстория

После не имевших большого успеха попыток использования в задачах ПВО акустических и основанных на приеме теплового излучения самолета средств, а также идеи приема электромагнитного излучения от системы зажигания двигателя самолета, в самом начале 1934 г. были проведены опыты по практическому радиообнаружению, которые дали самые первые практические результаты (в опытах были использованы радиопередатчик непрерывного излучения, работавший на волнах 50—60 см мощностью 0,2 Вт, суперрегенеративный приемник и наземные параболические зеркала-антенны диаметром 2 м; приемная аппаратура позволяла наблюдать эффект Доплера в виде характерной пульсации интенсивности звукового сигнала в наушниках при вхождении самолета в зону видимости). Это событие названо М. М. Лобановым началом «рождения» отечественной радиолокации [4].

К предыстории радиолокации следует отнести следующие эпизоды.

К середине 1935 г. лабораторный макет системы дециметрового диапазона «Модель-2», создание которого связано с именем одного из пионеров радиолокации — П. К. Ощепкова и первым использованием им импульсного метода, был направлена под Севастополь для испытаний по самолетам. Планировалась его демонстрация руководящим лицам НКО, однако недоработанность аппаратуры не позволила провести испытания по самолетам, и она была возвращена разработчику [4, 5].

Во время полигонных испытаний в Крыму (вероятнее всего, это происходило в 1937 г. — П. Е.) другой известный специалист — Б. К. Шембель впервые заметил, а затем и систематически наблюдал отражение электромагнитных волн от гор, отстоявших от места испытаний на расстоянии около 100 км. Это свидетельствовало о том, что радиоволны 24—25 см могут применяться для обнаружения самолетов на расстояниях намного больших, чем полученные на полигоне. При наблюдениях на полигоне отражений от гор использовался метод частотной модуляции магнетрона, введенный Б. К. Шембелем в аппаратуру радиоискателя «Буря». Эти наблюдения показали, что частотная модуляция с помощью фильтров позволяет селективировать цели по расстоянию, чем устраняются помехи от близлежащих предметов (этого нельзя было получить в то время при использовании импульсной аппаратурой). Эти предложения Б. К. Шембеля по

увеличению точности пеленга, надежности поиска и применения частотной модуляции для измерения расстояния до самолетов, на много лет опередили аналогичные технические приемы совершенствования РЛС в Англии и США после Великой Отечественной войны [4].

Военные инженеры, специалисты промышленности в ходе Великой Отечественной 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. Фашистское командование использовало РЛС на оккупированной территории страны лишь в редких случаях (в частности, под Севастополем). При наступательных операциях советских войск в захваченном трофейном вооружении радиолокационной техники не было [5].

3. РЛС общего обнаружения

3.1. 2-й период (1939—1940)

В сентябре—октябре 1939 г. на Черном море с целью определения возможности применения в интересах ПВО военно-морских баз и флота испытывалась система радиообнаружения «РУС-1». Передатчики и приемники устанавливались не только на берегу, но и на тральщиках и баржах [5]. Уточняется⁴, что испытания проводились в районе мыса Фиолент. Опыты показали целесообразность применения систем «РУС-1» для ПВО военно-морских баз.

Передающие и приемные станции системы «РУС-1» располагались по прямой на расстоянии до 35 км. Передатчик излучал направленный радиолуч, при пересечении которого самолет обнаруживался приемником по биениям прямого и отраженного сигналов. Передатчик РЛС мощностью 300 Вт работал в диапазоне волн 3,6—4 м (75—83 МГц), на десяти рабочих частотах с шагом 10 кГц. Полуволновые антенны передатчика имели диаграмму направленности шириной 25° в горизонтальной плоскости. Приемник — супергетеродинного типа, полоса пропускания усилителя промежуточной частоты 6 кГц [4].

В октябре—ноябре 1939 г. в районе Севастополя была испытана импульсная станция обнаружения «Редут». Станция устанавливалась на различных высотах над уровнем моря и в различном удалении от кромки воды, чтобы выяснить наиболее выгодные условия обнаружения кораблей и

⁴ Вальданов А. В. Краткая история создания радиоэлектронных средств ВМФ.

В сб. : Служим отечеству. Ч. 4. Севастополь, 2005. С. 468—481.

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 110 км. При расположении станции у обрыва, на высоте 160 м над уровнем моря, надводные корабли (миноносцы и тральщики) обнаруживались за 20—25 км. В этих же условиях самолет на бреющем полете обнаруживался на расстоянии до 35 км и при полете на высотах 800 м — до 150 км. При расположении станции на той же высоте 160 м над уровнем моря, но за 80 м от обрыва, дальность обнаружения низколетящих самолетов резко снижалась, и при полете на высотах 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 излучения) засвечивали экран индикатора [4].

3.2. 3-й период (1941—1945)

Перед началом Великой Отечественной войны (очевидно, в 1941 г. — П. Е.) на крейсере «Молотов» Черноморского флота была установлена станция «Редут-К». В основе разработки станции («Редут» корабельный) была использована схема построения станции «Редут-41» («Пегматит») с некоторой конструктивной спецификой из-за размещения станции на корабле, в условиях «качки», повышенной влажности и необходимости прокладки антенного фидера вдоль металлической корабельной мачты. Все это заставило разработать специальный фидер, в котором вместо двухпроводной была применена симметричная линия из двух коаксиальных жестких кабелей, надежно функционировавших в таких условиях [4].

Эффективность боевой службы станции «Редут-К» на крейсере «Молотов» иллюстрируют следующие данные: с 1 июля 1941 г. по 15 мая 1942 г. станция обнаружила около 3800 самолетов противника (включалась в работу 441 раз); с 15 мая 1942 г. по 18 ноября 1943 г. было обнаружено 5500 самолетов (станция включалась 828 раз). Во время массированных налетов станция работала до 20 ч в сутки и обнаруживала одновременно до семи—восьми групп самолетов противника на дальностях до 120 км [4].

В 1943 г. была начата разработка новой корабельной станции обнаружения воздушных и надводных целей «Гюйс». Это не было модернизацией станции «Редут-К», а созданием принципиально другой станции, работавшей на длине волны 1,5 м (вместо 4 м у «Редут-К»). Испытания и эксплуатация станции «Гюйс» подтвердили установленные для нее тактико-

технические требования, а из-за отличных качеств станция послужила прототипом для создания серии последующих корабельных РЛС военного периода под названиями «Гюйс-1», «Гюйс-1М», «Гюйс-1М4», «Гюйс-МБ», и «Гюйс-2» для оснащения боевых кораблей различных классов. В октябре—декабре 1944 г. состоялись корабельные испытания станции «Гюйс-1». Станция работала на волне 1,4—1,5 м с мощностью излучения 60—80 кВт. Скорость вращения антенны составляла 3—5,5 об/мин. Испытания этой модели показали: дальность обнаружения линкора — 80 каб., крейсера — 70 каб., эсминца — 50 каб. и тральщика — 40 каб., ошибка определения координат: азимута — 1,5—2°; дистанции — 0,5—7,5 каб. [4].

В процессе разработки следующей разновидности корабельной РЛС «Гюйс-1М» была осуществлена идея введения в осциллографический индикатор «строб-сигнала» и системы строго линейной развертки электронного луча. Эти нововведения значительно повышали точность отсчета дистанции до цели и эффективность артиллерийского огня. 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. В последней модификации этой РЛС «Гюйс-МБ» была введена дистанционная система управления поиском цели и ее пеленгования из рубки радиометриста с помощью электропривода, в ходовой рубке установлен выносной индикатор, позволявший командиру корабля самому наблюдать и оценивать надводную обстановку и давать радиометристам указания о слежении за избранной им целью. Компоновка РЛС позволяли обслуживать станцию одним радиометристом. По своим тактико-техническим параметрам эта РЛС превосходила английскую станцию аналогичного тактического применения [4].

В начале 1945 г. на эсминце «Огневой» ЧФ проходила флотские испытания заключительная модификация корабельной РЛС военного периода «Гюйс-2», воплотившая в себе весь опыт по созданию станций этого типа. РЛС выдержала испытания и была принята на вооружение кораблей [4].

3.3. 4-й период (1946—1964)

РЛС «Зарница», предназначенная для обнаружения надводных целей и низко летящих самолетов — это станция 10-сантиметрового диапазона с мощностью излучения 80 кВт, обслуживаемая одним оператором и предназначенная для размещения на торпедных катерах. 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 торпедном катере «Герой Советского Союза Осипов» Черноморского флота 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°. РЛС «Зарница» была принята на вооружение как средство обнаружения торпедных катеров [5].

Стационарная береговая станция «Лот» предназначалась для обнаружения надводных целей и низко летящих самолетов с радиотехнических постов ВМС. 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. 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 каб. По результатам государственных испытаний станция «Лот» была принята на вооружение [5].

В 1953 г. помимо десятисантиметрового начал осваиваться двухсантиметровый диапазон. Первым радиолокатором в этом диапазоне была РЛС «Ласточка», которую установили на Мекензиевых горах под Севастополем. Она успешно действовала там многие годы, осуществляя проводку судов в Севастопольскую гавань [6].

С использованием научно-технического задела, полученного при разработке РЛС «Ласточка», в 1953—1954 гг. была начата разработка радиолокационного комплекса «Фут», в состав которого входили РЛС дальнего обнаружения высотных воздушных и надводных целей в десятисантиметровом диапазоне — «Фут-Н» и стрельбовая РЛС «Фут-Б» трехсантиметрового диапазона для обеспечения наводки универсальной и зенитной артиллерии. Этот радиолокационный комплекс был испытан на Черноморском флоте, получил высокую оценку и был запущен в серийное производство [6]. Государственные испытания системы «Фут», в состав которой входили РЛС обнаружения «Фут-Н» и слежения «Фут-Б», начались на головном эсминце проекта 56 на Балтийском флоте, а затем про-

должались на эсминце «Отважный» Черноморского флота. Испытания показали высокие тактико-технические данные системы по дальности, точности, работному времени, надежности захвата целей, скорости перенацеливания огня и по эффективности поражения целей. Они подтвердили целесообразность примененного в системе способа электронного целепоказа (наряду с синхронным целеуказанием), что в значительной мере предопределило малые работные времена и высокую надежность приема целеуказания. Испытания также показали, что РЛС обнаружения воздушных целей «Фут-Н», работавшая в 10-сантиметровом диапазоне волн при наличии косеканс-квадратной диаграммы направленности ее антенны успешно решает и задачу обнаружения надводных целей. Это позволило в дальнейшем отказаться от разработки специализированных РЛС обнаружения надводных целей. Так, эта РЛС на СКР проекта 50 заменяла РЛС обнаружения воздушных целей «Гюйс-1М4» и РЛС обнаружения надводных целей «Линь». Система «Фут» была принята на вооружение в 1955 г. [7].

Для кораблей большого и среднего водоизмещения разрабатывается и в 1956 г. предъявляется на государственные испытания опытный образец помехозащищенной РЛС дальнего обнаружения воздушных целей «Кактус». Госиспытания проводились с 26 мая по 13 июля 1956 г. на крейсере «Дзержинский» Черноморского флота, на который был установлен опытный образец станции взамен РЛС «Гюйс-2». В этой РЛС дециметрового диапазона было применено антенное устройство со стабилизированным по углам крена и наклона оси цапф отражателем, обеспечивавшее обзор по углу места от 0 до 12° за два оборота антенны. Передающее устройство с перестраивающимся магнетроном обеспечивало импульсную мощность около 800 кВт. Приемное устройство с кварцевым местным гетеродином предусматривало возможность перестройки станции на 5 фиксированных рабочих частот. Усиление по высокой частоте осуществлялось на ЛБВ. В составе индикаторных устройств был индикатор кругового обзора и индикатор с линейной разверткой. В РЛС «Кактус» была впервые применена схема селектора движущихся целей (СДЦ) когерентно-импульсного типа для обнаружения целей на фоне отражений от неподвижных предметов и пассивных помех. Испытания показали, что станция обеспечивает обнаружение самолетов-истребителей типа МиГ-17 с вероятностью 0,5 на дальностях от 104 км при высоте полета 500 м до 123 и 119 км при высотах 3000 и 13500 м соответственно. Ошибки измерения координат в 80 % измерений не превышали 0,9° по курсовому углу, что примерно соответствовало ширине диаграммы направленности стрельбовых РЛС, и 3 каб., или 0,3 % от масштаба шкалы по дальности. При работе схемы СДЦ самолет-бомбардировщик удовлетворительно наблюдался при превышении

амплитуды сигнала от помех над амплитудой сигнала от самолета на 15—16 дБ. С учетом положительных результатов испытаний РЛС «Кактус» была принята на вооружение ВМФ и ею стали вооружать корабли воздушного наблюдения на базе проекта 258. Однако комиссия отметила, что третья и четвертая «слепые» скорости в схеме СДЦ оказались близкими к скоростям самолетов. Не обеспечивалась автоматическая компенсация скорости корабля при изменении его курса [2].

Исходя из учета возрастающей роли авиации при нанесении ударов по кораблям, в ряде НИР обосновывалась необходимость создания трехкоординатных РЛС обнаружения воздушных целей. Измерение третьей координаты обеспечивало дальнейшее сокращение рабочего времени, затрачиваемого на прием целеуказания, и улучшало решение задачи наведения истребительной авиации на средства воздушного нападения противника. Однако до середины 50-х гг. предложения по созданию трехкоординатных РЛС не находили должной поддержки. Только во второй половине 50-х годов были начаты работы в промышленности по трем возможным в тот период направлениям решения задачи определения угломестной координаты (высоты полета) воздушной цели. Одно из направлений было связано с созданием специального радиолокационного высотомера (ОКР «Разлив»), который обеспечивал бы измерение высоты полета целей при совместной работе с двухкоординатной РЛС обнаружения воздушных целей типа «Кактус». Государственные испытания опытного образца РЛС «Разлив» проведены в конце 1958 г. на крейсере «Держинский» ЧФ комиссией под председательством вице-адмирала В. Ф. Чалого⁵. Результаты испытаний и опытное учение по наведению истребителей на самолет подтвердили возможность использования данных этой РЛС для наведения истребительной авиации при наличии на корабле двухкоординатной РЛС дальнего обнаружения [6].

В 1956—1957 гг. была разработана обзорная РЛС десятисантиметрового диапазона «Ангара». В станции был предложен ряд оригинальных технических решений, таких как полуавтоматическое измерение расстояния между целями, а также селекция подвижных целей с учетом хода и качки корабля, скорости ветра и других особенностей. Станция имела устанавливаемые на командирском мостике и в боевой рубке выносные приборы, на которые транслировались общая локационная картина, окружающая корабль. При испытаниях на Черном море станция показала высокие результаты и была запущена в серийное производство [6].

⁵ Василий Филиппович Чалый (1911—1979) — командующий эскадрой Черноморского флота (1956—1961), дед Алексея Михайловича Чалого, «народного мэра» Севастополя в период присоединения Крыма к Российской Федерации.

В 1958 г. была произведена модернизация станции «Ангара»: к антенному устройству добавлен еще один усеченный наклонный отражатель для получения возможности определять высоту и наклонную дальность воздушных целей. Так станция «Ангара» — «Ангара-А» стала трехкоординатной [6].

В ходе этой модернизации было создано новое двухзеркальное антенное устройство РЛС «Ангара», которое имело два отражателя: один — горизонтальный, второй наклонный (под углом $26,5^\circ$). Высота (угол места) цели определялась новым антенным устройством путем последовательного обзора пространства двумя отражателями при двух различных наклонах диаграммы направленности относительно горизонтальной оси. Угол наклона диаграммы изменялся переключением высокочастотной энергии с одного отражателя на другой. Азимут цели определялся при вертикальном положении диаграммы направленности, а высота — сравнением пеленгов отраженных сигналов, полученных при двух последовательных положениях диаграмм направленности и последующим вычислением в электромеханическом счетно-решающем приборе. Государственные испытания разработанных приборов и устройств проводились на эскадренном миноносце «Гневный» ЧФ в июне 1960 г. По результатам испытаний комиссия сделала вывод, что РЛС позволяет наводить истребительную авиацию с радиолокационными прицелами на воздушные цели и осуществлять перехват их из зон барражирования. Станция была принята на вооружение ВМФ и запущена в серийное производство. Ею стали вооружать корабли ВМФ различных проектов, которые допускали установку не менее двух РЛС обнаружения и целеуказания [2].

3.4. 5-й период (1965—1986)

В 1967 г. на противолодочном крейсере «Москва» Черноморского флота проводились Государственные испытания трехкоординатной РЛС «Восход». В этой станции впервые в практике разработки отечественных РЛС кругового обзора для обнаружения воздушных целей была создана антенная система с электронным сканированием луча в вертикальной плоскости, что обеспечивало определение третьей координаты (угла места) на проходе в режиме кругового обзора. Внедрение РЛС с программируемым управлением лучом явилось технологическим прорывом, который на много лет определил направление работ по созданию трехкоординатных РЛС воздушного обнаружения и положил начало самому многочисленному ряду РЛС типа «Фрегат», которыми вооружены большинство больших и средних кораблей ВМФ. С созданием РЛС «Восход» радиоло-

кационная промышленность СССР впервые вышла на уровень промышленности развитых зарубежных стран. РЛС имела значительную по тем временам дальность обнаружения по воздушным целям — до 500 км [2].

Станция «Восход» явилась первой корабельной РЛС, в которой были практически реализованы [2]:

- мощное передающее устройство на базе усилительной цепочки из специально разработанных для станции «Восход» амплитронов;
- перестройка частоты станции от импульса к импульсу;
- внутриимпульсная линейная частотная модуляция сигналов;
- схема подавления боковых лепестков методом вычитания;
- схема автоматической регулировки по шумам;
- схема широкополосного ограничения и усиления и др.

В станции «Восход» впервые была осуществлена возможность программированного и задаваемого оператором режима обзора пространства в вертикальной плоскости в пределах от 0 до 30°. При этом различными сочетаниями из 12 фиксированных положений луча по углу места достигалась концентрация энергетического потенциала в нужном направлении для обнаружения малоразмерных целей и для борьбы с помехами. В станции была предусмотрена защита от пассивных, несинхронных импульсных, хаотических импульсных, ответных, прицельных, скользящих и заградительных помех.

Антенный пост станции размещался на стабилизированной по качкам корабля вращающейся платформе и имел объединенные в единую конструкцию: антенное устройство станции, формирующее узкий луч основного канала и расширенный в вертикальной плоскости луч дополнительного канала антенны; антенны ответного и запросного устройства системы государственного опознавания и антенны подавления боковых лепестков. Антенна станции представляла собой параболический цилиндр размером в горизонтальной плоскости 7,5 м и в вертикальной плоскости 8,5 м, в фокусе которого расположены щелевой волноводный спиральный облучатель, формирующий основную диаграмму направленности, и рупорный облучатель, формирующий дополнительный луч антенны.

Станция имела три идентичных приемных устройства: первое — для основного канала антенны, два — для каналов подавления помех по боковым лепесткам. Приемник основного канала был резервирован одним из приемников канала подавления. Для повышения чувствительности в каждом приемном устройстве были применены параметрические усилители и усилители высокой частоты на ЛБВ. Для наблюдения целей на фоне активных помех и отражений от взволнованной поверхности моря в прием-

ные каналы были введены автоматическая регулировка усиления по шумам — ШАРУ и временная регулировка усиления — ВРУ.

Появившаяся в конце 60-х гг. РЛС «Восход» пришла на смену радиолокационным станциям «Кактус», «Киль» и «Кливер», но по своим массогабаритным характеристикам и энергопотреблению не могла заменить эти РЛС, установленные на находящихся в строю кораблях.

Полученный в ходе разработки РЛС «Восход» опыт создания станций с частотным сканированием радиолокационного луча в вертикальной плоскости вызвал естественное желание иметь аналогичные станции и в сантиметровом диапазоне волн вместо РЛС «Ангара», уже не соответствовавшей к тому времени возросшим требованиям защиты от прицельных помех, создаваемых средствами РЭП вероятного противника с электронной настройкой помехи на частоту работающей РЛС и не отвечающей требованиям по точности измерения угла места (высоты) цели. В сложившемся положении потребовалось создание новой радиолокационной станции, способной отвечать возросшим требованиям отображения обстановки и замены устаревших РЛС. Более того, приходилось учитывать и большое количество находящихся в строю на кораблях ВМФ РЛС «Ангара» и необходимость их замены на кораблях разного водоизмещения и назначения. Все это требовало не просто разработки одной РЛС обнаружения, а целого ряда современных перспективных радиолокационных станций с более высокими возможностями.

С учетом этого были сформулированы основные тактико-технические требования к радиолокационной станции сантиметрового диапазона «Фрегат», предназначенной для обнаружения воздушных и надводных целей в условиях воздействия интенсивных помех и применения противником противорадиолокационных ракет (ПРР), наводящихся на излучение радиолокационных станций. Государственные испытания опытного образца РЛС «Фрегат» были проведены на Черноморском флоте на головном корабле проекта 1143 — тяжелом авианесущем крейсере «Киев» — с 5 августа по 23 сентября 1975 г. и с 5 апреля по 7 июля 1976 г.

РЛС «Фрегат» обеспечивала решение следующих задач: освещение воздушной и надводной обстановки; целеуказание системам управления ракетными и артиллерийскими комплексами, а также системам управления средствами РЭП; наведение истребительной авиации.

Антенное устройство РЛС представляло собой единую конструкцию в комплексе из шести антенн, размещенных на вращающейся стабилизированной платформе с полной электромеханической стабилизацией. Основная антенна, выполненная в виде параболического цилиндра, имела сканирование узкого луча в вертикальной плоскости, которое происходило вследствие

дискретного изменения частоты передатчика от импульса к импульсу в пределах сканинга по установленной программе. Угломестная расстановка лучей выбрана таким образом, чтобы обеспечить непрерывное заполнение всей зоны обзора в вертикальной плоскости. При работе на дополнительную антенну, имеющую частотно-независимую косекансную диаграмму направленности в вертикальной плоскости, станция определяла две координаты. Использование дополнительной антенны позволяло обеспечить защиту станции от прицельной помехи, воздействующей одновременно по двум каналам. В горизонтальной плоскости антенна вращалась со скоростями 12 и 6 оборотов в минуту, обеспечивая различный темп обзора пространства.

Двухканальное передающее устройство обеспечивало достаточную среднюю мощность и широкий рабочий диапазон станции. Приемное устройство, работавшее в двух разнесенных частотных диапазонах станции, обеспечивало оптимальную обработку радиолокационного сигнала в условиях воздействия активных и пассивных помех благодаря применению схем СДЦ, автокомпенсаторов, шумовой и временной регулировки усиления и использованию сложных частотно-модулированных сигналов. Станция была принята на вооружение ВМФ в 1978 г. [2].

В отличие от РЛС «Фрегат», в РЛС «Фрегат-М», разработка которой связана с обеспечением специфическими требованиями нового ЗРК «Штиль» к темпу обновления информации, предусматривалась возможность одновременной работы на основную и дополнительную антенны, что обеспечивало наименьший период обновления информации. В приборах отображения информации были использованы два индикатора, позволившие работать в двух режимах — кругового и секторного обзора. В станции был применен специальный режим для борьбы с противорадиолокационными ракетами. Государственные испытания РЛС «Фрегат-М» проводились на БПК «Проворный» Черноморского флота с 1975 по 1979 год. После их завершения в 1980 г. РЛС была рекомендована к принятию на вооружение ВМФ в качестве общекорабельной станции обнаружения, целеуказания и сопровождения целей [2].

Были определены и найдены пути создания еще одной модификации базового ряда «Фрегат» с уменьшенными массогабаритными характеристиками. Государственные испытания РЛС «Фрегат-МА» проходили в два этапа. На первом этапе в период с октября 1980 г. по июнь 1981 г. проводились полигонные испытания на научно-испытательной базе на Черном море. Второй этап проводился в период с августа по октябрь 1983 г на БПК проекта 1155 «Маршал Василевский» на Балтийском флоте. РЛС «Фрегат-МА» обеспечивала выполнение требований как по обнаружению низколетящих противокорабельных ракет, так и по борьбе с помехами,

действующими по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны. Принципиальным отличием этой РЛС стало применение планарных антенных решеток частотного сканирования с излучающими элементами в виде волноводно-щелевых линеек с переменнно-наклонными щелями. Применение такой конструкции антенны позволило снизить уровень боковых лепестков диаграммы направленности и выполнить компактный антенный пост. Реализованные в РЛС новые технические решения обеспечили в условиях активных преднамеренных помех достижение высоких тактико-технических характеристик при сокращении числа каскадов усиления. Приборы обработки информации обеспечили одновременное сопровождение и обработку информации, а также выдачу целеуказания. В 1987 г. РЛС «Фрегат-МА» принята на вооружение ВМФ в двух модификациях в зависимости от наличия в ее составе приборов вторичной обработки информации и целеуказания [2].

В процессе создания корабельного РЛК «Подкат», предназначенного для обнаружения малоразмерных противокорабельных ракет и воздушных целей на предельно малых высотах, были решены следующие задачи:

- оптимизации рабочего диапазона и потенциала РЛК применительно к обнаружению скоростных малоразмерных воздушных целей, летящих на предельно малых высотах, с учетом массогабаритных ограничений, определяемых возможностями размещения аппаратуры на кораблях;

- оптимизации режима обзора для обеспечения точного сопровождения и выработки данных целеуказания по малоразмерным целям с требуемой точностью;

- оптимизации типа сигнала и частоты посылок, обеспечивающих потенциально высокое качество выделения скоростных малоразмерных целей на предельно малых высотах на фоне интенсивных отражений от взволнованной морской поверхности;

- реализации высокоэффективных цифровых и цифроаналоговых фильтров СДЦ и когерентного приемопередатчика, обеспечивающих хорошее подавление отражений от морской поверхности и береговой черты;

- разработки восьми модификаций комплекса, позволяющих рационально вооружать корабли большого и среднего водоизмещения с учетом их назначения и вооружения;

- оптимизации алгоритмов захвата целей на сопровождение, алгоритмов сопровождения, алгоритмов сброса с сопровождения, алгоритмов выработки данных предварительного и точного целеуказания, обеспечивающих высокое качество сопровождения низколетящих целей с учетом малой продолжительности радиолокационного контакта с целью при обзоре и дискретности поступления информации [2].

Государственные испытания опытного образца РЛК «Подкат» были проведены на тяжелом авианесущем крейсере «Новороссийск» в апреле—мае 1982 г. в районах боевой подготовки Черноморского флота. Результаты испытаний показали, что принятые в РЛК принципы построения и технические решения обеспечивают требования ВМФ к этому комплексу.

Дополнительные государственные испытания комплекса были проведены в районе г. Феодосия в процессе учения кораблей проектов 1143.3 и 1124К по отражению атаки низколетящих средств воздушного нападения в феврале 1983 г.

Двухкоординатная РЛС «Позитив» обеспечивает решение следующих задач:

- освещение и отображение воздушной и надводной обстановки;
- обработка получаемой радиолокационной информации;
- выдача данных целеуказания системам управления зенитных артиллерийских и ракетных комплексов, системам управления ударным оружием, торпедному оружию и средствам радиоэлектронного подавления.

Для успешного решения перечисленных задач в условиях массированного применения потенциальным противником средств воздушного нападения и интенсивного радиопротиводействия в РЛС использованы следующие основные принципы и особенности построения:

- объединение помехозащищенного обзорного радиолокатора и устройства обработки информации на базе электронной цифровой вычислительной машины, обеспечивающее автоматизацию процессов обнаружения и сопровождения целей, выработки и выдачи данных целеуказания;
- использование принципов когерентно-импульсной радиолокации, обеспечивающих реализацию высокой защищенности от организованных пассивных помех и отражений от взволнованной морской поверхности;
- использование принципов адаптивной многочастотной радиолокации, обеспечивающее наряду с другими мерами возможность реализации высокой защищенности от организованных активных шумовых помех;
- применение сложномодулированных зондирующих сигналов, средств и методов помехозащиты, обеспечивающее высокую защищенность РЛС от различных видов помех;
- использование пространственной избирательности РЛС за счет разделения зоны обзора по углу места на ряд лучей и антенных устройств с достаточно низким уровнем боковых лепестков, обеспечивающее повышенную помехозащищенность РЛС и высокую точность измерения угловых координат целей;
- использование специальных алгоритмов захвата и сопровождения целей, оптимизированных к условиям применения РЛС на малых надвод-

ных кораблях, обеспечивающее относительно высокую пропускную способность станции в сложной помеховой и целевой обстановке.

РЛС «Позитив» разработана в модульном исполнении, обеспечивающем возможность ее использования как в качестве общекорабельной станции обнаружения и целеуказания, так и в составе командных модулей зенитных ракетных и ракетно-артиллерийских комплексов ближнего рубежа.

Государственные испытания РЛС «Позитив» и ее модификаций, проведенные на Черноморском флоте, подтвердили соответствие основных характеристик станции требованиям ВМФ. Они показали, в частности, что дальность обнаружения малоразмерных низколетящих ракет достаточна для выработки и выдачи целеуказания зенитным ракетным и ракетно-артиллерийским комплексам на дальностях их эффективной стрельбы. В 1989 г. станция была принята на вооружение.

Самые общие сведения об испытаниях на Черноморском флоте РЛС общего обнаружения за период 1939—1989 гг. приведены в таблице 2. С использованием средств инфографики эти данные отображены в приложении на рис. 2.

Таблица 2. Сведения об испытаниях на Черноморском флоте РЛС общего обнаружения.

Table 2. Information on tests of general detection radars in the Black Sea Fleet

№ п/п	Наименование	Год испытаний	Носитель или место испытаний	Максимальная дальность обнаружения, км		λ	Основные особенности
				ВЦ	НЦ		
1.	«РУС-1»	1939	м. Фиолент	—	—	3,6—4 м	Размещение на кораблях и на берегу, непр. изл.
2.	«Редут»	1939	г. Севастополь	150	25	4 м	Исследование влияния расположения на дальность, имп. изл.
3.	«Редут-К»	1941	КР «Молотов» ЧФ	—	—	4 м	Первая корабельная РЛС.
4.	«Гюйс-2»	1945	ЭМ «Огневой» ЧФ	80	20	1,5 м	Переход на $\lambda = 1,5$ м.
5.	«Зарница»	1948	ТКА «Герой Советского Союза Осипов» ЧФ	25	20	10 см	Переход на $\lambda = 10$ см.
6.	«Лот»	1950	берег Крыма	36	46	10 см	Обслуживание одним оператором.
7.	«Ласточка»	1953	берег Крыма	—	—	2 см	Переход на $\lambda = 2$ см.

№ п/п	Наименование	Год испы- таний	Носитель или место испытаний	Макси- мальная дальность обнару- жения, км		λ	Основные особенности
				ВЦ	НЦ		
8.	«Фут»	1955	берег Крыма, ЭМ «Отважный» ЧФ	50	25	10 см, 3 см	Использование двух диапазонов.
9.	«Кактус»	1956	КР «Дзержинский» ЧФ	300	35	дм	Селекция целей на фоне пассивных помех.
10.	«Разлив»	1958	КР «Дзержинский» ЧФ	—	—	—	Измерение 3-й координаты (угла места) при сов- местной работе с РЛС «Кактус».
11.	«Ангара»	1960	ЭМ «Гневный» ЧФ	200	40	10 см	Измерение 3-й координаты (угла места).
12.	«Восход»	1967	ПК «Москва» ЧФ	500	—	дм	Подавление бо- ковых лепестков, защита от помех.
13.	«Фрегат»	1976	ТАКР «Киев» ЧФ	400	40	10 см	Противодействие ППР.
14.	«Фрегат- М»	1979	БПК «Проворный» ЧФ	400	40	10 см	Увеличение ско- рости обработки инф-ции путем исп. двух антенн.
15.	«Фрегат- МА»	1981	ЧФ	250	40	10 см	Применение пла- нарных антенных решеток.
16.	«Подкат»	1982	ТАКР «Новорос- сийск» ЧФ, г. Феодосия	50	—	—	Обнаружение противокора- бельных ракет на малых высотах.
17.	«Позитив»	1986	ЧФ	100	50	3 см	Интеграция по- мехозащищенной РЛС и ЦВМ.

Используемые в таблице сокращения: ВЦ — воздушная цель, НЦ — надводная цель, λ — рабочая длина волны.

4. Заключение

Большая часть радиолокационного оборудования Военно-Морского Флота была испытана на Черноморском флоте. Для РЛС общего обнаружения, которые проходили испытания на Черноморском флоте в 1939—

1986 гг., характерен переход с метрового диапазона (1939—1945) в дециметровый (1956, 1967 гг.) и сантиметровый диапазон (1948—1986). К технологическим инновациям в развитии РЛС общего обнаружения следует отнести: использование в одной станции двух диапазонов (1955), селекцию целей на фоне пассивных помех (1956), измерение 3-й координаты — угла места (1958), подавление боковых лепестков ДН антенны (1967), увеличение скорости обработки информации путем использования двух антенн (1979), применение планарных антенных решеток (1981), обнаружение противокорабельных ракет на малых высотах (1982), интеграция помехозащищенной РЛС и ЦВМ (1986). Анализ инфографики (рис. 2), выполненной на основе рекомендаций [3], показывает, что испытания РЛС общего обнаружения на Черноморском флоте достаточно хорошо отражены в открытых источниках за период 1939—1986 гг.

Список литературы

1. Ермолов П. П. Периодизация и основные объекты в истории исследований по радиотехнологиям в Крыму. В сб. : 17-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2007) : материалы конф. в 2 т. (Севастополь, 10—14 сент. 2007). Севастополь : Вебер, 2007. Т. 1. С. 39—44.
2. Радиолокационное вооружение Военно-Морского Флота России : сборник статей / Под ред. И. И. Тынянкина и В. Ф. Измайлова. М. : Научтехлитиздат, 2005. 446 с.
3. Ермолов П. П. Инфографика — важный инструмент визуализации и снижения разнородности контента в историографии науки и техники // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2025. Т. 8, № 1. С. 124—151.
4. Лобанов М. М. Начало советской радиолокации. М. : Сов. радио, 1975. 288 с.
5. Лобанов М. М. Развитие советской радиолокационной техники. М. : Воениздат, 1982. 239 с.
6. Щербаков Н. С. Флагман отечественного морского приборостроения. К 75-летию ОАО «Морской научно-исследовательский институт радиоэлектроники Алтайр» // История науки и техники. 2008. № 8. С. 2—17.
7. Бакаленко Ю. А., Басаков Г. С., Полонский С. И., Романовский А. С. История создания и развития радиолокации ВМФ (до 1955 г.). М. : МО СССР, 1990. 118 с.

Сведения об авторе

Ермолов Павел Петрович, кандидат технических наук, доцент, профессор Института радиоэлектроники и интеллектуальных технических систем Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, Российская Федерация. ORCID: 0000-0001-9089-974X.

**КОЛИЧЕСТВО РАДИОЛОКАЦИОННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОХОДИВШЕГО
ИСПЫТАНИЯ НА ВМФ СССР И РОССИИ
В 1936—2000 ГГ.**

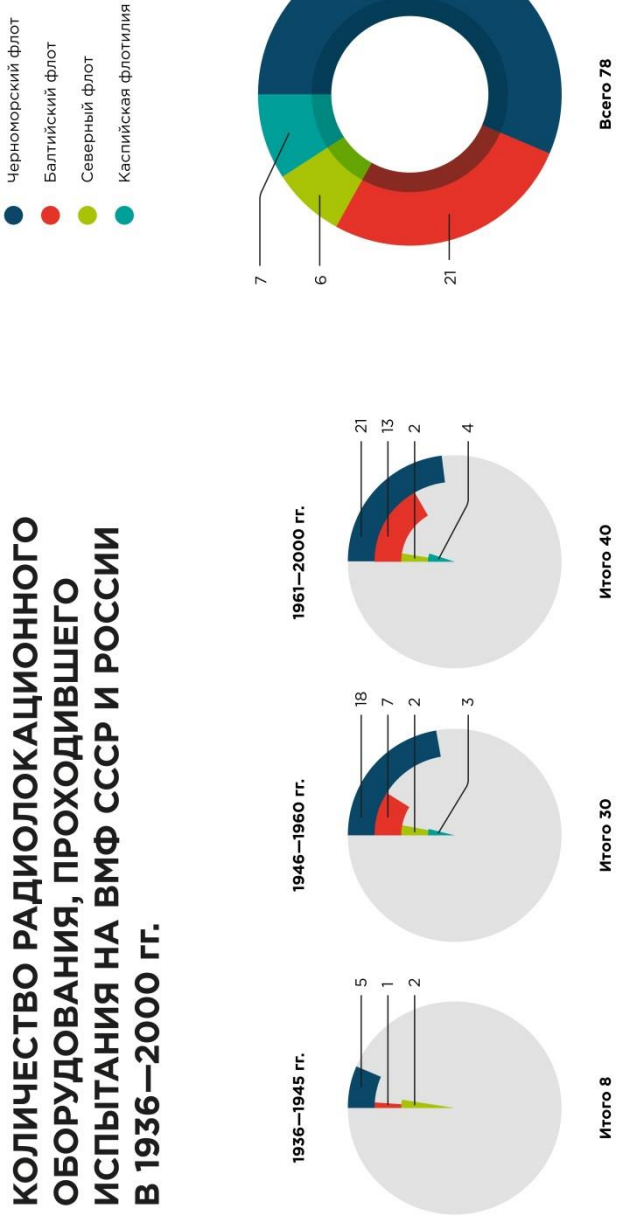


Рис. 1. – Fig. 1.

СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПЫТАНИЯХ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ФЛОТЕ РЛС ОБЩЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ

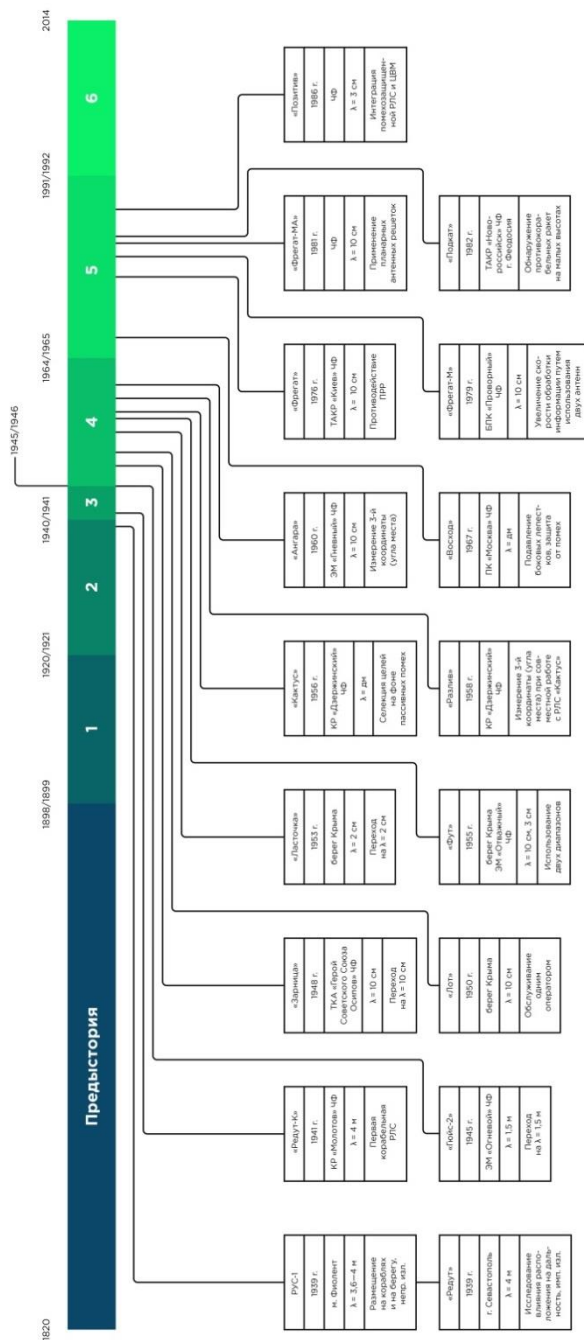


Рис. 2. — Fig. 2.

History of Testing of Radar Systems in the Black Sea Fleet. General Detection Radar

P. P. Yermolov

Sevastopol State University

33 Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russian Federation

ppermolov@mail.sevsu.ru

Received: April 10, 2025

Peer-reviewed: April 17, 2025

Accepted: May 12, 2025

Abstract: The article presents a quantitative analysis of radar equipment tested in the USSR and Russian Navy in 1936–2000, a brief history of radar development, and the history of general detection radar tests in the Black Sea Fleet in four periods: 1939–1940, 1941–1945, 1946–1964, and 1965–1986. The results of the study are presented in a compendium format, summarized in a table and illustrated with info graphics.

Keywords: Baltic Fleet, Northern Fleet, Caspian Flotilla, “RUS-1”, “Redut-K”, “Fut”, “Fregat”, “Fregat-M”, “Positive”, P. K. Oshchepkov, M. M. Lobanov, B. K. Shembel.

For citation (IEEE): P. P. Yermolov, “History of Testing of Radar Systems in the Black Sea Fleet. General Detection Radar,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 8, no. 4, pp. 666–686, 2025, doi: 10.21227/gwkd-f371. (In Russ.).

References

- [1] P. P. Yermolov, “Periodization and main objects in the history of research on radio technology in Crimea,” in *17th International Crimean Conf. “Microwave and Telecommunication Technology” (CriMiCo '2007)*, Sevastopol, September 10–14, 2007, Sevastopol: Weber, pp. 39–44, 2007. (In Russ.).
- [2] *Radar weapons of the Russian Navy: a collection of articles*, ed. I. I. Tynyankin and V. F. Izmailov. Moscow: Nauchtekhizdat, 2005. (In Russ.).
- [3] P. P. Yermolov, “Info Graphics Are an Important Tool for Visualization and Dimensionality Reduction in the Historiography of Science and Technology,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 8, no. 1, pp. 124–151, 2025. (In Russ.).
- [4] M. M. Lobanov, *The beginning of Soviet radar*, Moscow: Sov. radio, 1975. (In Russ.).
- [5] M. M. Lobanov, *Development of Soviet radar technology*, Moscow: Voenizdat, 1982. (In Russ.).
- [6] N. S. Shcherbakov, “The flagship of domestic marine instrument-making. On the 75th anniversary of JSC ‘Marine Research Institute of Radio Electronics Altair’”, *Studies in the History of Science and Technology*, no. 8, pp. 2–17, 2008. (In Russ.).
- [7] Yu. A. Bakalenko, G. S. Baskakov, Polonsky S. I., and A. S. Romanovsky, *History of the creation and development of naval radar (before 1955)*, Moscow: USSR Ministry of Defense, 1990. (In Russ.).

Information about the author

Pavel P. Yermolov, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Institute of Radio Electronics and Intelligent Technical Systems of Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-9089-974X.