

- «Современные методы и средства океанологических исследований». Ч. 3. – М.: ИО РАН, 2007. – С. 22-25.
3. *Савицкий О.А., Максимов И.И., Сахаров В.Л.* Параметрический гидролокатор ближнего действия для охраны мелководных акваторий и узких каналов // Труды IX Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2008. – С. 76-79.
  4. *Кичев В.С.* Гидроакустические средства морского дна и основные направления их использования // Труды IX Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2008. – С. 274-276.

УДК 621.396.96

**И.Т. Лобач**

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГИДРОАВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ РАДИОНАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ**

Среди задач разработки проектных технологии в авиационной навигации важнейшее место занимают технологии навигации летательных аппаратов над водными поверхностями. Кроме того, интересы России как морской державы диктуют необходимость развития отечественного аэрокосмического мониторинга океана и омывающих ее территории морей. Оперативная информация глобального и регионального уровней о поверхностном слое океана востребована при решении научных и практических задач океанографии, разработке достоверных прогнозов погоды, определении оптимальных путей плавания судов, оценке, контроле и прогнозировании рыбных ресурсов морей и океанов.

В настоящее время сеть наблюдений за поверхностью океана недостаточна. Как правило, проводятся эпизодические, океанографические наблюдения с помощью приборов, размещенных непосредственно на водной поверхности и на бортах специальных судов и кораблей погоды. Возможности использования этих методов ограничиваются метеорологическими условиями, временем суток, а также техническими и организационными трудностями глобальных и региональных исследований Мирового океана. Это позволяет утверждать, что контактные измерения с помощью различного рода гидрологических, метеорологических и иных инструментов не удовлетворяют потребностям экологического мониторинга ни по объему, ни по оперативности получаемой информации.

Для дистанционного зондирования ВП используются электромагнитные волны широкого диапазона частот от оптических до радиоволн. Возможность получения информации о параметрах поверхностного слоя океана определяется тем, что механизмы отражения и собственного излучения радиоволн определяются электрофизическими параметрами и геометрией водной поверхности.

Общим требованием для приведенных выше задач является необходимость аналитического решения задачи рассеяния электромагнитных волн на статистически неровных поверхностях, исследования статистической структуры полей рассеяния и их связи с пространственно-временной структурой полей неровностей отражающей поверхности.

Несмотря на то, что вопросам исследования особенностей рассеяния электромагнитных волн взволнованной водной поверхности, анализа статистической

структуры электромагнитных полей рассеяния, анализа и синтеза радиолокационных методов измерения параметров морской поверхности с подвижных носителей посвящено значительное число работ, вряд ли исследования в этой области к настоящему времени можно считать завершенными.

Связано это с тем обстоятельством, что радиолокация морской поверхности – исключительно многофакторная проблема. Здесь приходится решать не только задачи из различных областей радиоэлектроники, таких как электродинамика, теория рассеяния и распространения ЭМВ, статистическая радиотехника, радиолокация, но и вопросы океанографии, физики, атмосферы и океана и др.

Применение адекватных электродинамических моделей, а также учет тонкой структуры волнения позволяют разработать основы теории рассеяния электромагнитных волн, устраняющие отмеченные недостатки.

Разработка и применение подобных моделей позволили научному коллективу кафедры «Радиотехнических и телекоммуникационных систем» (РТС) Таганрогского технологического института Южного федерального университета (ТТИ ЮФУ) получить аналитические решения, связывающие пространственные и частотные энергетические спектры, статистические характеристики радиолокационного сигнала с аналогичными спектрами морской поверхности и с параметрами волнения. Полученные решения позволяют синтезировать алгоритмы, а также оптимальные и подоптимальные структурные схемы приемно-измерительных устройств, обеспечивающих оценку пространственно-временной структуры волнения. Предложенные модели позволяют также получить новые результаты, связанные с исследованием особенностей периодической нестационарности отраженных от морской поверхности сигналов в подвижной и неподвижной системах координат.

Большинство практических задач, требующих знания свойств морской поверхности, решаются в условиях измерения ограниченного числа параметров: высота, длина, период, углы наклона, направление распространения морских волн, орбитальная скорость, скорость и направление ветра над морской поверхностью. В условиях полностью развитого волнения, между названными параметрами, существуют функциональные связи. Однако такой тип волнения в реальных условиях встречается редко. Поэтому, в общем случае, для получения наиболее полной информации о морской поверхности, необходимо измерять одновременно независимыми методами несколько основных параметров волнения. Накопленный в последние десятилетия опыт измерения характеристик электромагнитных полей, рассеянных водной поверхностью, вызвал повышенный интерес к радиолокационным методам измерения параметров волнения как в нашей стране, так и за рубежом [1-3].

Значительное внимание уделено исследованию параметров морского волнения с судов, береговых объектов, неподвижных платформ при настильных углах и неподвижных РЛС [4, 5]. В ряде работ [6-8], а также в работах автора [9, 10] исследуются методы и средства измерения пространственно-временной структуры морского волнения с летательных аппаратов. Однако основное внимание, при разработке методов измерения параметров волнения, уделяется анализу алгоритмов и методов измерения высоты волны. Такие важные параметры как длина, углы наклона, направление распространения морских волн, характер волнения, вектор скорости ветра над морской поверхностью в известных работах исследованы недостаточно полно. Практически не рассматриваются вопросы синтеза оптимальных алгоритмов и структур измерителей параметров волнения. Разработанные подоптимальные алгоритмы и методы измерения параметров волнения, как правило, не сопровождаются оценкой погрешностей. В диапазоне дециметровых волн не разработаны алгоритмы и методы измерения пространственного энергетического

спектра волнения с неподвижных и подвижных носителей. Недостаточно разработаны алгоритмы и методы оперативного определения пространственно-временной структуры морского волнения в диапазоне СВЧ.

Несмотря на большую потребность, в настоящее время отсутствуют промышленные образцы бортовых измерителей пространственно-временных параметров морского волнения и приповерхностного поля ветров, выполняющих измерение в реальном масштабе времени. Это связано с недостаточным объемом исследований в области синтеза алгоритмов измерений, разработки методов и технических средств измерений, а также ограниченным объемом экспериментальных исследований в натуральных условиях.

Коллективом кафедры РТС и НКБ «МИУС» ТТИ ЮФУ с 1970 г., в рамках хоздоговорных и госбюджетных НИР и ОКР, проводятся комплексные исследования в области дистанционного контроля параметров водной и земной поверхностей в широком интервале частот, что позволяет существенно расширить объем и повысить качество извлекаемой информации о состоянии водной поверхности. Направлениями фундаментальных теоретических исследований научного коллектива кафедры РТС явились задачи синтеза алгоритмов и разработки новых методов измерений параметров волнения и приводного ветра. Не менее важным направлением исследований является задача совершенствования недостаточно разработанных методов с целью анализа их ограничений, погрешностей и возможностей использования на летательных аппаратах. Разработка алгоритмов измерения параметров волнения и комплексное исследование методов измерений проводится с единых теоретических позиций, базирующихся на физических принципах отражения электромагнитных волн от взволнованной морской поверхности и на знании операторов, связывающих поля параметров отраженного сигнала с полем отражающей поверхности.

Получены новые принципиально важные результаты в области теории рассеяния радиоволн неровными поверхностями. Разработан ряд новых радиолокационных методов измерения параметров морского волнения с борта летательного аппарата. Основные технические решения защищены 21 авторским свидетельством на изобретения. Результаты исследования представлялись на международных конференциях и выставках, академических и отраслевых научных конференциях. Сформирован инженерно-научный творческий коллектив с более чем 25-летним опытом работы в указанной области.

На основе проведенных коллективом исследований впервые в нашей стране разработаны и изготовлены экспериментальные образцы аппаратуры для измерения параметров морских волн, которые внедрены в специальных разработках на ряде предприятий страны. Выполнен ряд ОКР, разработаны и изготовлены опытные образцы аппаратуры, которые прошли Государственные испытания. Решением Государственной комиссии разработанный в ТТИ ЮФУ прибор «Шторм» рекомендован для серийного производства. Прибор «Шторм» используется в качестве штатного оборудования на самолете-амфибии «Альбатрос» А-40 (г. Таганрог, ТАНТК им. Г.М. Бериева). В настоящее время выполняется разработка бортового радиолокационного измерителя параметров волнения для самолета-амфибии БЕ-200. Накоплен большой опыт разработки алгоритмов измерения параметров волнения. Натурные эксперименты, проводившиеся с борта самолета на акваториях Азовского, Черного и Балтийского морей, показали эффективность разработанных методов. Измерения высоты морских волн в диапазоне 0,1–3 м. Возможны с относительной погрешностью не более 9%. Морские волны длиной 10–90 м измеряются с относительной погрешностью 10%. Точность измерения направления

бега волн не хуже  $11^\circ$ . Измерение пространственного спектра морского волнения позволяет определять характер волнения и другие параметры [11, 12]. Применение бортовых вычислительных средств позволяет проводить оперативную обработку океанографической информации на борту летательного аппарата.

На основе проведенных теоретических исследований был предложен алгоритм корреляционной обработки радиолокационных сигналов СВЧ-диапазона, отраженных взволнованной морской поверхностью, позволяющий проводить измерения скорости и направления ветра в приводном слое. Спроектирован действующий макет бортового измерителя, работоспособность которого была проверена экспериментально в натуральных условиях. Результаты экспериментов подтвердили возможность измерения скорости ветра в интервале 0,5–30 м/сек. Основные усилия в дальнейших исследованиях будут направлены на повышение точности измерений и пространственной разрешающей способности [13, 14].

Коллектив кафедры РТС выполняет фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования также в других областях проектного синтеза авиационных систем навигации, управления и контроля.

Одним из направлений исследований является «Разработка методов повышения эффективности радиолокационного обнаружения малоразмерных целей на фоне мешающих отражений от подстилающих водной и земной поверхностей».

Сущность проводимых в этом направлении исследований заключается в разработке алгоритмов повышения контраста радиолокационного изображения малоразмерных целей на фоне отражений от морской поверхности, а также радиолокационного изображения неоднородностей самой морской поверхности. Необходимость решения подобных задач возникает при разработке средств радиолокационного обнаружения и картографирования нефтяных загрязнений водной поверхности, обнаружения буев, перископов, следов подводных и надводных судов, предупреждения столкновений судов с малоразмерными объектами (буи, лодки и т.п.), раннего обнаружения волн цунами, дистанционного контроля параметров водной поверхности, ее неоднородностей, вызванных течениями, внутренними волнами и т.п.

Анализ направлений и тенденций развития методов радиолокационного обнаружения малоконтрастных целей свидетельствует о том, что известные работы, посвященные радиолокационным наблюдениям неоднородностей морской и земной поверхностей, а также наблюдениям на их фоне малоконтрастных целей основываются обычно лишь на оценке статистических характеристик отраженного сигнала, полученного конкретным радиолокационным устройством, с последующей интерпретацией их соответственно условиям наблюдения неоднородностей радиолокационного изображения. Задачу повышения достоверности различения контрастов радиолокационного изображения необходимо решать на основе процедуры оптимальной обработки, получаемой методами теории статистических решений. Подобный статистический подход для различения контрастов позволит объективно оценить возможности существующих радиолокационных систем и выявить потенциальные возможности их модернизаций, в основе которых лежит использование процедуры декорреляции радиолокационных отражений от площадки или объема разрешения с последующим эффективным накоплением декоррелированных отсчетов сигнала. Новизна проводимых исследований заключается в комплексном теоретическом рассмотрении физических основ многочастотной временной и пространственной декорреляции радиолокационных сигналов, отраженных областью разрешения радиолокатора. Временная изменчивость, например, морской поверхности, на фоне которой осуществляется обнаружение малоконтрастной цели, приводит к ограничению временного интервала накопления, отраженного от нее сиг-

нала. Использование же, например, режима поимпульсного изменения частоты излучения ( $n$  частот излучения) позволяет в рамках допустимого временного интервала накопления повысить в  $n$  раз количество некоррелированных отсчетов радиолокационных сигналов, отраженных площадкой разрешения. Предварительные расчеты показывают, что при  $n = 50$ , отношении сигнал/шум равным 3, контраст радиолокационного изображения величиной 2 дБ обнаруживается с вероятностью ошибки не более 0,01.

Кроме режима частотного разнесения сигналов анализируются потенциальные возможности фоновконтрастных РЛС с быстрым обзором пространства и с ортогональнополяризованным излучением.

Проводимые исследования позволили: разработать основы теории повышения контраста радиолокационных изображений морской поверхности и малоразмерных объектов на фоне моря на основе комплексного анализа статистической структуры электромагнитных полей рассеяния; разработать алгоритмы обработки радиолокационных сигналов фоновконтрастных РЛС с накоплением отсчетов, декоррелированных разнесением во временной и частотной областях; разработать методологию проектирования фоновконтрастных РЛС.

Разрабатываемые методы и технические средства должны позволить: повысить эффективность радиолокационного обнаружения малоразмерных надводных и наземных объектов; повысить точность определения координат малоразмерных объектов; повысить помехоустойчивость радиолокационных средств обнаружения малококонтрастных объектов.

Следующим направлением исследований, выполняемых сотрудниками кафедры РТС является «Разработка методов определения местоположения наземных источников радиоизлучений с использованием методов синтеза приемной апертуры».

Актуальность работы диктуется необходимостью повышения точности определения местоположения источников радиоизлучений в районах боевых действий, локальных конфликтов, при сопровождении особо важных грузов, а также при проведении контртеррористических операций для информационного обеспечения принятия оперативных решений. В условиях недостаточной точности традиционных бортовых и наземных средств радиотехнических измерений определение местоположения излучающих средств радиосвязи требует привлечения нескольких летательных аппаратов или наземных комплексов типа «Аргумент». При этом также снижается оперативность и скрытность определения местоположения источников радиосвязи, в частности, подлежащих подавлению. Прорыв в направлении повышения точности местоопределения может быть достигнут при использовании синтеза приемной апертуры, возможность реализации которого принципиально обеспечивается на основе априорного знания параметров радиосвязных сигналов или их предварительного определения. Это требует поиска новых путей и методов высокоточного определения местоположения источников радиосвязи с использованием синтеза апертуры с борта одного летательного аппарата или нескольких наземных когерентных приемных пунктов, а также при сочетании средств различного типа базирования. Научная новизна проводимых исследований состоит в развитии методов апертурного синтеза для случая приема сигналов радиосвязи с частично известными параметрами.

В результате выполненных исследований разработаны: теоретические основы, методы и алгоритмы высокоточного местоопределения наземных источников радиосвязи радиотехническими средствами различного типа базирования (с борта летательного аппарата, наземными приемными пунктами или при их сочетании) на

основе синтезирования апертуры и использования радионавигационных параметров сигналов; принципы построения систем местоопределения источников радиосвязи для широкого класса радиосигналов, способов передачи информации, включая пакетный режим; имитационно-математические модели, включающие имитаторы связанных сигналов, для обработки алгоритмов пространственного разрешения источников радиосвязи; методы оценки эффективности алгоритмов высокоточного определения местоположения наземных источников радиосвязи радиотехническими средствами различного типа базирования (с борта летательного аппарата, наземными приемными пунктами или при их сочетании) на основе синтезирования апертуры и использования радионавигационных параметров сигналов; предложения и рекомендации по созданию бортовой системы высокоточного определения местоположения наземных источников радиосвязи на основе синтезирования апертуры; методики оценки возможностей определения местоположения заданных источников излучения в радиосвязных диапазонах для решения навигационных задач.

Авиационная бортовая радиоэлектронная аппаратура в нештатных режимах функционирует в условиях воздействия агрессивных факторов среды. Кроме того, к ней предъявляются требования функционирования в нештатных ситуациях, когда происходят сбои и отказы в работе устройств электропитания, в условиях пожара на борту, разгерметизации отсеков и других. Все это требует создания нового поколения радиоэлектронной техники, способной обеспечивать высокую работоспособность без потерь качества в экстремальных условиях.

Следующим направлением исследований, проводимых на кафедре является «Разработка принципов быстрой самоорганизации нелинейных систем управления маневренными объектами в условиях интенсивного противодействия среды при дефиците времени и ограниченных ресурсах».

Актуальность работы обусловлена необходимостью быстрого выведения автоматических систем из критических режимов работы, с целью снижения риска неблагоприятных последствий воздействия больших возмущений и быстрое формирование управлений, парирующих в некоторой мере возмущения ударного типа, что уменьшит отклонения и скорость изменения этих отклонений управляемых параметров от требуемых значений и поэтому дополнительно уменьшит время пребывания системы в критическом режиме и, следовательно, дополнительно снизит риск неблагоприятных последствий.

Традиционные методы не позволяют осуществить самоорганизацию системы для выведения из критических режимов за время, соизмеримое с их постоянными времени, свойственными локальным режимам, в силу их грубости и трудности идентификации развития нежелательных режимов, обусловленной, кроме того, невозможностью создания позиционных датчиков, измеряющих большие (произвольные) отклонения управляемых параметров полета.

Наиболее перспективным для осуществления быстрого упорядочения процессов в нелинейной динамической системе является применение современной физической теории управления, основы которой заложены в трудах академика А.А. Андропова. Применение этого подхода к синтезу самоорганизующейся системы (системы с переменной структурой) позволяет управлять состоянием системы быстро выйти из области притяжения опасного аттрактора (устойчивого предельного цикла). Ценным является также то, что решение этой задачи в наиболее сложных случаях обеспечивает формирование управляющего воздействия, противодействующего короткому импульсу возмущения, что дополнительно уменьшает время пребывания системы в критическом режиме. Кроме того, использование этого подхода позволяет применять только то минимальное количество датчиков, которое

необходимо для функционирования основного контура управления, обеспечивающего астатизм первого – второго порядка. Новизна работы заключается в решении задачи синтеза управления с привлечением принципа декомпозиции и отыскании топологического инварианта, позволяющего получить конструктивные условия полной управляемости объекта.

Основными результатами исследований являются: анализ случайной бифуркации режимов работы нелинейных систем управления, вызванной непрогнозируемыми интенсивными факторами среды; разработка концепций построения сомоорганизующихся нелинейных систем управления маневренными объектами в условиях интенсивного противодействия среды при дефиците времени и ограниченных ресурсов управления; разработка алгоритмов дуального управления, реализующих принцип быстрой самоорганизации нелинейных систем управления, придающих гибкость в формировании адекватного управления в условиях значительных изменений задающих и возмущающих воздействий обеспечивающих одновременно развитие процесса самоорганизации системы и противодействие большим внезапным возмущениям ударного типа еще на начальных стадиях их действия.

Построение статистических моделей систем радионавигации и радиолокации наряду с системными проблемами проектирования требуют разработки статистической модели радиолокационных сигналов, отраженных от подстилающей земной поверхности и моделей сигналов, отраженных протяженными пространственно распределенными целями. В этой связи, важным направлением исследований коллектива кафедры РТС является «Проведение теоретических исследований механизма взаимодействия электромагнитных полей с протяженными слоисто-шероховатыми средами». Исследования проводятся с использованием современной теории статистических моделей и методологии решения подобных волновых задач. Применение электромагнитных волн в задачах подобного типа осложняется условиями их распространения в исследуемых средах. Диэлектрические потери и электропроводность грунтов ограничивают глубину проникновения радиоволн. Для обеспечения достаточных глубин проникновения вынуждены использовать относительно низкие для радиолокации частоты коротковолнового и средневолнового диапазонов волн. Переход к названным диапазонам позволяет считать большинство типов земной поверхности слабошероховатыми в масштабе используемых длин радиоволн. Этим условиям решение поставленной задачи может быть решено как методом Кирхгофа, так и методом малых возмущений. Известные подходы к решению поставленной задачи, основывающиеся на использовании частотной зависимости регулярной (когерентной) составляющей радиолокационного сигнала, хоть и отличаются математическим изяществом, применены на практике быть не могут, поскольку требуют фактически измерений комплексного коэффициента отражения Френеля в широком частотном диапазоне либо определения экстремумов его частотной зависимости. Если одновременно учесть технические сложности формирования, излучения, приема и обработки сверхширокополосных сигналов коротковолнового и средневолнового диапазонов, становятся понятными ограниченные возможности подобных методов решения задачи. Один из подходов к решению задачи основывается на анализе точечных отсчетов указанных частотных зависимостей коэффициента отражения. При этом требуется аналитического решения систем трансцендентных уравнений, определяющих когерентную составляющую отраженного поля. Для выделения информации об аргументе комплексного коэффициента отражения предусматривается разработка методов формирования опорных колебаний. Это позволит разработать алгоритмы измерения, инвариантные к высоте расположения летательного аппарата. Значительное внимание

уделяется также устойчивости алгоритмов измерения параметров слоя к высоте неровностей границ раздела и эволюциям траектории летательного аппарата.

Проведено теоретическое обоснование возможных методов дистанционного измерения глубины залегания слоя грунтовых вод. Выполнены натурные экспериментальные исследования в пойме реки Дон и в прибрежной зоне Цимлянского водохранилища, которые сопровождались контрольными замерами глубины залегания грунтовых вод в скважинах, расположенных вдоль зачетного участка малопересеченной поверхности земли. Исследования показали возможность определения уровня грунтовых вод на глубинах залегания от 0,5 до 5 м с погрешностью, не превышающей 15%, если максимальная высота неровностей поверхности земли не более 0,8 м. Прибор может эффективно использоваться при картографировании подтоплений в прибрежных зонах водоемов и при реализации программ рационального природопользования. [15, 16]

Весь комплекс проводимых коллективом кафедры РТС научных исследований является солидной базой для выполнения дальнейших фундаментальных исследований в перечисленных выше областях и для разработки методов и средств радиолокации, радионавигации и управления подвижными объектами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Басс Ф.Г., Фукс И.М.* Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. – М.: Наука, 1972. – 424 с.
2. *Beckman P., Spizzichino A.* The Scattering of Electromagnetic Waves from Rought Surfaces. Pergamon Press, 1963.
3. *Красюк И.П., Розенберг В.Н.* Корабельная радиолокация и метеорология. – Л.: Судостроение, 1970.
4. *Гарнакерьян А.А., Сосунов А.С.* Радиолокация морской поверхности. – Ростов н/Дону.: Изд-во РГУ, 1978. – 140 с.
5. *Жуковский А.П.* Влияние скорости ветра на характеристики рассеяния электромагнитных волн от водной поверхности // Вопросы радиозлектроники. Серия общетехническая. 1970. Вып. 4. – С. 10-16.
6. *Зубкович С.Г.* Статистические характеристики радиосигналов, отраженных от земной поверхности. – М.: Сов. радио, 1968. – 224 с.
7. *Загородников А.А.* Радиолокационная съемка морского волнения с летательных аппаратов. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 240 с.
8. *Гарнакерьян А.А., Сосунов А.С.* О пространственной корреляции радиосигналов, отраженных от морской поверхности // Изв. вузов. Радиозлектроника. Т.20. –№8. 1977. – С.59-64.
9. *Lobatch V.T., Garnakeryan A.A.,* Airborne radar probing of a time-spatial structure of sea waves // Proceedings of SPIE. Orlando. USA. 1998. Vol.3395. – P.172-178.
10. *Лобач В.Т.* Радиолокационные измерения пространственно-временной структуры морской поверхности в декаметровом диапазоне радиоволн // Радиосистемы (Радиотехника). Вып. 54. – №1, 2001. –С. 81-88.
11. *Лобач В.Т., Буряк В.А., Бухарин В.Д.* Радиолокационный измеритель параметров морского волнения // Наука производству. – №9. 2000. – С. 37-42.
12. *Лобач В.Т.* и др. Разработка методов и средств радиолокационного контроля состояния морской поверхности // Отчет о НИР № г.р. 10180328. Таганрог. 1991.
13. *Лобач В.Т., Долбня Л.А., Буряк В.А., Некрасов А.В.* Бортовой корреляционный измеритель скорости приводного ветра // Сб. докладов III научной конференции по гидроавиации «Геленджик - 2000». – М., 2000.
14. *Лобач В.Т., Некрасов А.В., Мушенко А.С.* Радиолокационное измерение вектора скорости ветра над морской поверхностью с летательного аппарата // Сб. докладов II научной конференции по гидроавиации. – М., 1998. – С. 294-299.

15. Лобач В.Т. Радиолокационные измерения параметров слоистой среды. Изв. вузов. Радиоэлектроника. Военные радиоэлектронные технологии. Тем. выпуск. Т. 45. – №3. 2002. – С. 71-77.
16. Лобач В.Т. и др. Подповерхностная радиолокация в декаметровом радиодиапазоне. Труды международной научной конференции «Излучение и рассеяние электромагнитных волн». Таганрог, 2007.

УДК 534.222.2

**В.Ю. Волощенко**

### **ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ЛОКАЦИОННАЯ СИСТЕМА БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДЛЕДНОГО ПЛАВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ**

В настоящее время задачи исследования и освоения обширных площадей мелководного Арктического шельфа России могут быть решены при использовании автономных подводных плавательных аппаратов, оснащенных специализированными локационными системами ближнего действия (ЛС БД), применение которых должно обеспечивать уклонение от столкновения с айсбергами и дном при движении в темное время года, под сплошным ледяным покровом в каналах, проливах между островами, а также возможность точного измерения толщины ледового покрова и обнаружения во льдах полыней и разводий, в связи с чем подводное гидроакустическое наблюдение ведется в трех направлениях – вперед, вниз и вверх. В [1] рассмотрено общее подледное гидролокационное оборудование автономных плавательных аппаратов типа «Стерджен», включающее себя 10 устройств активной локации: вертикальный обзор вверх обеспечивают семь гидролокаторов-эхоледомеров, три из которых сосредоточены в кормовой, один – в средней, один – в носовой частях главной палубы корпуса, два – на рубке, один из которых – высокочастотный узколучевой профилограф-эхоледомер используется для точного измерения расстояния от верха рубки до ближайшей границы льда, а также его толщины при движении; передний обзор – обнаружитель айсбергов, который непрерывно сканирует пространство впереди лодки в поисках айсбергов или глубоких выступов льда; вертикальный обзор вниз – два донных эхолота, расположенных в носовой и кормовой частях лодки. Данный пример наглядно демонстрирует важность получения в реальном масштабе времени достоверной информации о точном профиле нижней кромки льда и его толщине вдоль всего корпуса лодки с помощью гидроакустических средств обеспечения ближнего подводного наблюдения – гидролокаторов-эхоледомеров.

Известно, что более 70% бассейна Арктики занимают паковые льды, имеющие среднюю толщину: зимой (3–4) м, летом (0,5–1,5) м и среднеквадратичное отклонение крупномасштабных неровностей до 3 м на нижней кромке, осадка торосов может достигать (7–8) м, а отдельных выступов – (16–20) м. Под влиянием ветров и течений арктические льды находятся в постоянном движении, а ледовые поля изобилуют многочисленными трещинами, каналами и полынями [2]. Практика использования одночастотных эхоледомеров показала, что в данных условиях по записям рельефа границ раздела на регистраторах часто бывает трудно классифицировать характер поверхности, а точность измерения осадки и толщины льда оказывается недостаточной. Для устранения отмеченных недостатков было предложено в эхоледомерах использовать две частоты излучения – высокую и низкую,