Суслов Александр Николаевич. Повышение достоверности локационной информации в критичных условиях радиолокационных наблюдений : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.19 / Суслов Александр Николаевич; [Место защиты: ФГОУВПО "Мурманский государственный технический университет"].- Мурманск, 2010.- 143 с.: ил.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ "МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**



На правах рукописи УДК : 621.396.96:629.5 (043.3)

04201005068

Суслов Александр Николаевич

**ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В КРИТИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Специальность 05.22.19 - Эксплуатация водного транспорта,

судовождение

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель доктор технических наук, профессор В. И. Меньшиков

Мурманск - 2009

Содержание

Введение 4

Глава 1. Характеристика методов и систем морской локации 13

1. Анализ эффективности функционирования судовых навигационных радиолокаторов в критичных условиях локационных наблюдений 13
2. Исследование возможности повышения достоверности локационной

информации методами пассивной локации 24

Выводы к первой главе '... .37

Глава 2. Разработка оптимальных методов преобразования сигнала

в приемнике морского радиотеплолокатора 40

* 1. Согласованная фильтрация радиотеплового сигнала на фоне помех 40
  2. Типы радиометрических приемников и их предельная

флуктуационная чувствительность 44

* 1. Вторичная обработка информации в радиотеплолокаторах 56

Выводы ко второй главе 62

Глава 3. Исследование эффективности использования в радиотеплолокаторах прямого преобразования частоты сигнала 65

1. Разработка математических моделей корреляционных и модуляционных приемников радиотеплового излучения 65
2. Вычислительный эксперимент 72
3. Интерпретация результатов математического эксперимента 89

Выводы к третьей главе 93

Глава 4. Исследование методов совместного использования навигационных радиолокаторов и радиотеплолокаторов в составе единого судового локационного комплекса 95

1. Разработка минимальных требований к основным техническим характеристикам радиотеплолокаторов, обеспечивающих их соответствие нормам международных конвенций и национальным требованиям 95
2. Оптимальная динамическая фильтрация данных локационного комплекса судна 101

**з**

1. Комплексирование информационных потоков устройств локационного комплекса судна 105
2. Особенности деятельности судоводителя в интерфейсе

"судоводитель - локационный комплекс" 113

Выводы к четвертой главе 123

Заключение 125

Литература 127

Приложение 134

4

Введение

Важнейшей частью инфраструктуры экономического комплекса Крайнего Севера и связующим звеном между российским Дальним Востоком и западны­ми районами страны является Северный морской путь (СМП). Для большинст­ва районов арктической зоны России использование морских судов на СМП в установленных международными морскими конвенциями рамках безопасной эксплуатации, - единственный способ решения проблемы жизнеобеспечения населения этих районов.

На современном этапе экономического развития России начинается актив­ная интеграция СМП в мировую транспортную систему в качестве самостоя­тельного евроазиатского транспортного коридора. В течение последних 30 лет круглогодичную навигацию в районе Арктики обеспечивает атомный ледо­кольный флот, являющийся основой надежного функционирования Арктиче­ской морской транспортной системы. Цели развития СМП определены Транс­портной стратегией Российской Федерации на период до 2020 года [59], основ­ными из них являются:

-транспортное обеспечение освоения арктических береговых и шельфо­вых месторождений углеводородного сырья и морского экспорта нефти и газа;

-развитие потенциальных крупномасштабных экспортных, транзитных и каботажных перевозок и "северного завоза" социально значимых грузов;

* формирование самоокупающейся, приносящей доход Арктической мор­ской транспортной системы;
* развитие и совершенствование навигационно-гидрографического и гид­рометеорологического обеспечения мореплавания, средств связи, поисково­спасательной службы;
* предотвращение загрязнения морской среды.

Формирование рыночных отношений оказывает положительное влияние на развитие СМП: происходит трансформация звеньев СМП и хозяйствующих субъектов в различные формы собственности. Несмотря на снижение объема грузоперевозок по СМП (с 6,7 до 2,0 млн т), сокращение транспортного флота ледового плавания в арктической инфраструктуре, существующая в настоящее время Арктическая морская транспортная система обеспечивает сократившиеся потребности страны в арктических грузоперевозках. На трассах СМП действу­ют 10 линейных ледоколов (из них шесть атомных, в том числе атомный ледо­кол "50 лет Победы", построенный в 2007 году) и более 60 транспортных судов ледовых категорий [55].

Возрождение транспортной инфраструктуры в западном районе Арктики, связанное с морским экспортом нефти и газового конденсата, а также более чем четырехкратное сокращение грузовой базы из-за свертывания производства в восточном районе Арктики определяют современное состояние СМП. В Рос­сии накоплен уникальный опыт проведения морских операций в Арктике, под­готовлены кадры ледовых капитанов, операторов ледокольного флота, поляр­ных гидрографов, ледовых разведчиков и прогнозистов-гидрометеорологов. Несмотря на трудности, с которыми Россия столкнулась в процессе проводи­мых реформ, сохранена эффективная система специального морского образова­ния.

Правовой основой национальных правил плавания по трассам СМП явля­ется Международная конвенция ООН по морскому праву 1982 г. (статья 234 "Покрытые льдом районы"). Согласно этой конвенции прибрежное государство имеет право в пределах исключительной экономической зоны устанавливать в районах, покрытых льдами большую часть года, национальные законы и пра­вила плавания в целях защиты морской среды от загрязнений с судов. В преде­лах акватории СМП действуют специальные Правила плавания по трассам СМП. В настоящее время эти Правила пересматриваются и будут представлены на утверждение в Правительство РФ. Зона действия этих Правил будет расши­рена: она будет распространена на покрытые льдом большую часть года районы восточной части Баренцева (Печорское море) и западной части Берингова моря. Печорское море является районом активного судоходства в Арктике, связанно­го с началом широкомасштабного экспорта нефти из Тимано-Печорского и Приразломного месторождений, общий объем которого составит к 2015 году 20 млн т в год. В целом объем грузоперевозок по СМП к 2015-2020 годам со­ставит 35—40 млн т в год. С учетом увеличения грузопотока предусматривается развитие всей транспортной инфраструктуры СМП и формирование самооку­пающейся, приносящей доходы Арктической морской транспортной системы [33].

Развитие транспортного флота осуществляется по планам и за счет средств ресурсодобывающих компаний. Государственные средства в виде субсидий на­правляются на уплату части процентной ставки по кредитам российских банков на строительство судов на российских верфях. До 2020 года ожидается постав­ка около 60 судов, в том числе 18 танкеров. Для вывоза нефти от терминала Ва- рандей в Печорском море по заказу ОАО "Лукойл" в декабре 2007 года постро­ен головной (в серии из трех) челночный танкер "Василий Динков" дедвейтом 70 тыс. т ледового класса Агсб [53].

Для обслуживания буровой платформы на шельфовом месторождении "Приразломное" в Печорском море по заказу компании "Газпром" к 2010 году будут построены еще два челночных танкера дедвейтом 70 тыс. т ледового класса Агсб. В целях ледокольного обеспечения платформы построены два ледокола-снабженца - "Юрий Топчев" и "Вячеслав Стрижов" мощностью 20 МВт. По заказу компании "Роснефть" начато строительство серии челноч­ных танкеров дедвейтом 30 тыс. т ледового класса Агсб для вывоза нефти и нефтепродуктов из портов Архангельск и Витино на Белом море; головной тан­кер "PH Архангельск" был принят в эксплуатацию в 2008 году.

Экономическая эффективность работы танкеров ледовых классов будет существенно повышена при использовании их в режиме челноков. Данный ре­жим предусматривает доставку нефти на рейдовый перегрузочный терминал в порту Мурманск, дальнейшую ее перекачку в танкер-накопитель, а из него — в океанские танкеры дедвейтом 150-300 тыс. т, в которых нефть будет экспор­тироваться в порты Европы и США. Важнейшей стратегической задачей Арк­тической морской транспортной системы в течение ближайших 3-5 лет являет­ся обеспечение деятельности ОАО «ГМК "Норильский никель"», что возможно при условии круглогодичной навигации на Дудинском направлении. Для решения указанной проблемы по заказу ОАО «ГМК "Норильский никель"» в 2006 году построен головной (в серии из пяти) контейнеровоз "Норильский никель" дед­вейтом 15 тыс. т высшего ледового класса Агс7. Завершить строительство всей серии контейнеровозов планируется до конца 2009 года. Результаты ходовых испытаний головного контейнеровоза показали, что данные контейнеро­возы в состоянии при толщине льда до 1,5 м осуществлять самостоятельное безледокольное плавание на линии Дудинка — Мурманск при специальном гид­рометеорологическом обеспечении.

Для осуществления завоза в Арктику социально значимых грузов планиру­ется поставка четырех судов-снабженцев водоизмещением 1500-2000 т ледово­го класса Агс7 в рамках Федеральной целевой программы "Развитие транспорт­ной системы России (2010-2015 годы)". Транзитные перевозки по СМП были прекращены в 2001 году. Для восстановления транзита по СМП требуется при­нятие комплекса мер. По оценке зарубежных экспертов, потенциальный объем транзитных грузов по СМП в восточном направлении составляет 5-6' млн т, в западном - 2-3 млн т. Наблюдаемые в последние годы потепление климата и уменьшение площади ледяного покрова в Арктике позволят в обозримом бу­дущем осуществлять транзит в высоких широтах при легком типе ледовых ус­ловий. Вместе с тем существует альтернативное мнение, согласно которому преждевременно говорить о наступлении глобального потепления: на смену легким ледовым условиям могут прийти суровые; изменения климатических и ледовых условий цикличны. Выполненные в связи с этим расчеты стоимости транзитных перевозок контейнеров по СМП между портами Иокогама и Гам­бург на контейнеровозах вместимостью 2500 TEU ледового класса Агс7 пока­зывают, что при легком и среднем типе ледовых условий они более предпочти­тельны по сравнению с транзитом по южному варианту через Суэцкий канал на традиционных контейнеровозах вместимостью 2556 TEU. Продолжитель­ность ходового времени при легком типе ледовых условий на СМП, которые будут иметь место в случае потепления, будет меньше в течение всего года, при среднем типе ледовых условий - в течение 8-9 месяцев. В автономном плава­нии контейнеровозов вместимостью 2500 TEU ледового класса Агс7 по СМП преимущество в продолжительности ходового времени по сравнению с южным вариантом сокращается при потеплении до 8-9 месяцев и при среднем типе ле­довых условий - до 6 месяцев. Себестоимость транспортировки одного контей­нера в зимний период навигации на СМП при легком типе ледовых условий в среднем на 25-27 % выше, чем по южному пути. При этом в летний период навигации перевозки по СМП по этому показателю в среднем на 33—35 % де­шевле доставки контейнеров через Суэцкий канал. В автономном плавании контейнеровоза себестоимость перевозки в среднем на 13 % ниже себестоимо­сти доставки контейнеров южным путем. Однако при автономном плавании контейнеровоза по СМП невозможно гарантировать своевременность (точно в срок) доставки грузов. Выполненные исследования дают основания сделать оптимистичный вывод о том, что перевозки контейнеров по СМП при прогно­зируемом изменении климата могут составить достойную конкуренцию южно­му варианту через Суэцкий канал и обеспечить в среднем за год меньший уро­вень затрат [65].

Россия, будучи заинтересованной в развитии международного судоходства по СМП, обеспечивает на СМП выполнение требований стандартов безопасно­сти мореплавания и сохранения окружающей среды, соответствующих между­народному уровню. Развитие системы безопасности судоходства (средств нави­гации, гидрографии, гидрометеорологии, поиска и спасания) по мере увеличе­ния объемов бюджетного финансирования к 2020 году будет определяться сле­дующими показателями:

* по навигации:
* совершенствование системы передачи судам информации по безопасно­сти мореплавания путем модернизации спутниковой системы SafetyNET и обо­рудования береговых станций НАВТЕКС для передачи и автоматического приема на судах навигационных предупреждений, метеосообщений и инфор­мации по поиску и спасанию;
* повышение точности судовождения (до ± 10 м) за счет ввода в действие 11 береговых контрольно-корректирующих станций глобальных навигацион­ных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS [1], обеспечивающих работу систем в дифференциальном режиме;
* поддержание на уровне современности 747 морских навигационных карт, в том числе 194 карт на английском языке, 19 руководств для плавания, вклю­чая "Руководство для сквозного плавания по Северному морскому пути" на русском и английском языках, а также лоций на все арктические моря; соз­дание электронных карт на основе коллекции бумажных карт;

по гидрографии:

* выполнение площадной съемки устьевых участков рек Енисей, Хатанга, Анабар, Колыма, Лена в объеме 10 ООО км2;
* выполнение промеров для оперативного обеспечения "северного завоза" грузов морскими судами на лимитирующих участках и вблизи обнаруженных навигационных опасностей на протяжении 60 ООО км;

-поддержание состава гидрографических судов (14 ед.) за счет поставки новых судов;

по гидрометеорологии:

* создание к 2015 году группировки полярно-орбитальных гидрометеоро­логических спутников (3 ед.) с радиолокационным обзором ледовой обстановки;
* совершенствование технологии анализа ледовых условий и передачи го­довых, сезонных и краткосрочных прогнозов ледовых условий потребителям;

-внедрение на ледоколах судового программного комплекса ДЕКАРТ- АИС-НАВИГАТОР, совмещающего на мониторе компьютера ледовую обста­новку с электронной навигационной картой;

-создание 38 автоматизированных гидрометеорологических станций со спутниковым каналом передачи данных;

по поиску и спасанию:

-размещение 12 станций аварийного радионаблюдения в арктических портах;

* развитие аварийно-спасательной материальной базы в г. Мурманске, Ар­хангельске и Певеке;

-приобретение и переоборудование средств ликвидации разливов нефти для ФГУП "Мурманское БАСУ" и Экспедиционного отряда аварийно­

спасательных и подводно-технических работ ОАО "Северное морское пароход­ство";

— строительство по одному буксиру-спасателю и по одному морскому во­долазному судну для портов Нарьян-Мар и Певек.

Многолетний опыт эксплуатации судов на трассе СМП показывает, что относительная вероятность гибели судов во льдах в 10 раз меньше, чем в от­крытых водах Мирового океана. Вероятность получения тяжелых водотечных ледовых повреждений корпуса не превышает 2 % от количества судов, пла­вающих по СМП. С таким же уровнем вероятности происходят столкновения судов в прибрежных водах Мирового океана. При этом аварий, связанных с разливом нефти с танкеров ледового класса, за последние 30 лет их эксплуа­тации не отмечалось.

Атомные и дизельные линейные ледоколы за 50-летний период эксплуати­ровались на СМП безаварийно. Радиационная обстановка на атомных ледоко­лах находилась в пределах технических норм. Страхование судов, использу­емых на СМП, выполняется Российским Пулом взаимного страхования. Дан­ный Пул создан в 1997 году, в его составе действуют 14 ведущих российских страховых компаний. Ответственность Пула защищена договором перестрахо­вания с тремя западными страховыми компаниями. Пул, имея собственную сеть в 600 портах мира, может взять на себя страхование иностранных судов, ис­пользуемых на СМП. Приведенная выше информация о морских рисках и стра­ховании на СМП является более объективной, чем информация, которая бытует на Западе, и может быть полезной для иностранных судовладельцев, намере­вающихся использовать свои суда на СМП.

Обеспечение национальных интересов Российской Федерации в отноше­нии Северного морского пути, централизованное государственное управление этой транспортной системой, ледокольное обслуживание и предоставление равноправного доступа заинтересованным перевозчикам, в том числе ино­странным, являются основными принципами, согласно которым осуществляет­ся совершенствование системы управления судоходством на СМП в соответ­ствии с Морской доктриной Российской Федерации.

Решающую роль при обеспечении безопасного судовождения в морских акваториях СМП играет радиолокационная информация, получаемая от кон­венционных судовых радиолокационных систем. Однако даже современные су­довые радиолокационные станции в критичных условиях плавания, характер­ных для районов СМП, при наличии прогноза не всегда оказываются способ­ными своевременно и достоверно обнаружить опасные для навигации препят­ствия, измерить их параметры и обеспечить безопасную проводку судов. Дос­таточно большое количество навигационных опасностей, в том числе ледовые образования, являются источниками стабильного (во многих случаях — весьма интенсивного) радиотеплового излучения, которое при эксплуатации на судах радиотеплолокаторов позволяет идентифицировать опасности, производить оценку их параметров и осуществлять безопасную проводку судов. Использо­вание радиотеплолокаторов совместно с судовыми радиолокационными стан­циями при плавании в критичных условиях СМП будет способствовать приня­тию правильных управленческих решений, которые, отвечая требованиям "хорошей морской практики", позволят обеспечить как безопасность морепла­вания, так и безопасную эксплуатацию судна. Таким образом, задачу обеспече­ния безопасной эксплуатации судна в критичных условиях плавания на СМП за счет внедрения методов обработки теплолокационной информации, способ­ных повысить чувствительность радиотеплолокаторов и позволяющих реализо­вать комплексирование локационной информации, можно считать актуальной.

Для дальнейшего совершенствования приемов поддержания безопасности навигации как при освоении запасов углеводородного сырья и условиях интен­сификации морского транспортного сообщения в акватории Северного Ледови­того океана необходимо расширение информационной поддержки судовождения.

Целью исследования является повышение уровня безопасности морепла­вания при плавании судна в критичных условиях радиолокационных наблюде­ний судовых РЛС за счет внедрения методики обработки теплолокационной информации, направленной на повышение чувствительности навигационных радиотеплолокаторов, и их комплексирования с судовыми радиолокаторами.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе необходимо решить следующие задачи:

* исследовать возможность применения на судах системы мониторинга радиотеплового излучения навигационных объектов на фоне радиоизлучения окружающей среды и выделить те ее элементы, которые способны достоверно идентифицировать навигационные риски;
* разработать методы идентификации навигационной информации из при­нимаемого радиотеплового сигнала и структуру оптимального навигационного радиотеплолокатора в рамках критерия максимального правдоподобия;

-предложить методы обработки теплолокационной информации, направ­ленные на устранение причин, ограничивающих чувствительность радиотепло­локаторов, и оценить эффективность предлагаемых мер с помощью имитаци­онного математического моделирования;

* выработать минимальные требования к техническим параметрам судово­го радиотеплолокатора, обеспечивающие его соответствие Международной конвенции COJIAC-74 и национальным требованиям, сформулированным Рос­сийским морским регистром судоходства;
* подтвердить, что при совместном использовании судового навигацион­ного радиолокатора и радиотеплолокатора повышается достоверность локаци­онной информации и снижается риск принятия судоводителем неправильных управленческих решений.

Решение перечисленных выше задач последовательно излагается в главах диссертационной работы и в соответствующем порядке выносится на защиту.

Заключение

Как следует из диссертационной работы, объектом исследования являются радиотеплолокатор, соответствующий требованиям Международной конвенции COJIAC-74 к средствам локации, национальным требованиям, сформулирован­ным Российским морским регистром судоходства, и обеспечивающий безопас­ность мореплавания в критичных условиях функционирования судовой PJIC, когда информационные возможности радиолокационных средств существенно ограничены.

Предметом исследования является процесс обработки информации в ра- диотеплолокаторе, который комплексирован в судовой навигационный радио­технический комплекс для информационной поддержки процесса судовожде­ния в условиях малой эффективности радиолокационных средств.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

-разработан алгоритм оптимальной обработки радиотеплового сигнала, исключающий его подавление мощным внутренним шумом приемника радио­теплолокатора;

* предложен метод обработки теплолокационной информации, позволя­ющий повысить чувствительность радиотеплолокаторов за счет прямого преоб­разования частоты и предварительной нелинейной обработки радиотеплового сигнала;
* сформулированы принципы комплексирования радиолокационной и теп­лолокационной информации, позволяющие повысить уровень безопасности мореплавания за счет повышения эффективности решения задач обнаружения, идентификации и классификации целей.

Результаты исследований в виде рекомендаций, направленных на повыше­ние потенциала радиотехнического комплекса обеспечения навигации при вне­дрении на судах радиотеплолокаторов, переданы для практического использо­вания рыболовным компаниям Северного бассейна. Кроме того, эти рекомен­дации могут быть использованы в учебном процессе при подготовке курсантов по специальности "Судовождение", а также при переподготовке специалистов на факультетах повышения квалификации морских и рыбопромысловых акаде­мий.

Основные положения, и результаты диссертационной работы были пред­ставлены в виде докладов на международных научно-технических конференци­ях в Мурманском государственном техническом университете (2008—2009 гг., г. Мурманск).

127

Литература

1. "ГЛОНАСС" для нас // Аргументы и факты. — 2008. — № 1. — С. 6.
2. Акимов, П. С. Обнаружение радиосигналов / П. С. Акимов, Ф. Ф. Евст- ратов, С. X. Захаров ; под ред. А. А. Колосова. - М. : Радио и связь, 1989. - 288 с.
3. Атлас, Д. Успехи радарной метеорологии : пер. с англ. / Д. Атлас ; под ред. К. С. Шифрина. - Л.: Гидрометеоиздат, 1967. - 280 с.
4. Бабушка, И. Численные процессы решения дифференциальных уравне­ний : пер. с англ. / И. Бабушка, Э. Витасек, М. Прагер. - М. : Мир, 1969. — 368 с.
5. Бакулев, П. А. Методы и устройства селекции движущихся целей / П. А. Бакулев, В. М. Степин. — М. : Радио и связь, 1986. — 288 с.
6. Бакут, П. А. Обнаружение движущихся объектов / П. А. Бакут. — М. : Сов. радио, 1980. - 316 с.
7. Баранов, Ю. К. Использование радиотехнических средств в морской на­вигации / Ю. К. Баранов. - М. : Транспорт, 1978. - 230 с.
8. Беляевский, Л. С. Точность радиоэлектронных измерительных систем / Л. С. Беляевский, П. Г. Черкашин. - Киев : Техника, 1981. - 136 с.
9. Березин, И. С. Методы вычислений. В 2 т. Т. 1 / И. С. Березин, Н. П. Жидков. - М.: Физматгиз, 1962. - 632 с.
10. Брызгин, Н. Я. Использование радиолокатора для предупреждения столкновений судов / Н. Я. Брызгин, А. Ф. Мацюто, В. И. Факторович. - М. : Мор. транспорт, 1962. - 104 с.
11. Брылев, Г. Б. Радиолокационные характеристики облаков и осадков / Г. Б. Брылев. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. -231 с.
12. Бунимович, В. И. Флюктуационные процессы в радиоприемных устройствах / В. И. Бунимович. — М. : Сов. радио, 1951. - 360 с.
13. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. — М.: Наука, 1978.-399 с.
14. Вайнштейн, Л. А. Выделение сигналов на фоне случайных помех / Л. А. Вайнштейн, В. Д. Зубаков. - М. : Сов. радио, 1960. — 447 с.
15. Валитов, Р. А. Методы измерения основных характеристик флуктуа- ционных сигналов / Р. А. Валитов, К. И. Палатов, JI. Е. Черный. - Харьков : Изд-во ХГУ, 1961. - 140 с.
16. Вудворд, Ф. М. Теория вероятностей и теория информации с примене­ниями в радиолокации / Ф. М. Вудворд. - М.: Сов. радио, 1955. - 128 с.
17. Высоковский, Д. М. Некоторые особенности расчета радиорефракции / Д. М. Высоковский // Радиотехника и электроника. - 1956. - Т. 1, № 3. - С. 274— 276.
18. Гарнакерьян, А. А. Радиолокация морской поверхности / А. А. Гарна- керьян, А. С. Сосунов. - Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 1978. - 144 с.
19. Давидан, И. Н. Ветровое волнение как вероятностный гидродинамиче­ский процесс / И. Н. Давидан. - JI. : Гидрометеоиздат, 1978. - 256 с.
20. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения / Б. П. Демидович, И. А. Марон,

Э. 3. Шувалова. - М. : Наука, 1967. - 368 с.

1. Дубина, А. И. Тепловое радиоизлучение водной поверхности с мелко­масштабным волнением / А. И. Дубина, Ю. А. Пирогов // Солнечно-земная физика. — 2004. - Вып. 5. — С. 74—76.
2. Дубина, А. И. Тепловое радиоизлучение возмущенных поверхностей /

А. И. Дубина, Ю. А. Пирогов // Вестн. Моск. ун-та. Серия 3, Физика. Астроно­мия.-2003.-№ 1.-С. 25.

1. Жуковский, А. П. Автономные комплексированные устройства и сис­темы управления / А. П. Жуковский, В. В. Расторгуев. — М. : МАИ, 1981. — 67 с.
2. Загородников, А. А. Радиолокационная съемка морского волнения с летательных аппаратов/А А Загородников.-JI.: Гидрометеоиздат, 1978. — 239 с.
3. Зельдис, В. С. Исследование флюктуационных характеристик акусти­ческих сигналов, рассеянных волнующейся морской поверхностью / В. С. Зель­дис // Акустический журнал. - 1974. - Т. 20, вып. 3. - С. 402-408.
4. Ибрагимов, И. А. Асимптотическая теория оценивания / И. А. Ибра­гимов, Р. 3. Хасминский. - М.: Наука, 1979. - 527 с.
5. Канарейкин, Д. Б. Морская поляриметрия / Д. Б. Канарейкин, В. А. По- техин, И. Ф. Шишкин. - JL : Судостроение, 1968. - 328 с.
6. Канарейкин, Д. Б. Поляризация радиолокационных сигналов / Д. Б. Ка­нарейкин, Н. Ф. Павлов, В. А. Потехин. - М. : Сов. радио, 1966. - 440 с.
7. Караваев, В. В. К теории радиоинтерферометра / В. В. Караваев,
8. В. Сазонов. - Радиотехника и электроника. — 1971. — Т. 16, № 12. — С. 2303— 2308.
9. Кинкулькин, И. Е. Фазовый метод определения координат / И. Е. Кин- кулькин, В. Д. Рубцов, И. А. Фабрик. - М. : Сов. радио, 1979. - 280 с.
10. Китайгородский, С. А. Физика взаимодействия атмосферы и океана /
11. А. Китайгородский. - JI. : Гидрометеоиздат, 1970. - 524 с.
12. Кокрофт, А. Н. Толкование МППСС-72 : пер. с англ. / А. Н. Кокрофт, Дж. Н. Ф. Ламейер ; под ред. Н. Я. Брызгина / М.: Транспорт, 1981. - 465 с.
13. Концепция развития Северного морского пути / под ред. Л. М Гранко- ва // Мор. флот. - 2004. - № 1. - С. 16-19.
14. Корячко В. П. Теоретические основы САПР / В. П. Корячко, В. М. Ку- рейчик, И. П. Норенков. — М. : Энергоатомиздат, 1987. — 399 с.
15. Котик, М. А. Краткий курс инженерной психологии / М. А. Котик. — Таллин : Валгус, 1971.-308 с.
16. Кравцов Ю. А. Критические явления при тепловом излучении перио­дически неровной поверхности / Ю. А. Кравцов, Е. М. Мировская, А. Е. Попов // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. - 1978. - Т. 14, № 7. - С. 733-739.
17. Кравцов, Ю. А. Наблюдения океана из космоса при помощи микровол­новых радиометров / Ю. А. Кравцов // Соросовский образовательный журнал. - 1999.-№7.-С. 103-107.
18. Красюк, Н. П. Влияние тропосферы и подстилающей поверхности на работу РЛС / Н. П. Красюк, В. Л. Коблов, В. Н. Красюк. - М. : Радио и связь, 1988.-216 с.
19. Красюк, Н. П. Корабельная радиолокация и метеорология / Н. П. Кра­сюк, В. И. Розенберг. - Л. : Судостроение, 1970. - 325 с.
20. Латинский, С. М. Девиация судовых радиолокационных станций / С. М. Латинский. - Л.: Судостроение, 1966. - 159 с.
21. Левин, Б. Р. Вероятностные модели и методы в системах связи и управления / Б. Р. Левин, В. Шварц. — М. : Радио и связь, 1985. — 312 с.
22. Леонтьев, А. Н. О применении теории информации и конкретно психо­логических исследованиях / А. Н. Леонтьев, Е. П. Кринчик // Вопр. психоло­гии. - 1961. -№ 5. - С. 25-Ц6.
23. Линник, Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы теории обра­ботки наблюдений / Ю. В. Линник. - М. : Физматгиз, 1958. - 334 с.
24. Ломов, Б. Ф. Человек и техника / Б. Ф. Ломов. - М. : Мир, 1966. — 464 с.
25. Математическая теория планирования эксперимента / под ред.

С. М. Ермакова. - М. : Наука, 1983. - 391 с. - (Справочная математическая биб­лиотека).

1. Математические методы описания и исследования сложных систем / под ред. В. А. Путилова. — Апатиты : КНЦ РАН, 2001. - 162 с.
2. Монин, А. С. Изменчивость Мирового океана / Л. : Гидрометеоиздат, 1974.-185 с.
3. Небабин, В. Г. Методы и техника радиолокационного распознавания /

В. Г. Небабин, В. В. Сергеев. - М. : Радио и связь, 1984. - 152 с.

1. Невельсон, М. Б. Стохастическая аппроксимация и рекуррентное оце­нивание / М. Б. Невельсон, Р. 3. Хасминский. - М. : Наука, 1972. - 304 с.
2. Никитин, Я. Ю. Правила последетекторного обнаружения слабых сиг­налов в негауссовских шумах неизвестной мощности / Я. Ю. Никитин, Р. П. Филимонов // Радиотехника и электроника. - 1984. — Т. 29, № 5. - С. 914— 919.
3. Николаев, А. Г. Пассивная радиолокация / А. Г. Николаев, С. В. Пер- цов. - М.: Сов. радио, 1964. - 335 с.
4. Пеньковская, К. В. Живучесть структур безопасности мореплавания с учетом человеческого фактора : автореф. дис. ... канд. техн. наук / К. В. Пень­ковская. - Мурманск, 2006. - 23 с.
5. Первый арктический челночный танкер / под ред. JI. М. Гранкова // Мор. флот.- 2008. -№ 1.-С. 21-22.
6. Пери, А. X. Система океан — атмосфера : пер. с англ. / А. X. Пери, Дж. М. Уокер ; под ред. Б. А. Когана, Д. В. Чаликова / JI. : Гидрометеоиздат, 1979.-391 с.
7. Перспективы ледокольно-транспортного флота / под ред. С. В. Казан­цева //Эко. -2001.-№ 12.-С. 8-13.

56. Поздняк, С. И. Введение в статистическую теорию поляризации ра­диоволн / С. И. Поздняк, В. А. Мелитицкий. — М. : Сов. радио, 1974. — 479 с.

1. Поиск, обнаружение и измерение параметров сигналов в радионавига­ционных системах / под ред. Ю. М. Казаринова. - М. : Сов. радио, 1975. - 296 с.
2. Полушкин, В. А. К вопросу об определении информации / В. А. По- лушкин // Язык и мышление / под ред. А. К. Фигурнова. — М. : Наука, 1967. — 312 с.
3. Развитие и реформирование морского транспорта / под ред. С. В. Ка­занцева // Мор. флот. - 2004. - № 1. - С. 12-14.
4. Разевиг, В. Д. Цифровое моделирование многомерных динамических систем при случайных воздействиях / В. Д. Разевиг // Автоматика и телемеха­ника. — 1980.-№ 4.-С. 177-186.
5. Ривкин, С. С. Статистическая оптимизация навигационных систем /

С. С. Ривкин, П. И. Ивановский, А. В. Костров. - JI. : Судостроение, 1976. - 280 с.

1. Розенберг, В. И. Рассеяние и ослабление электромагнитного излучения атмосферными частицами / В. И. Розенберг. — J1. : Гидрометеоиздат, 1972. — 348 с.
2. Розов, А. К. Нелинейная фильтрация сигналов / А. К. Розов. - СПб. : Политехника, 1994.-381 с.
3. Садовский, И. Н. Поляризационные радиотепловые методы в исследо­ваниях параметров морского волнения : автореф. дис. ... канд. техн. наук / И. Н. Садовский. - М., 2007. - 28 с.
4. Северный морской путь - международная транспортная магистраль / под ред. С. В. Казанцева // Эко. - 2001. -№ 12. — С. 13-16.
5. Селекция и распознавание на основе локационной информации / A. JI. Горелик, Ю. JI. Барабаш, О. В. Кривошеев, С. С. Эпштейн ; под ред. A. JI. Горелика. - М. : Радио и связь, 1990. — 240 с.
6. Соненберг, Г. Д. Радиолокационные и навигационные системы : пер. с англ. / Г. Д. Соненберг. - Л. : Судостроение, 1982. - 398 с.
7. Сосулин, Ю. Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов / Ю. Г. Сосулин. - М. : Сов. радио, 1978. — 320 с.
8. Трохимовский, Ю. Г. Модель радиотеплового излучения взволнован­ной водной поверхности / Ю. Г. Трохимовский // Исследование Земли из космо­са,- 1997.-№ 1.-С. 39^9.
9. Фалькович, Е. Е. Оценка параметров сигнала / Е. Е. Фалькович. - М. : Сов. радио, 1970. - 334 с.
10. Фалькович, С. Е. Прием радиолокационных сигналов на фоне флюк- туационных помех / С. Е. Фалькович. - М. : Сов. радио, 1961. - 311 с.
11. Фельдман, Ю. И. Сопровождение движущихся целей / Ю.-И; Фельд­ман, Ю. Б. Гидаспов, В. Н. Гомзин. - М. : Сов. радио, 1978.-287 с.
12. Фельдман, Ю. И. Теория флуктуаций локационных сигналов, отра­женных распределенными целями / Ю. И. Фельдман, И. А. Мандуровский ; под ред. Ю. И. Фельдмана. - М. : Радио и связь, 1988. - 272 с.
13. Цапенко, М. П. Измерительные информационные системы / М. П. Ца- пенко. - М. : Энергия, 1974. - 320 с.
14. Цуриков, В. JI. Использование радиолокации при ледовых наблюде­ниях с судов / В. JI. Цуриков. - М. : Наука, 1965. - 76 с.
15. Ширман, Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной ин­формации на фоне помех / ***Я.*** Д. Ширман, В. Н. Манжос. - М. : Радио и связь, 1981.-416 с.
16. Ширяев, А. Н. Статистический последовательный анализ / А. Н. Ши­ряев. - М. : Наука, 1976. - 271 с.
17. Эткин, В. С. Обнаружение критических явлений при тепловом радио­излучении периодически неровной водной поверхности / В. С. Эпсин, Н. Н. Вор­син, Ю. А. Кравцов // Изв. вузов. Радиофизика. - 1978. - Т. 21, № 3. — С. 454— 456.