

◆СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ◆

УДК 522.4/6
DOI 10.17285/0869-7035.2018.26.2.095-104

В. Г. ПЕШЕХОНОВ

КОРОТКИЙ ВЕК РАДИОСЕКСТАНА

Рассмотрены краткая история создания нового средства автономной навигации – радиоастронавигационной системы (радиосекстана¹), реализованные в радиосекстане новые технические решения и причины, по которым линия развития радиосекстана завершилась.

Ключевые слова: радиосекстан, астронавигация.

Введение

Астронавигация – определение местоположения наблюдателя и направления истинного меридиана по измерениям углового положения астрономических источников оптического излучения – использовалась еще древними путешественниками, особенно в открытом море, где отсутствуют характерные местные ориентиры. Инструмент для проведения астронавигационных определений – оптический секстант – был изобретен Дж. Гадлеем около трехсот лет назад и, незначительно совершенствуясь, используется мореплавателями и в настоящее время. Радиосекстант был создан намного позднее, и век его оказался недолгим – менее сорока лет.

Разработка радиосекстана началась в середине прошлого века в связи с возникшей в тот период проблемой навигационного обеспечения кораблей на всех акваториях Мирового океана. Военно-Морской Флот СССР становился океанским, но только в ближней морской зоне, где действовали системы радионавигации, обеспечивалась высокоточная навигация без ограничений по времени суток и года и при любых метеоусловиях. В дальней морской зоне точность радионавигационных определений была недостаточной, а спутниковые навигационные системы еще только обсуждались.

Пешехонов Владимир Григорьевич. Академик РАН, генеральный директор АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». Президент международной общественной организации «Академия навигации и управления движением» (С.-Петербург).

¹ На российском флоте и среди разработчиков этого средства навигации принято название «радиосекстант», хотя правильнее было бы «радиосекстант».

В удаленных районах Мирового океана только астронавигационные средства могли обеспечить проведение коррекции навигационных данных. Однако из-за гидрометеоров (сплошная облачность, дождь, снег, туман) вероятность астрооптических определений в среднем по земному шару составляет 0,2-0,3, причем в важных для российского флота районах (Северная Атлантика, северная часть Тихого океана) эта величина значительно ниже.

Необходимо было создать не зависящее от метеоусловий средство астрокоррекции, и такую возможность представило бурно развивавшееся в тот период новое направление в астрономии – радиоастрономия. Космические источники (Солнце, Луна, звезды) излучают в широком спектре частот, в том числе и в радиодиапазоне. При этом существуют «окна прозрачности» атмосферы – частотные диапазоны, в которых радиоизлучение космических источников достигает поверхности Земли с минимальным затуханием при любых гидрометеорологических условиях. Основываясь на достижениях радиоастрономии, возможность создания радиоастропеленгаторов с 1955 года исследовали: для самолетовождения – ученые Ленинградской военно-воздушной инженерной академии им. А. Ф. Можайского (ныне Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского) под руководством В. С. Шебшаевича, для морской навигации – сотрудники институтов ВМФ Б. М. Гельман, Р. П. Лошаков и Л. С. Вайсман. Идею активно поддерживали ученые Пулковской обсерватории Академии наук, Ленинградского государственного университета и Научно-исследовательского радиофизического института Академии наук (г. Горький, ныне Нижний Новгород).

За разработку радиосекстана взялся НИИ-303 (с 1966 г. ЦНИИ «Электроприбор») Министерства судостроительной промышленности. Руководители института увидели в этом единственную возможность обеспечить всепогодную коррекцию навигационных данных первого отечественного всеширотного навигационного комплекса «Сигма», который в тот период разрабатывал НИИ-303 (главный конструктор – В. И. Маслевский).

Однако НИИ-303 специализировался в области высокоточной механики и электромеханики и не обладал компетенциями в области радиотехники, радиофизики, физической оптики, телевидения, необходимыми для создания радиосекстана. Для этой цели была сформирована лаборатория (впоследствии большой отдел), куда пришли молодые специалисты из ведущих вузов города. Начальник лаборатории М. К. Петушков² и ведущий специалист И. Ф. Коньков наладили взаимодействие с академическими институтами и вузами, поощряли энтузиазм молодых сотрудников, и результаты не замедлили сказаться.

В 1957 году НИИ-303 выполнил поисковую НИР «Герань», в ходе которой был разработан наземный солнечный радиоастропеленгатор, подтвердивший возможность пеленгования Солнца по его радиоизлучению в сантиметровом диапазоне волн. Следующим шагом стало одновременное выполнение трех ОКР (ОКР «Конус», «Купол», «Ключ», 1958–1960 гг.), в ходе которых были определены основные проблемы построения радиосекстана и решена часть из них. Стало ясно, что может быть создан радиосекстан, обеспечивающий пеленгование наиболее мощного (у поверхности Земли) космического источника излучения – Солнца. Понятны стали и проблемы, которые необходимо решить для

² Михаил Кузьмич Петушков со студенческой скамьи ушел на фронт, после войны окончил Ленинградский электротехнический институт по специальности «Приборы управления стрельбой», главный конструктор трех поколений радиосекстанов, кандидат технических наук, лауреат Государственной премии СССР и Государственной премии РФ.

использования Луны, следующего по интенсивности потока источника космического излучения.

Основные проблемы построения радиосекстана

Разработчики радиосекстана в полной мере использовали опыт создателей радиотелескопов, в том числе построение радиометрического приемника, обеспечивающего выделение слабого шумового сигнала космического источника на фоне более интенсивных собственных шумов приемника.

Особенность радиосекстана по сравнению с радиотелескопом заключается в том, что радиосекстан находится на подвижном основании, точные координаты которого неизвестны, размеры апертуры антенны и время наблюдения жестко ограничены. Требовалось разработать систему поиска и удержания в диаграмме направленности антенны источника космического излучения, обеспечить максимально возможную крутизну пеленгационной характеристики антенны и минимальные шумы приемного тракта.

Однако был выявлен ряд проблем, специфических для навигации. Первая специфическая проблема связана с неравномерной яркостью солнечного диска. Это приводит к расхождениям между положением геометрического центра диска (относительно которого решается навигационная задача) и центром радиоизлучения Солнца (ЦРС), положение которого определяет радиосекстан, то есть к ошибке навигационного определения.

Радиоизлучение Солнца имеет три составляющие: «спокойное» Солнце – равномерно излучающий диск; медленно меняющаяся составляющая с периодом 27 суток (период вращения Солнца), порожденная солнечными пятнами; всплески радиоизлучения, вызванные хромосферными вспышками. Последние две составляющие приводят к смещению ЦРС относительно геометрического центра диска Солнца. Прогнозировать появление пятен и всплесков и их интенсивность невозможно, а вызванная ими составляющая ошибки радиосекстана может быть недопустимо велика, особенно в годы активного Солнца.

Учет этого фактора стал одной из основных задач при разработке солнечного радиосекстана. Заметим, что эта задача была решена лишь частично.

Следующая специфическая проблема создания радиосекстана связана с влиянием окружающего шумового фона на точность измерений углового положения космического источника. В радиосекстане, как и в радиолокации, слежение за космическим источником и измерение его углового положения осуществляются путем конического сканирования остронаправленной диаграммы направленности антенны. Однако в отличие от радиолокации в нашем случае сигнал имеет шумовой характер. Окружающий фон также генерирует шумовое излучение, так как в соответствии с законом Кирхгофа поглощение радиоизлучения атмосферой порождает ее шумовое излучение. Направленность антенны позволяет не учитывать шумовое излучение окружающих тел (в частности, подстилающей поверхности), но в пределах главного лепестка диаграммы направленности не учитывать шумовое излучение атмосферы нельзя. Поглощение в атмосфере, а следовательно, и ее шумовое излучение, имеет вертикальный градиент, и при сканировании шумы атмосферы модулируются, как и полезный сигнал.

Это приводит к ошибке в определении углового положения космического источника в вертикальной плоскости. Поскольку шумовая помеха промодулирована, как и полезный сигнал, с частотой сканирования, то частотное разделение сигнала и помехи невозможно. Был предложен и разработан простран-

ственно-частотный метод выделения полезного сигнала, основанный на различии пространственно-частотных спектров пеленгуемого источника, имеющего небольшие угловые размеры, и протяженного шумового фона атмосферы [1]. Роль пространственно-частотного фильтра выполняет антенна. Для Солнца влияние шумов атмосферы приводило к небольшим ошибкам, но для значительно более слабого источника – Луны – без пространственной фильтрации навигационную задачу решить с необходимой точностью невозможно.

Еще один специфический для радиосекстана источник ошибки связан с неравномерным распределением капель на антенном обтекателе при дожде. При этом искажается фазовый фронт падающей на антенну волны и, следовательно, возникает ошибка в определении направления на источник. Влияние неравномерного смачивания обтекателя удалось снизить до допустимых пределов за счет нанесения на него гидрофобного покрытия.

Решение указанных проблем обеспечило создание трех поколений радиосекстанов. Переход от поколения к поколению сопровождался повышением точности пеленгования космических источников и повышением вероятности проведения обсервации.

Солнечный радиосекстан «Самум»

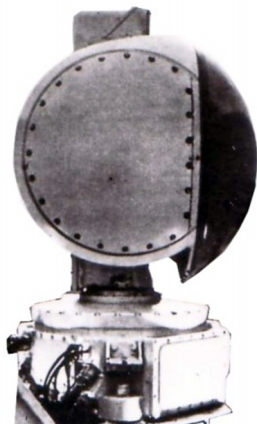


Рис. 1. Антенный пост радиосекстана «Самум»

Первый отечественный радиосекстан «Самум» был предназначен для обсерваций по наиболее мощному источнику радиоизлучения – Солнцу³. Он разрабатывался в составе всеширотного навигационного комплекса «Сигма-М».

Основными составными частями радиосекстана являются антенный пост, выдвигаемый подъемным устройством из ограждения подводной лодки, и прибор обработки информации и управления, размещаемый внутри прочного корпуса.

Антенный пост имеет герметичную конструкцию, часть корпуса составляет радиопрозрачный обтекатель антенны (см. рис. 1).

Антенна радиосекстана двухзеркальная, построенная по широко используемой в радиоастрономии схеме Кассегрена с параболическим большим и гиперболическим малым зеркалом. Реализована оригинальная схема конического сканирования диаграммы направленности антенны. Сканирование обеспечивается вращением малого зеркала, ось вращения которого наклонена относительно оси большого зеркала. Вращение малого зеркала и одновременно выработку опорного напряжения обеспечивает специально разработанный малогабаритный электромеханический агрегат. Волноводный тракт при этом неподвижен, что исключает паразитную модуляцию просачивающегося в антенну излучения гетеродина приемника. Частота сканирования превышает 50 Гц, чтобы избежать аномальных собственных шумов приемника. В состав волноводного тракта входят оптимизированный рупорный облучатель, преобразователь ча-

³ В США также были разработаны солнечные радиосекстаны AN/SAN-1 (морской) и AN/SAN-25 (авиационный), но развития эта тематика не получила, по-видимому, в связи с тем, что в США раньше, чем в СССР, были созданы морские инерциальные и спутниковые навигационные системы.

стоты супергетеродинного приемника, построенный по балансной схеме, и ферритовое вентильное устройство, снижающее просачивание сигнала гетеродина в антенну.

Рабочая длина волны радиосекстана выбрана равной 3,2 см – в пределах оптимальной для солнечного радиосекстана коротковолновой части сантиметрового диапазона волн. В тот период только для этого поддиапазона была отработана технология волноводных элементов. НИИ-303 пришлось освоить эту технологию и провести собственную разработку волноводного тракта. При выбранной длине волны и максимально возможном по условиям размещения на объекте диаметре антенны 820 мм обеспечивалась необходимая точность радиосекстана.

В антенном посту размещены волноводный тракт, усилитель промежуточной частоты, местная гировертикаль и исполнительные элементы следящих систем, обеспечивающие наведение и удержание антенны на Солнце при движении корабля и качках. Аналоговые вычислительное устройство и схемы управления следящими системами размещены в приборных шкафах, находящихся в прочном корпусе ПЛ. Там же находятся устройства отображения результатов обсервации.

Первый образец радиосекстана «Самум» прошел в 1964 году государственные испытания в составе навигационного комплекса «Сигма-М» головной атомной подводной лодки стратегического назначения (АПЛСН) проекта 658М. В дальнейшем более двадцати изделий были поставлены на АПЛСН этого проекта и проекта 667А. Уже первые опыты использования радиосекстана «Самум» показали, что в условиях Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана радиосекстан является ценным средством коррекции навигационных данных, и флот хорошо принял это новое средство навигации [2]. В светлое время суток вероятность использования радиосекстана составила 0,9 при любых метеословениях (отличие от 1,0 объясняется ограничением минимального угла высоты Солнца из-за возрастания ошибки пеленгования вблизи линии горизонта, обусловленной аномальной рефракцией).

Вслед за подводными лодками радиосекстан начал использоваться на кораблях – контрольно-измерительных комплексах (КИК), обеспечивающих определение параметров движения космических аппаратов и ракет за пределами территории нашей страны. Для КИК «Владимир Комаров» был создан навигационный комплекс «Сож-595», в состав которого входил солнечный радиосекстан «Сура-595», построенный на базе радиосекстана «Самум» и адаптированный к условиям работы на надводном корабле.

Выше отмечалось, что солнечному радиосекстану присуща ошибка, обусловленная несовпадением ЦРС с геометрическим центром солнечного диска. Попытки автономного (на корабле) определения смещения ЦРС не привели к успеху, и была принята схема определения ЦРС с помощью береговой станции с последующей передачей данных на корабль.

Была разработана специальная наземная станция «Девияция» для определения ЦРС, размещенная в 1964 году в Крыму. Эксплуатация этой станции показала, что она обеспечивает необхо-



Рис. 2. Станция определения смещения центра радиоизлучения Солнца «Дрейф»

димую точность определения смещения ЦРС. Проблема заключалась в том, что измерения проводились только часть суток, когда Солнце находилось над горизонтом в месте расположения станции. Для увеличения времени наблюдения была разработана усовершенствованная станция «Дрейф» (см. рис. 2), четыре образца которой планировалось разместить вдоль одной параллели, с тем чтобы обеспечить круглосуточный мониторинг смещения ЦРС, но этим планам не суждено было сбыться.

Перископные радиосекстаны

Дальнейшее развитие тематики радиосекстанов шло по пути преодоления ограничений, свойственных радиосекстану «Самум». Первое из них заключалось в необходимости всплытия ПЛ для проведения обсервации. Была разработана перископная конструкция радиосекстана, обеспечивающая проведение обсервации при погруженном положении ПЛ, когда только антенный пост радиосекстана выдвигается над поверхностью воды (см. рис. 3).



Рис. 3. Перископный радиосекстан во время обсервации

Второе важное ограничение заключалось в проведении обсервации только в светлое время суток, когда Солнце находится над горизонтом. Средняя за год вероятность использования солнечного радиосекстана составляет 0,4, причем в полярную ночь обсервации невозможны в течение месяцев.

Решение проблемы заключалось в увеличении числа астроориентиров. Первым шагом стало создание перископного радиосекстана «Сайга», обеспечивающего пеленгование Солнца и Луны по их радиоизлучению, а также наблюдение оптическим каналом звезд в ночное время. Благодаря этому средняя за год вероятность использования радиосекстана составила 0,74.

Плотность потока радиоизлучения Луны в сантиметровом диапазоне волн у земной поверхности примерно в 70 раз ниже плотности потока радиоизлучения Солнца. Для того чтобы при пеленговании Луны обеспечить приемлемое соотношение «сигнал/шум», в радиосекстане «Сайга» реализованы следующие технические решения: увеличен до максимально возможного диаметр апертуры антенны (1200 мм), что дало трехкратное увеличение крутизны пеленгационной характеристики по сравнению с радиосекстаном «Самум». Оптимизирован диапазон принимаемого излучения, усовершенствован супергетеродинный приемник. Исследования показали, что оптимальный диапазон лежит вблизи 2 см, и при этом обеспечивается двукратное увеличение соотношения «сигнал/шум» по сравнению с диапазоном 3,2 см. Эти меры не компенсировали в полном объеме снижение соотношения «сигнал/шум» при пеленговании Луны по сравнению с Солнцем. Дополнительное повышение этого соотношения было обеспечено за счет увеличения минимального угла возвышения Луны над горизонтом. В результате обеспечено проведение обсерваций по Луне, но с меньшей точностью, чем по Солнцу, и с ограничениями по минимальной высоте Луны над горизонтом.

Технические решения, обеспечившие пеленгование Луны, одновременно привели к повышению точности пеленгования Солнца за счет повышения крутизны пеленгационной характеристики, снижению погрешности, обусловленной несовпадением ЦРС и геометрического центра диска Солнца, и повышению точности гиросtabilизации. Погрешность, связанная со смещением ЦРС, снизилась вследствие того, что с уменьшением длины волны снижается интенсивность потока излучения хромосферных вспышек. Точность гиросtabilизации возросла благодаря тому, что в перископной конструкции радиосекстана гироскоп размещается на нижнем фланце трубы перископа, т.е. значительно ближе к центру качки корабля, чем в радиосекстане «Самум».

Перископный солнечно-лунный радиосекстан «Сайга» стал вторым поколением радиоастронавигационных систем. Он вошел в состав навигационных комплексов «Тобол» (разработчик – ЦНИИ «Дельфин», главный конструктор – О. В. Кищенко) на АПЛСН двух проектов и навигационных комплексов «Альтаир» и «Антарес» КИК «Академик Королев» и «Космонавт Юрий Гагарин» (разработчик – ЦНИИ «Электроприбор», главный конструктор – В. И. Маслевский).

Третье поколение радиосекстанов было создано в 70-е годы прошлого века. В состав радиосекстана были введены два новых канала – оптико-телевизионный и спутниковый, и усовершенствован радиометрический канал.

Задачу создания оптико-телевизионного канала радиосекстана решил коллектив под руководством О. М. Никончука. Этот канал за счет накопления полезного сигнала на элементах матрицы приемного устройства обеспечил проведение наблюдений при разрывной облачности и в сумерках. Оптико-телевизионный канал был испытан на опытовом радиосекстане «Символ» (модификация радиосекстана «Сайга») и в дальнейшем включен в состав радиосекстанов третьего поколения «Снегирь» и «Салют».

Были существенно улучшены параметры радиометрического канала за счет специально разработанного маломощного параметрического усилителя на бескорпусной полупроводниковой эпитаксиальной структуре. Это был первый в стране параметрический усилитель двухсантиметрового диапазона, и его создание вывело разработчиков ЦНИИ «Электроприбор» на хороший уровень среди разработчиков техники сверхвысоких частот. Благодаря параметрическому усилителю точность пеленгования Луны приблизилась к точности пеленгования Солнца.

В этих условиях существенный вклад в погрешность пеленгования Луны начинает вносить описанный выше вертикальный градиент собственного шумового излучения атмосферы. Были реализованы две схемы пространственной фильтрации, основанные на том, что азимутальный градиент излучения атмосферы невелик. Обе схемы обеспечивают измерение градиента излучения атмосферы на небольшом азимутальном угловом расстоянии от пеленгуемого источника, но в разное время. Одновременное пеленгование и измерение градиента обеспечивается за счет специальной диаграммы направленности. Более простая схема, не требующая изменения диаграммы направленности антенны, – измерение градиента производится после пеленгования космического источника на небольшом угловом расстоянии от него. Эта схема и нашла применение.

Близкую к 1,0 вероятность использования радиосекстана обеспечило создание спутникового канала. На первом этапе создания низкоорбитальной спутниковой навигационной системы реализовались два метода навигационных определений: доплеровский и угломерно-дальномерный. Доплеровский метод обеспечил определение координат места и составляющих скорости движения объекта, на кото-

ром устанавливалась аппаратура потребителя спутниковой информации. Угломерно-дальномерный метод обеспечивал определение и координат места, и направления истинного меридиана, т.е. решал те же задачи, что и радиосекстан, пеленгующий Солнце и Луну [3].

Угломерно-дальномерный метод развивался НИИ-195 (ныне Российский институт радионавигации и времени – РИРВ), под руководством главного конструктора А. Ф. Смирновского. Ключевым моментом разработки стало решение проблемы сведения частот генераторов на навигационном ИСЗ и у потребителя навигационной информации.

Корабельную аппаратуру угломерно-дальномерного канала было поручено разработать ЦНИИ «Электроприбор». Эту задачу удалось выполнить в короткий срок, так как за основу конструкции был взят антенный пост радиосекстана «Самум». Основные проблемы были связаны с разработкой антенны, принимающей излучение двух диапазонов, отличающихся поляризацией, и с переходом от аналоговой обработки сигналов к цифровой. Разработанная ЦНИИ «Электроприбор» опытная система «Цезий» (главный конструктор – М. К. Петушков) в 1968–1970 годах прошла морские испытания на экспедиционном океанографическом судне «Н. Зубов». При работе по первому навигационному ИСЗ «Космос-192» (запущен в 1967 г.) была получена точность выработки курса и координат места, сопоставимые с точностью радиометрического канала радиосекстана [3].

В 1972 году началась опытная эксплуатация космической навигационно-связной системы «Парус» (головной разработчик – ОКБ-10, ныне АО «Информационные спутниковые системы», г. Красноярск, главный конструктор – М. Ф. Решетнев). К этому времени ЦНИИ «Электроприбор» завершил разработку радиосекстана «Снегирь», имеющего радиометрический канал пеленгования Солнца и Луны, спутниковый дальномерно-угломерный и оптико-телевизионный каналы. Система «Снегирь» вошла в состав навигационных комплексов «Тобол-Б» АПЛСН проекта 667Б и «Тобол-М» АПЛСН проекта 667БД. Разработанная позже система «Салют» применена в навигационном комплексе «Симфония» АПЛСН проекта 941 (главный конструктор комплекса – В. Г. Пешехонов).

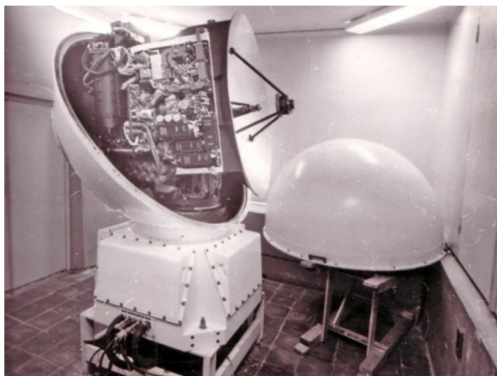


Рис. 4. Антенный пост радиосекстана «Нарва» со снятым антенным обтекателем

Параллельно была разработана радиоастронавигационная система (шифр «Нарва», главный конструктор – В. А. Васильев) для крупных надводных кораблей – авианесущих крейсеров проектов 1143 и тяжелых атомных ракетных крейсеров проекта 1144 (рис. 4).

Система «Нарва» имела те же каналы, что и система «Снегирь», но в отличие от систем подводных лодок обеспечивала пеленгование космических источников при больших углах качки. Еще одним существенным отличием от предыдущих конструкций радиосекстанов стало крепление радио-

прозрачного обтекателя на корпусе антенного поста, а не на антенне, что устранило внешнее механическое воздействие на привода, но потребовало высокой электрической однородности обтекателя.

Факторы, ограничившие применение радиосекстанов

По мере совершенствования навигационных комплексов вклад радиосекстана снижался. Для навигационного комплекса первого поколения «Сигма-М», обеспечивавшего выработку курса путем обработки информации гироскопа и гироазимута, а выработку координат – методом навигационного счисления, радиосекстан «Самум» стал важнейшим средством коррекции навигационных данных в удаленных районах Мирового океана.

Инерциальные навигационные комплексы «Тобол» поначалу имели невысокие точностные характеристики, и в отсутствие спутниковой навигации радиосекстан второго поколения «Сайга» использовался широко.

Создание низкоорбитальной спутниковой навигационной системы и одновременно повышение точностных характеристик морских инерциальных навигационных комплексов существенно снизили роль радиосекстана. У радиосекстана «Снегирь» точностные характеристики радиометрического и спутникового угломерно-дальномерного канала были близки, но уже стало очевидным, что точность выработки координат места доплеровским спутниковым каналом имеет реальную перспективу значительно превзойти точность этих каналов.

Эта перспектива была реализована при создании высокоточной среднеорбитальной спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС. Точность выработки координат этой системой на первом этапе на порядок, а в дальнейшем на два порядка превзошла точность радиометрического канала. Одновременно выработка курса инерциальным навигационным комплексом третьего поколения достигла такой точности, что коррекция его по данным радиосекстана стала неэффективной. По этой причине радиосекстан «Салют» стал использоваться только как резервное средство коррекции, а также для коррекции азимутального дрейфа при работе навигационного комплекса в квазигеографической системе координат.

Функции радиосекстана уменьшались, а конструкция его по мере наращивания числа каналов усложнялась, и он стал одним из самых сложных в производстве и эксплуатации радиоэлектронных изделий на корабле. Если к этому добавить не решенную до конца проблему учета смещения ЦРС, то станет понятным, почему в конце 80-х годов разработчики навигационных комплексов пришли к заключению о нецелесообразности дальнейшей разработки радиосекстанов.

Заключение

Создание радиосекстанов стало коротким, но ярким эпизодом в многовековой истории развития навигационной техники. Опыт, полученный в ходе этих работ, востребован и сегодня. Это был опыт не эволюционного и тем более не догоняющего развития. Поставленная проблема была совершенно новой, и методы ее решения также должны были быть новыми.

Такая постановка открыла простор для творческого поиска и привлекла в коллектив разработчиков радиосекстанов людей активных, ориентированных на поиск новых путей. После завершения работ по радиосекстанам этот высокий потенциал был востребован в ряде новых разработок ЦНИИ «Электроприбор», в том числе навигационных комплексов, систем автоматического управления, новых видов гироскопов.

Определяющим стал вклад разработчиков радиосекстанов в создание перископного комплекса нового поколения «Парус-98», в том числе первой россий-

ской многофункциональной «оптронной мачты» (главный конструктор комплекса – В. Е. Янушкевич, один из ведущих разработчиков радиосекстантов).

Прошли десятилетия, и новое поколение создателей навигационной техники, к сожалению, не знает о радиосекстане и его вкладе в развитие навигации, тем более что немногочисленные публикации по этой тематике малодоступны. Автор настоящего краткого обзора, пятнадцать лет проработавший в коллективе создателей радиосекстантов, счел своим долгом рассказать об этом выдающемся коллективе и его научно-технических достижениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Пешехонов В.Г.** Антенные системы радиосекстантов. Диссертация на соискание степени доктора технических наук. СПб., 1972. (Библиотека АО «Концерн ЦНИИ «Электроприбор».)
2. **Богомазов К.Я.** Освоение навигационных комплексов на подводных лодках Северного флота. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2011. 318 с.
3. **Суворов Е.Ф.** Летописи зарождения, развития и первых шагов реализации идеи отечественной спутниковой системы. М.: Куликово поле, 2014. 232 с.

Peshekhonov V.G. (Concern CSRI Elektropribor, JSC, St. Petersburg, Russia).

Short Age of Radiosextant. *Giroskopiya i Navigatsiya*. 2018. Vol. 26. No. 2 (101). P. 95–104.

Abstract. The paper presents brief history of development of new autonomous navigation equipment, a radio astronavigation system (radiosextant), and discusses new technological solutions implemented in the radiosextant, as well as the reasons for stopping its further development.

Key words: radiosextant, astronavigation.

REFERENCES

1. **Peshekhonov, V.G.**, *Antennye sistemy radiosekstanov* (Antenna Systems of Radiosextants), *Doctoral (Engineering) Dissertation*, St. Petersburg: Concern CSRI Elektropribor Library, 1972.
2. **Bogomazov, K.Ya.**, *Osvoenie navigatsionnykh kompleksov na podvodnykh lodkakh Severnogo flota* (Learning to Handle the Navigation Systems onboard Submarines of the Northern Fleet), St. Petersburg: Concern CSRI Elektropribor, JSC, 2011, 318 p.
3. **Suvorov, E.F.**, *Letopisi zarozhdeniya, razvitiya i pervykh shagov realizatsii idei otechestvennoi sputnikovoi sistemy* (Idea of Russian National Satellite System: Chronicles of Birth, Development and First Steps of Implementation), Moscow: Kulikovo pole, 2014, 232 p.

Материал поступил 12.03.2018