

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**26
2008**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

Главный редактор
д. т. н., проф. С. П. Алексеев

Редакционная коллегия:

д. т. н., проф. А. Н. Добротворский (первый заместитель главного редактора);
д. в. н., проф. П. Г. Бродский (заместитель главного редактора);
д. т. н. П. И. Малеев (научный редактор); к. г.-м. н. И. Ю. Бугрова (редактор);
В. Ю. Бахмутов (ответственный за выпуск); д. т. н., проф. Б. Н. Беляев;
к. т. н. М. Л. Богданович; к. в.-м. н., проф. А. А. Дадашев;
д. т. н., проф. Б. Е. Иванов; д. в. н., проф. А. И. Исмаилов;
д. в. н. В. А. Катенин; к. т. н. Н. И. Леденев; д. т. н., проф. Б. И. Лобойко;
к. т. н. С. И. Мастрюков; д. в.-м. н., проф. А. П. Михайловский;
д. т. н., проф. Н. Н. Неронов; д. т. н., проф. В. И. Пересыпкин;
акад. РАН В. Г. Пешехонов; к. в. н. Ю. В. Румянцев;
чл.-кор. РАН А. Е. Сазонов; чл.-кор. РАН А. И. Сорокин; к. т. н. С. В. Яценко

© Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт
Министерства обороны Российской Федерации

2008

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

PUBLISHED SINCE 1995

**26
2008**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint-Petersburg

Editor-in-chief
S. P. Alekseyev, DSc, professor

Editorial board

A. Dobrotvorsky (first vice-editor-in-chief), DSc, professor;
P. Brodsky (vice-editor-in-chief), DSc, professor; P. Maleyev, DSc (science editor);
I. Bugrova (editor), CandSc; V. Bakhmutov (the issue manager);
B. Belyaev, DSc, professor; M. Bogdanovich, CandSc;
A. Dadashev, CandSc, professor; B. Ivanov, DSc, professor;
A. Ismailov, DSc, professor; V. Katenin, DSc; N. Ledenev, CandSc;
B. Loboiko, DSc, professor; S. Mastryukov, CandSc;
A. Mikhaylovsky, DSc, professor; N. Neronov, DSc, professor;
V. Peresyarkin, DSc, professor; V. Peshekhonov, DSc, Acad. RAS;
Yu. Rumyantsev, CandSc; A. Sazonov, CM RAS;
A. Sorokin, DSc, CM RAS; S. Yatsenko, CandSc

© The State Research Navigation-Hydrographic Institute
Russian Federation Ministry of Defence

2008

СО Д Е Р Ж А Н И Е

С. П. Алексеев, А. Н. Доброворский, П. Г. Бродский. Диверсификация научной деятельности как принципиальная особенность развития ГНИНГИ на современном этапе.....	7
--	---

НАВИГАЦИЯ

Н. И. Леденев, П. И. Малеев. Нанотехнологии в технических средствах навигации	14
К. П. Львов, П. И. Малеев. Возможные пути совершенствования малогабаритных доплеровских лагов	21
С. Н. Некрасов, М. Л. Богданович. Ситуационный метод оценки навигационной безопасности плавания	30
В. Н. Быстров. Рабочая зона морской локальной дифференциальной подсистемы спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС, развернутой в районе Белого моря	39

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

Ю. Н. Жуков. Учет изменения широт и долгот за счет перемещения полюсов Земли	45
С. М. Гордеева, С. И. Матрюков, А. С. Сафрай. Выявление зон распространения внутренних приливных волн малой длины в Баренцевом море	51
В. А. Филин. О сущности методов кусочно-линейной аппроксимации функций опорными точками.....	57
Б. Е. Иванов, Д. А. Фролов. Об оценке вероятности неразрывности тральных полос	62
Б. Е. Иванов, А. Н. Солощев, Д. А. Фролов. Уравнивание координат мест головного и концевого тральщиков	68
А. А. Дадашев. Некоторые аспекты совершенствования технологии съемки рельефа морского дна.....	75

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ОКЕАНОГРАФИЯ

О. А. Гасников. Кодификатор пространственных объектов Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО).....	81
--	----

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Б. И. Лобойко. Тихоокеанская океанографическая экспедиция	91
Наш ветеран. К восьмидесятилетию Коугия В.А.	99

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ	101
------------------------------------	-----

CONTENTS

S. P. Alekseyev, A. N. Dobrotvorsky, P. G. Brodsky. Diversification of research activities as the fundamental feature of GNINGI development at the present stage7

NAVIGATION

N. I. Ledenev, P. I. Maleyev. Nanotechnologies in the navigational aids14

K. P. L'vov P. I. Maleyev. Possible ways of improving the small-size doppler logs21

S. N. Nekrasov, M. L. Bogdanovich. Situational method of evaluating the navigation safety30

V. N Bystrov. Operating zone of the marine local differential subsystem of GLONASS satellite navigation system deployed in the area of the White sea39

HYDROGRAPHY AND MARINE CARTOGRAPHY

Y. N. Zhukov. Allowance for the changes of latitudes and longitudes due to the variation of earth's poles position45

S. M. Gordeeya, S. I. Mastryukov, A. S. Safray. Identification of the occurrence zone of the short internal tidal waves in the Barents sea51

V.A. Filin. On the essence of methods for piecewise-linear approximation of functions by supporting points57

B. E. Ivanov, D. A. Frolov. On the estimate of probability of continuity for the sweeping swaths62

B. E. Ivanov, A. N. Soloshchev, D. A. Frolov. Adjustment of the elements of fix for the leading and the rear mine-sweepers68

A. A. Dadashev. Some aspects of improving the technology of hydrographic survey75

HYDROMETEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY

O. A. Gasnikov. Spatial objects codifier of the unified state system of information on the World ocean state81

PAGES OF HISTORY

B. I. Loboiko. The Pacific oceanographic expedition91

Our veteran: On the occasion of the 80-th birthday of W.A. Kougiya99

INFORMATION ABOUT AUTHORS101

ГРНТИ 78.25.31

**ДИВЕРСИФИКАЦИЯ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ
ОСОБЕННОСТЬ РАЗВИТИЯ ГНИНГИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

**С. П. АЛЕКСЕЕВ,
А. Н. ДОБРОТВОРСКИЙ,
П. Г. БРОДСКИЙ**
(ГНИНГИ МО РФ)

На основе анализа научной деятельности ГНИНГИ МО РФ за последние десять лет выполнено обобщение ее результатов и показана принципиальная особенность развития Института на современном этапе – диверсификация производства при решении задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности Российской Федерации как значительное расширение сфер применения традиционных методов и средств навигации и гидрографии.

Подготовка к проверке инспекции Министерства обороны Российской Федерации и приближающееся семидесятилетие ГНИНГИ МО РФ послужили основанием для системного анализа его научной деятельности за последние годы, выявления и обобщения качественных принципиальных особенностей развития Института на современном этапе. Представляется, что полученные результаты этой работы будут интересны для специалистов и ученых, занятых разработкой вопросов навигации, гидрографии и океанографического обеспечения. О развитии навигации и гидрографии, достижениях в этой области и творческом пути ученых и специалистов Института написан ряд статей и сделаны доклады на соответствующих научных форумах [1–4]. В настоящее время деятельность ГНИНГИ МО РФ нацелена на реализацию основ и концептуальных положений нормативных правовых документов в сфере навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности, а также поддержку полномочий Министерства обороны при осуществлении морской политики Российской Федерации [5–11]. Деятельность по научному обоснованию положений и совершенствованию путей реализации технической политики в области создания средств и разработки методов навигации осуществляется принятыми классическими подходами на базе соответствующей методологии. При этом основные усилия сосредоточены на выявлении новых достижений науки и внедрении их в практику, обосновании облика перспективных навигационных комплексов для подводных лодок и надводных кораблей, разработке требований к ним, разработке методов и программ испытаний навигационных комплексов, проведении всех видов испытаний новой техники и самих кораблей. Так, новым важным направлением явилась работа по обеспечению безопасной проводки радиоактивных отсеков утилизированных подводных лодок в заданном районе Северного флота, выполненная по заказу «Росатома». В целом все

проводимые исследования и проектные работы имеют большое значение для обеспечения безопасности общего мореплавания и навигационной безопасности плавания кораблей ВМФ в различных районах Мирового океана.

В ходе научного обоснования и разработки технической политики в области создания методов и средств гидрографии, морской картографии, гидрометеорологического и океанографического обеспечения за последнее время в качестве основных практических результатов выполнения НИОКР можно выделить разработку:

- средств и методов высокоточных измерений и обработки параметров гравитационного поля Земли для современных навигационных комплексов;
- средств площадного обследования рельефа дна и автоматизации обработки полученных данных для обеспечения безопасности мореплавания;
- информационно-измерительных комплексов обеспечения безопасности полетов морской авиации;
- средств и методов оперативного вскрытия и освещения гидрометеорологической обстановки для обеспечения сил ВМФ.

Кроме того, ученые и специалисты Института участвуют в комплексных океанографических исследованиях, выполняемых как другими российскими организациями, так и по международным программам. Примером может служить ежегодная океанографическая российско-американская экспедиция в Беринговом проливе и Чукотском море по программе «RUSALCA-2006» [12].

Результаты океанографических исследований обеспечивают пополнение банков картографических и океанографических данных ВМФ новой информацией, которая используется для создания и корректуры навигационных морских карт, пособий для плавания, разработки руководств по учету влияния параметров морской среды на эффективность применения оружия и технических средств ВМФ. На базе Института ведется формирование Банка океанографических данных Министерства обороны Российской Федерации и поддержание его на современном уровне. Использование информационных ресурсов обеспечивает органы военного управления Минобороны и ВМФ обобщенной информацией о параметрах морской и воздушной среды в различных районах Мирового океана, подготовку баз данных о параметрах природной среды для планирования действий сил флота, проектирования кораблей и объектов инфраструктуры ВМФ. В качестве информационной продукции, создаваемой в интересах обеспечения деятельности органов государственного и военного управления, разрабатываются электронные цифровые картосновы, специализированные электронные атласы, интегрированные базы данных, специализированные информационно-справочные пособия и др.

Кроме проведения исследований и работ, установленных Планом научной работы, потенциал Института и его современный юридический статус федерального государственного унитарного предприятия позволяет

осуществлять эффективную научно-техническую поддержку деятельности органов государственного и военного управления.

Примерами такой поддержки являются:

– Концепция навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности Российской Федерации.

Концепция базируется на результатах крупномасштабных исследований проблем навигационно-гидрографического обеспечения оборонной и экономической деятельности на море, морском законодательстве Российской Федерации, распределении полномочий между федеральными органами исполнительной власти, на перспективах развития науки и техники и также зарубежном опыте. Концепция реализует важнейшее положение «Морской доктрины Российской Федерации» о создании Единой государственной гидрографической службы и обеспечивает формирование целостной и сбалансированной позиции заинтересованных органов государственного и военного управления. Концепция согласована в Министерстве обороны. В настоящее время завершается ее согласование с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти.

– Военный контур Единой системы информации об обстановке в Мировом океане.

Исследования, выполненные в ГНИНГИ, позволили обосновать методологию и пути технической интеграции информационных ресурсов ВМФ в Единую государственную систему, что дает возможность значительно повысить эффективность навигационно-гидрографического обеспечения задач вооруженной борьбы на море и открывает регламентированный доступ органов государственного управления к уникальным результатам исследований, выполненных Гидрографической службой ВМФ. Это яркий пример удачного использования информационных технологий «двойного применения». Результаты исследований ГНИНГИ по обоснованию Единого центра данных океанографических и геофизических исследований нашли практическое воплощение в федеральном бюджете Российской Федерации и соответствующих нормативно-технических документах. Плановый срок ввода Единого центра в эксплуатацию – 2010 г. Основная задача проекта – перейти на современные технологии ведения баз данных, развить информационное взаимодействие с организациями Минобороны России и других министерств и ведомств с целью интеграции информационных ресурсов в интересах обороны и экономики страны.

– Обоснование Комплексной системы безопасности в составе Единой государственной стратегии освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа РФ [13].

– Обоснование внешней границы континентального шельфа в Арктике [14].

В продолжение работ по обоснованию внешней границы континентального шельфа в Арктике специалистами ГНИНГИ выполнены исследования и технико-экономические разработки по подготовке программы

гидрографических исследований, обеспечивающих формирование обоснованной заявки Российской Федерации на установление ее новых границ в соответствующую комиссию ООН по морскому праву.

Все это свидетельствует о значении проводимой Институтом работы и признании возможностей реализации его научного потенциала, которое было заложено ранее и определяется тем, что ГНИНГИ Минобороны России Постановлением Правительства Российской Федерации № 711 от 19 июня 1994 г. определен *«головной научно-исследовательской организацией, ответственной за обоснование и разработку технической политики в области навигации, гидрографии, морской картографии, океанографического обеспечения обороны и экономики страны»*.

Указанное положение определяет качественные принципиальные особенности деятельности ГНИНГИ МО РФ, которые состоят в том, что:

1. Выполнение работ и исследований по разработке государственной технической политики осуществляется в достаточно обширной области, включающей навигацию, гидрографию и другие самостоятельные, смежные, взаимоувязанные научные дисциплины.

2. Разработка путей, направлений и мер реализации государственной технической политики в указанной области ведется путем выполнения, главным образом, научного обоснования работ как в интересах обороны, так и экономики страны.

3. Обеспечивается регламентация и единство технологических процессов проведения наблюдений и подготовки гидрографической, океанографической, картографической и навигационной информации.

Анализ и обобщение научной деятельности ГНИНГИ МО РФ за последние годы с учетом ее принципиальных особенностей показал, что новым реализуемым в настоящее время на практике этапом развития Института является диверсификация его производства (научной деятельности), как значительное расширение сфер применения традиционных методов и средств навигации и гидрографии. Однако произошло это не сразу. Несмотря на наличие указанного Постановления и определенный опыт работ, выполненных ГНИНГИ МО РФ в 90-х годах прошлого столетия, диверсификация его деятельности еще не осуществлялась на должном уровне и с необходимым размахом в связи с отсутствием плановой основы, системного, устойчивого характера работ и соответствующих нормативных правовых актов. Это произошло лишь тогда, когда были реализованы соответствующие предпосылки, в частности с утверждением Морской доктрины РФ на период до 2020 г., разработкой единой государственной стратегии изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа России, а также в связи с обращением руководства ОАО «Газпром» с предложением о непосредственном участии ВМФ в совместном решении стоящих задач [15]. Указанные предложения получили одобрение и поддержку со стороны командования ВМФ (исх. ГК ВМФ № 740/3/764 от

29 августа 2002 года), поскольку это соответствует заинтересованности в совместной деятельности в связи с возможностью обоснованно планировать и осуществлять необходимые мероприятия в соответствии с нормативной базой по совершенствованию морской деятельности Российской Федерации. В результате был разработан и утвержден документ «Протокол о намерениях по взаимодействию и долгосрочному сотрудничеству Военно-Морского Флота и ОАО «Газпром» в области изучения и освоения нефтегазового шельфа Российской Федерации» от 19 ноября 2002 г. Реализация совместной деятельности согласно Протокола должна была способствовать достижению высокой эффективности морской деятельности и успешному решению государственных задач в области освоения минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации.

Учитывая мировой опыт эксплуатации промыслов, практическая реализация крупномасштабных проектов ОАО «Газпром», других нефтегазовых компаний по освоению морских нефтегазовых месторождений, находящихся в шельфовой зоне и в районах с большими глубинами залегания сырья, предполагает решение ряда крупных научно-технических проблем, в том числе на основе использования потенциала ВМФ. В частности, необходимо осуществить:

- Создание современных технологий, разработку технических средств и оборудования в интересах обустройства месторождений и их эксплуатации, которые бы отвечали требованиям суровых природных условий, в том числе с учетом опыта деятельности ВМФ.
- Создание единой научно-производственной базы по разработке проектов, изготовлению и строительству морских инженерных сооружений для добычи углеводородов, в том числе с использованием «двойных» технологий МО.
- Создание нормативной базы обеспечения работ на шельфе, в том числе с учетом интересов МО (ВМФ).

На решение указанных проблем и направлены проводимые ГНИНГИ МО РФ научно-исследовательские и проектные работы в области освоения энергетических ресурсов шельфа Российской Федерации и повышения безопасности морских нефтегазовых объектов, осуществляемые с 2003 г. на плановой основе по следующим направлениям:

- Сбалансированное развитие и оптимальное использование территорий и инфраструктуры ВМФ и объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений ОАО «Газпром».
- Совместные работы в области реализации проекта «Северный поток».
- Совместные работы в области реализации мероприятий в районе полуострова Ямал.
- Совместные работы в области реализации мероприятий в Арктике.
- Совершенствование материально-технической базы и создание комплексной системы обеспечения безопасности морских объектов.

За прошедшие годы (с 2002 г. по настоящее время) проведены исследования по ряду научно-исследовательских и проектных работ в интересах освоения морских нефтегазовых месторождений, развития морских транспортных систем и строительства портов. Среди наиболее значимых результатов целесообразно выделить:

- рекомендации по маршрутам и режимам плавания, обеспечению навигационной безопасности, навигационно-гидрографическому обеспечению процессов освоения морских нефтегазовых месторождений;
- нормативно-технические и информационно-справочные документы (по обеспечению безопасности морской транспортировки сжиженного и сжатого газа, аварийно-спасательному обеспечению, ледовому мониторингу, выполнению подводно-технических работ и др.);
- структурированные базы данных по навигационно-гидрографическим и гидрометеорологическим условиям районов работ;
- рекомендации по размещению производственной базы и объектов обеспечения строительства ОАО «Газпром» с учетом инфраструктуры и деятельности сил флота;
- модели отдельных физических процессов и методы их изучения в интересах освоения морских нефтегазовых месторождений.

Указанные результаты успешно реализованы в таких проектах, как «Северный поток», Штокмановское газоконденсатное месторождение, «Сахалин – 1, 2», строительстве портов Усть-Луга, Приморск, Новороссийск и др.

Таким образом, анализ накопленного опыта работы ГНИНГИ в период крупномасштабного реформирования военно-научного комплекса страны и перехода к инновационной модели развития экономики показал возможность организации новых сфер приложения научного потенциала Института.

Обеспечивая комплексное решение задач навигационно-гидрографического и океанографического обеспечения оборонной и экономической деятельности на море с учетом международных обязательств РФ в этой области, ГНИНГИ осуществил диверсификацию своей деятельности. Выполняя функции головной организации по выработке научного обоснования технической политики в области навигации, гидрографии, морской картографии, океанографического обеспечения обороны и экономики страны, ГНИНГИ является в этой сфере единственным научно-исследовательским учреждением страны и не имеет аналогов в других министерствах и ведомствах РФ. Уникальность ГНИНГИ МО РФ заключается в научном обеспечении значительной части полномочий Министерства обороны России в сфере морской деятельности, эффективной поддержке деятельности органов государственного и военного управления при осуществлении национальной морской политики, а также диверсификации научной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотов А. В. Из истории Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО РФ // Навигация и гидрография, 1995. – №1. – С. 117–121.
2. Федотов А. В. Развитие морской навигации в XX веке // Навигация и гидрография. – 1996. – №3. – С. 132–137.
3. Алексеев С. П. Стратегия развития Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО РФ // Навигация и гидрография. – 2000. – №10. – С. 7–15.
4. Алексеев С. П. Основные направления технической политики в области навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения морской деятельности на современном этапе // Труды конференции «НО-2007». – 2007. – С. 4–12.
5. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74).
6. ФЗ от 31.07.1998 г. № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации».
7. ФЗ от 30.04.1999 г. № 81-ФЗ «Кодекс торгового мореплавания».
8. Основы политики РФ в области военно-морской деятельности (Утверждены Указом Президента РФ от 4.03.2000 г.).
9. Указ Президента РФ «Вопросы Министерства обороны РФ» от 16.08.2004 г.
10. Военная доктрина РФ (Утверждена Указом Президента РФ от 21.04.2000 г.).
11. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года (Утверждена Указом Президента РФ от 27.07.2001 г.) // Красная звезда. – 23.08.2001.
12. Алексеев С. П. Российско-американские исследования в Беринговом и Чукотском морях – одно из приоритетных направлений деятельности ГНИНГИ МО РФ в 2006 г. // Навигация и гидрография. – 2006. – №23. – С. 9–16.
13. Алексеев С. П., Бродский П. Г., Добротворский А. Н., Румянцев Ю. В., Яценко С. В. Комплексная система безопасности освоения ресурсов континентального шельфа: стратегия развития // Труды конференции «НО-2007». – 2007. – С. 517–521.
14. Фридман Б. С. Вопросы определения базовых параметров внешней границы континентального шельфа России в Арктике // Труды конференции «НО-2007». – 2007. – С.13–16.
15. Письмо Заместителя Председателя Правления ОАО «Газпром» от 17.08.2002г. № АГ-738.

DIVERSIFICATION OF RESEARCH ACTIVITIES AS THE FUNDAMENTAL FEATURE OF GNINGI DEVELOPMENT AT THE PRESENT STAGE

**S. P. Alekseyev,
A. N. Dobrotvorsky,
P. G. Brodsky
(GNINGI, RF MoD)**

Based on the analysis of GNINGI, RF MoD, research activities for the last ten years their results are summarized. The specific feature of the Institute's development at the present stage is shown: production diversification when solving the problems of navigation-hydrographic support for the maritime activities of the Russian Federation as considerable broadening of application spheres for traditional methods and means of navigation and hydrography.

НАВИГАЦИЯ

ГРНТИ 78.25.31.35.29

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ НАВИГАЦИИ

**Н. И. ЛЕДЕНЕВ,
П. И. МАЛЕЕВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

Нанотехнологии в последние годы получают бурное развитие. Ожидается их широкое и эффективное использование практически во всех отраслях народного хозяйства и оборонной техники, в том числе и в средствах навигации. В статье отражается заинтересованность ведущих государств мира в этом направлении развития техники, приводятся данные о работах по использованию нанотехнологий в интересах навигации и достигнутых результатах.

Исследования и разработки в области нанотехнологий в настоящее время активно проводятся более чем в 50 странах. По прогнозам в ближайшие 10 лет общемировой рынок нанотехнологий превысит 1 триллион долл. в год. Считается, что нанотехнологии являются основой научно-технической революции в XXI веке. Фундаментальным базисом нанотехнологий являются новые, ранее неизвестные свойства материалов и систем, возникающие при переходе к объектам искусственно или естественно упорядоченных систем.

Для понятия нанотехнологий еще нет общепринятого определения, но есть такие, которые признаются значительным числом специалистов. К ним, в частности, относится определение, данное в Белой книге Совета по научной политике Агентства по охране окружающей среды США. Согласно ему, нанотехнологии – это:

- исследования и разработки на атомном, молекулярном и макромолекулярном уровне в масштабе размеров от одного до ста нанометров;
- создание и использование искусственных структур устройств и систем, которые в силу своих сверхмалых размеров обладают существенно новыми свойствами и функциями;
- манипулирование веществом на атомной шкале дистанций.

Это достаточно емкое определение. Применительно к техническим средствам по аналогии с существующими ныне микротехнологиями можно полагать, что нанотехнологии – это технологии, оперирующие величинами порядка нанометра т. е. порядка 10^{-9} м. Эта величина в сотни раз меньше длины волны видимого света и сравнима с размерами атома (порядка 10^{-10} м). Поэтому переход от «микро» к «нано» – это уже не количественный, а

качественный переход. Это скачок от манипуляции веществом к манипуляции отдельными атомами.

Нанотехнологии в настоящее время находятся в начальной стадии развития, основные открытия, предсказываемые в этой области, пока не сделаны. Тем не менее уже имеются важные практические результаты. Полагают, что возможностей уже существующих нанотехнологий достаточно, чтобы соорудить из нескольких молекул некие простейшие механизмы, которые, руководствуясь управляющими сигналами извне, смогут манипулировать другими молекулами и создавать себе подобные устройства или более сложные механизмы.

В настоящее время можно принять следующие понятия в этой области:

Нанотехнология – это совокупность методов, обеспечивающих возможность создавать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм;

Наноматериалы – материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм;

Наносистемная техника – техника, созданная на основе наноматериалов.

На развитие нанотехнологии в 2005 г. правительствами стран всего мира и частными компаниями было выделено 9,6 млрд. долл., что на 10% больше, чем в 2004 г. [1]. В США около 1000 компаний участвуют в работе по нанотехнологиям [2].

В мире уже выпускается 475 наименований товаров только широкого потребления, в которых используются наночастицы [3].

В развитых странах при государственной поддержке разработаны широкомасштабные программы по развитию нанотехнологий. Так, в США еще в 2000 г. принята долгосрочная программа по нанотехнологии с выделением финансирования около 1 млрд. долл. в год. Аналогичные программы приняты Японией, Китаем, Бразилией и рядом других стран. Общая цель этих программ заключается в изучении и использовании явлений, возникающих в наномасштабе величин для создания новых технических средств [4].

С самого начала работ по нанотехнологии в США главную роль играет министерство обороны. Финансирование этих работ в МО США возложено на управление перспективных исследований (DARPA), министерств ВМС, ВВС и СВ. На 2008 г. на исследования по нанотехнологиям запрошено 374,682 млн. долл. Работы в этой области направлены как на достижение экстремальных технических характеристик приборов и устройств, так и на оценку их потенциальной значимости для МО.

В министерствах каждого вида вооруженных сил образованы научно-исследовательские группы по изучению нанотехнологий и выявлению эффективных путей их внедрения. Ежегодно проводятся конференции по

нанотехнологиям и применению наноматериалов. По мнению зарубежных военных экспертов нанотехнологии имеют блестящее военное будущее и могут изменить характер боевых действий в большей степени, чем в свое время изменило изобретение пороха. Под реализацию будущих проектов сформирован закрытый «Институт Армейских нанотехнологий», объединяющий ведущих специалистов в данной области [5].

Конгресс США выделил на военные нанотехнологии 110 млн. долл. Годовой бюджет, осуществляемый группой федеральных министерств и ведомств США «Национальной нанотехнологической инициативы», составил в 2007 г. 1 млрд 350 млн долл., а в 2008 г. увеличился до 1 млрд. 450 млн. долл. К 2014 г. Мировой рынок продукции на основе нанотехнологии может достигнуть 2,6 трл. долл.[6].

В Китае над развитием нанотехнологий трудится более 800 фирм и свыше 100 научно-исследовательских институтов.

Реализация нанотехнологий возможна практически во всех отраслях народного хозяйства и, конечно, в интересах совершенствования вооружения и военной техники, в том числе навигационной. В интересах навигации речь в первую очередь может идти о создании нового поколения высокочувствительных малогабаритных чувствительных элементов (ЧЭ) (гироскопов, акселерометров, приемников спутниковых, радио- и астросигналов и т. п.) для инерциальных навигационных систем, систем курсоуказания, гравиметров, спутниковых и астронавигационных средств, измерителей скорости и других автономных средств навигации.

За рубежом работы по использованию нанотехнологий в интересах навигации проводятся весьма эффективно. В частности, в США уже:

– Созданы гироскопы с уходом в миллион раз меньшим, чем самый лучший из используемых в настоящее время на подводных лодках с баллистическими ракетами [7]. На этих гироскопах создана и запущена в космос система, предназначенная для подтверждения теории относительности. Анализ результатов ее длительной (годы) работы оказались весьма эффективными.

– Проводятся работы с использованием нанотехнологий и по созданию твердотельных микроминиатюрных гироскопов и акселерометров.

– Разработаны оптоэлектронные волокна с нанометрическими структурными признаками для волоконно-оптических гироскопов.

Для этой же цели могут быть использовано и достижение физиков из Бостонского колледжа [8]. Им удалось пропустить пучок света с длиной волны от 750 до 380 нм через нанокабель диаметром около 300 нм, что до последнего времени считалось невозможно осуществить, поскольку полагали, что свет не может пройти сквозь отверстие меньшее, чем его длина волны.

– Продемонстрирована возможность регистрации наноматериалом инфракрасного излучения без необходимости охлаждения датчика ниже комнатной температуры.

- В конструкциях телескопических перископов уже применяются покрытия из керамических наноматериалов [3].
- Выпускаются покрытия, увеличивающие прочность пластика в несколько раз.
- Серьезное внимание уделяется аккумуляторам с использованием нанотехнологий. Достигнуто снижение тока разряда и повышения плотности энергии в батареях [3]. В Массачусетском техническом институте удалось создать литиево-ионную батарею, которая собирается из материалов микроскопических размеров. Электродами являются микрочастицы графита и наночастицы оксида кобальта [9].
- Создан сверхпроводниковый болометр, работающий на террагерцовых частотах для приема космических излучений [10].
- Разрабатываются разнообразные маломощные датчики для подводных аппаратов, роботов и других объектов.

Ученые в Беркли (США) разрабатывают «умную пыль» (Smart dust). Это крошечные компьютеры, соединенные в единую беспроводную сенсорную сеть, которые обладают возможностью собирать, обрабатывать, запоминать и передавать информацию. Размер их менее 1 мкм^3 . Миллионы таких датчиков плывут в воздухе, собирая информацию о погоде, ветре, влажности, загрязнениях и т. п. [11].

Значительное внимание уделяется и созданию микроэлектромеханическим резонаторам, способным заменить их кварцевые аналоги [12]. В основе некоторых из таких резонаторов лежат углеродные нанотрубки [13].

В Китае разрабатываются акселерометры в виде систем микросхем. Они используются для измерений вибраций, инерционных ускорений, углов наклона и т. п.

Во Франции разрабатывается малогабаритный сейсмический датчик. Определенные успехи в этой области имеются и в других странах.

В России работы по нанотехнологиям начались еще 50 лет назад, однако финансировались слабо. И только с 2007 г. им начали уделять серьезное внимание. Созданы Координационный и Правительственный Советы по нанотехнологиям, последний под председательством С. Б. Иванова [14]. При Академии наук РФ создана Комиссия РАН под председательством академика Ж. И. Алферова [15].

С 2005 г. выпускается журнал «Нанотехнология и микросистемная техника», а с июля 2006 г. – журнал «Российские нанотехнологии».

В соответствии с Федеральным законом «О Российской корпорации нанотехнологий» от 19 июля 2007 г. №139-ФЗ в России создана Государственная корпорация нанотехнологий (сокращенно ГК «Роснанотех»). В нее государство намерено направить в 2007–2008 гг. 180 млрд. руб. [15] Корпорация должна содействовать реализации государственной политики в сфере нанотехнологий, развитию инновационной инфраструктуры в сфере

нанотехнологий, реализации проектов создания перспективных нанотехнологий и nanoиндустрии.

Постановлением Правительства РФ от 2 августа 2007 г. №498 утверждена целевая программа «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 годы». Планируется развивать около 100 направлений в этой области. Объем финансирования в рамках программы – 27,7 млрд. руб.

Программой назначены следующие головные организации отраслей по направлениям развития нанотехнологий:

- Наноэлектроника – ФГУП «НИИ физических проблем им. Ф. В. Лукина»;
- Nanoинженерия – Московский государственный институт электронной техники (технический университет);
- Функциональные наноматериалы для энергетики – ФГУП «Всероссийский НИИ неорганических материалов им. академика А. А. Бочвара»;
- Функциональные наноматериалы для космической техники – ФГУП «Исследовательский центр им. М. В. Келдыша»;
- Nanoбиотехнологии – ФГУП Российский научный центр «Курчатовский институт»;
- Конструкционные материалы – ФГУП «ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» и ФГУП «Технологический институт сверхтвердых и углеродных материалов»;
- Композиционные материалы – ФГУП «Всероссийский НИИ авиационных материалов»;
- Nanoтехнологии для систем безопасности – ФГУП «Центральный НИИ химии и механики».

Из большого числа работ, ведущихся в России по использованию нанотехнологий, отметим те из них, которые имеют непосредственное или косвенное отношение к навигации.

Прежде всего необходимо заметить, что большинство этих работ в России выполняется в рамках комплексных целевых программ. В частности, в рамках одной из таких программ под названием «Наноэлектроника – 2010» проводятся исследования по созданию нанотранзисторов, наноэлектронных запоминающих устройств со сверхбольшой емкостью памяти, наноэлементов с использованием квантовых эффектов, а также по созданию сверхпроводниковых интегральных микросхем.

В НПК «Технологический центр» МИЭТ разрабатываются инерциальные чувствительные элементы, в частности, наноакселерометры. Разработано пять моделей таких акселерометров.

Проводятся работы по созданию микромеханических гироскопов. Полагают, что современные достижения позволяют изготовить гироскопы с

массой ротора в доли грамма и габаритами в единицы миллиметры, их себестоимость составит десятки долларов на одну ось измерений. Важно то, что их механическая часть полностью интегрируется с сервисной электроникой и позволяет создавать сборки на одном чипе объемом до 10 см^3 и энергопотреблением до 1 Вт [16].

Создано первое устройство на основе нанонити, которое способно сохранять данные в течение длительного времени и переключаться в 1000 раз быстрее современных аналогов твердотельной памяти. Ячейка памяти представляет собой нить длиной 10 мкм и диаметром 30 нм. Время хранения данных в нанонити около 10000 лет, потребляемая мощность – 0,7 мВт [17].

В НИИ физических измерений (г. Пенза) на основе нанотехнологии разработаны тонкопленочные тензорезистивные датчики давления.

В Интернете размещен ряд инновационных проектов по разработке и производству приемо-передающих и других узлов, в том числе и в интересах навигации. Одной из организаций, предлагающих свои услуги в этой области, является ЗАО «НПП Салют 27» (г. Нижний Новгород).

Значительные работы в этой области разворачиваются на Урале, в Институте электрофизики Уро РАН, Институте физики металлов Уральского отделения РАН, Уральском государственном университете и др. В Свердловской области создано предприятие «Уральский центр наноиндустрии», при котором действует координационный научно-технический совет. Проводятся работы и в г. Санкт-Петербурге.

Минобразованием России еще 4.06.2003 г. был издан приказ №2398 «Об эксперименте по созданию нового направления подготовки дипломированных специалистов по нанотехнологии». Учебно-методический совет по данному направлению возглавил академик Ж. И. Алферов. С 2005 г. от эксперимента перешли к действию по подготовке специалистов в этой области [18].

В рамках постановления Правительства N 498 от 02. 08 07 в России создается нанотехнологическая сеть с участием более чем 30 вузов [18]. Среди них – Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», в котором разработаны на основе наноструктур и изготовлены полупроводниковые лазеры видимого и среднего ИК-диапазонов, а также малогабаритные антенные устройства.

Ожидается, что к 2015 г. объем продаж российской продукции наноиндустрии составит около 900 млрд. руб. [19], объем платежей от экспорта продукции наноиндустрии – 70–75 млрд. руб. Полагают, что наша доля в этом сегменте мирового рынка достигнет 3% [19]. По словам первого заместителя председателя Правительства Сергея Иванова, пять российских компаний уже производят нанопродукцию в объеме более 8 млрд. в год [19].

Из изложенного следует, что:

1. Ведущие страны мира активно включились в развитие нанотехнологий.

2. Основные усилия в проводимых за рубежом исследованиях по нанотехнологиям направлены на совершенствование вооружения и военной техники.

3. Определенное внимание исследователей в данном направлении уделяется и разработке средств навигации, в первую очередь их чувствительных элементов и радиоэлектронных компонент.

4. Учитывая потенциальные возможности нанотехнологий, представляется целесообразным специалистам по навигационной технике активизировать работу по этому направлению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Singer P. Nanotechnology // Semiconductor International, January 2007. –P. 36–40.
2. Врублевский Э. М., Киреев В. Ю. и др. Нанотехнология – путь в будущее или бренд для финансирования? // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №12. – С. 6–19.
3. Новости // Наука и жизнь. – 2007. – №12. – С. 61.
4. Выборнов П. Современное состояние нанотехнологической программы МО США // Зарубежное военное обозрение. – 2007. – Вып. 11. – С. 21–27.
5. Бочаров Л. Ю., Иванов А. А и др. О зарубежных программах военной нанотехнологии // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №1. – С. 5–10.
6. Новости нанотехнологий // Нано- и микросистемная техника. – 2008. – №3(92). – С. 74–75.
7. Пешехонов В. Г. Уникальный гироскоп обеспечил проверку общей теории относительности // Гироскопия и навигация. – 2007. – №4(59). – С. 111–114.
8. Новости нанотехнологий // Нано-и микросистемная техника. – 2007. – №4. – С. 78.
9. Новости нанотехнологий // Нано-и микросистемная техника. – 2007. – №6. – С. 78–79.
10. Новости нанотехнологий // Нано-и микросистемная техника. – 2007. – №4. – С. 79.
11. Алексеенко А. Г. Новый облик электроники – беспроводные сенсорные системы // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №1. – С. 2–4.
12. Новости нанотехнологий // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №8. – С. 51.
13. Новости нанотехнологий // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №12. – С. 68.
14. Мальцев П. О создании информационной базы Форсайта нанотехнологии и наносистемной техники // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №7. – С. 2–4.
15. Новости нанотехнологий // Нано-и микросистемная техника. – 2007. №9 – С. 76.
16. Грязин Д. Г., Шадрин Ю. В. Нормирование параметров микромеханических гироскопов // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №1. – С. 17–19.
17. Новости нанотехнологий // Нано-и микросистемная техника. – 2007. – №1. – С. 77–78.
18. Лучинин В. В. Наноиндустрия и «человеческий капитал» // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №1. – С. 6–13.
19. <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2008/doklad-o-nanotekhnologiyakh.-Sergeya-Ivan.04.04.2008>

NANOTECHNOLOGIES IN THE NAVIGATIONAL AIDS

N. I. Ledenev,

P. I. Maleyev

(GNINGI, RF MoD)

In recent years the nanotechnologies are developing very intensively and rapidly. They are expected to be widely and effectively used in practically all branches of the national economy and defence technology, including the navigational aids. The interests of the world's leading states in this trend of the technology development are described. The data on the work concerning the use of the nanotechnologies in the interests of navigation and the results obtained are presented.

ГРНТИ 47.55.31

**ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ
ДОПЛЕРОВСКИХ ЛАГОВ****К. П. ЛЬВОВ**

(ОАО «Концерн «Океанприбор»),

П. И. МАЛЕЕВ,

(ГНИНГИ МО РФ)

Основными требованиями, которые предъявляются к доплеровскому лагу малогабаритных морских объектов, в частности подводных аппаратов, наряду с точностью, являются минимальные массогабаритные характеристики и энергопотребление. В статье приводится краткий анализ известных лагов подводных аппаратов и рассматриваются возможности создания нового поколения доплеровских лагов со 100%-ой цифровой обработкой. Показано, что использование существующих электронных компонент позволяет выполнить малогабаритный электронный модуль цифрового лага на основе трех печатных плат размером всего 100x100 мм и массой около 1 кг.

Расширение задач, решаемых на море с помощью подводных аппаратов (ПА) различных модификаций и назначений, диктует острую необходимость совершенствования их навигационных средств. Наряду с определенной точностью, важнейшими требованиями к этим средствам являются минимальные массогабаритные параметры и энергопотребление. Одним из средств навигации ПА является доплеровский гидроакустический лаг [1–9]. Однако масса электронной аппаратуры известных доплеровских лагов («Кемь», ЛА-51, «Зенит-ГАЛ», «Лагуна», ЛДУ-160) для подводных аппаратов достигает нескольких десятков килограммов. Масса коммерчески доступных зарубежных малогабаритных доплеровских лагов (WHN300, WHN600, WHN1200, EDO Model 3050) также довольно велика (15–18 кг).

Значительно для этих лагов и энергопотребление. Потребляемая мощность, в частности ЛДУ-160, – около 65Вт при напряжении электропитания 27В постоянного тока. Подобное энергопотребление имеют и другие лаги для ПА.

Точность измерения скорости перечисленными выше лагами характеризуется неоднозначно. Так, для ЛА-51 в документах указывается точность: 0,15 узла при скорости менее 10 узлов, качке менее 10° и времени осреднения 128 с и $\pm 1,5\%$ от скорости при скорости больше 10 узлов. Для ЛДУ-160 указывается среднеквадратическая погрешность – 0,06 узла при времени осреднении 64 с и качке не более 3°. В этих лагах оценивание доплеровских частот в каждом пространственном канале производится с помощью счетчика числа пересечений эхосигналов нулевого уровня. Данный алгоритм оценивания доплеровских частот требует отношения сигнал/шум в приемном тракте более 20 дБ.

Для зарубежного доплеровского лага WHN300 указана точность 0,4% при неизвестном времени осреднения. Лаг EDO Model 3050 характеризуется расчетной точностью (не более 0,1% при времени осреднения 1 с). В зарубежных доплеровских лагах оценивание доплеровских частот производится более помехоустойчивым алгоритмом.

Все перечисленные доплеровские лаги измеряют продольную и поперечную составляющие скорости. В лагах используется импульсный режим излучения, что обеспечивает более высокую точность измерения при малых отстояниях от киля до дна (единицы-десятки метров). Кроме того, лаг «Кемь» имеет непрерывный режим излучения

Используемые частоты излучения отечественных малогабаритных лагов 250–300 кГц. Частоты излучения лагов WHN600 и WHN1200 составляет 600 кГц и 1200 кГц соответственно.

Работа рассматриваемых лагов по сигналам обратного донного рассеяния возможна при отстоянии от киля до дна не более 200 м, а по сигналам объемной реверберации или по сигналам от звукорассеивающих слоев – на дистанциях 1–100 м.

Классические характеристики направленности (ХН) антенн доплеровского лага – двусторонняя схема Януса в диаметральной плоскости и в плоскости шпангоута. Раствор каждой ХН – около 3° и угол между вертикалью и осью ХН – около 30°. Наиболее часто ХН реализуются при выполнении антенн в виде плоских эквидистантных линейных решеток элементов. При этом расстояние d между соседними элементами в каждой из решеток равно 0,5 длины волны. Доплеровский сдвиг частоты при этом равен:

$$F = V/d,$$

где V – измеряемая скорость.

Отсюда следует, что доплеровский сдвиг не зависит от скорости звука. Такие антенны называются частотно-независимыми в доплеровском смысле. Они обладают тем преимуществом, что позволяют использовать антенны плоской формы, размещаемых без обтекателей, вровень с корпусом ПА.

Подобные антенны имеют большинство указанных выше лагов за исключением лагов WHN300, WHN600, WHN1200. В этих лагах используются четыре плоских преобразователя и ориентация лучей осуществляется путем установки преобразователей под углами 30° в корпусе антенны. Данные лаги требуют коррекции на фактическое значение скорости звука, т. к. без такой коррекции погрешность, обусловленная этой скоростью, может достигать 4%.

Для исключения этой погрешности в состав средств навигации некоторых ПА вводят дополнительно измеритель скорости звука. Преимущество таких антенн – простота конструкции, отсутствие схемы разделения и более низкая стоимость.

На рисунке схематично показана приемная антенна, состоящая из плоских линейных решеток для односторонней схемы Януса, размещенных в диаметральной плоскости. Такая антенна, в частности, используется в лагах ЛА-51 и Зенит-ГАЛ.

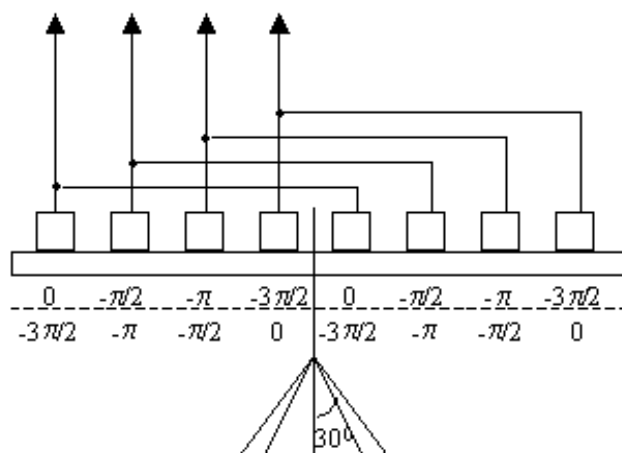


Схема приемной антенны из плоских линейных решеток с восемью группами преобразователей

Эхосигналы, пришедшие под углом падения 30° , возбуждают в преобразователях колебания с фазами, указанными на рисунке.

Значительные массогабаритные характеристики указанных выше лагов определяются прежде всего использованием в них аналоговых преобразователей.

Решение задачи разделения четырех лучей в аналоговом виде осуществляется с помощью суммирующих трансформаторов, фазовращателей (электрических линий задержки), квадратурных смесителей и сумматоров. Недостатками аналоговых схем, помимо значительных габаритов и массы, являются: разброс коэффициента трансформации, зависимость от нагрузки, несимметричность из-за выводов средних точек трансформаторов, искажения формы сигнала линией задержки, технологический разброс параметров.

Современные серийные, общедоступные большие интегральные схемы (БИС) аналоговых усилителей, аналогоцифровые преобразователи (АЦП) на кристалле сверхбольших интегральных схем (СБИС) микропроцессора, цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), логические интегральные схемы (ИС) позволяют создавать доплеровские лаги со значительно меньшими массогабаритными характеристиками и 100%-ой цифровой обработкой. Стоимость данных компонентов незначительна по отношению к стоимости несерийных аналоговых компонентов.

Цифровое разделение лучей лишено указанных выше недостатков. Для разделения лучей можно использовать, в частности, восьмиканальное (см. рисунок) усиление с АРУ и с фильтрами, осуществляющими необходимую

частотную селекцию принимаемых сигналов и режекцию на частоте излучения в непрерывном режиме излучения.

Малозумящий предварительный усилитель, размещаемый непосредственно в приемной антенне на отдельной печатной плате, может быть выполнен, в частности, на 8 микросхемах аналоговых усилителей с АРУ AD600 (регулируемое усиление 0–40 дБ, размер корпуса микросхемы 20,32x7,11 мм). Каскадное соединение усилителей с соответствующими фильтрами обеспечивает регулируемое усиление от 0 до +80 дБ.

Основной усилитель также может быть выполнен на микросхемах AD600. Выходные сигналы основного усилителя необходимо подать на аналоговые входы микросхемы процессора ADSP-21990 с тактовой частотой 160 МГц, которая имеет встроенный в кристалл АЦП (восемь каналов, 14 разрядов, максимальная частота дискретизации 20 МГц) и выполнена в корпусе 196 Mini-BGA. Объем встроенной в кристалл памяти – 8 Кслов, внешняя память до 1 Мслов. Регулировка усиления предварительного и основного усилителей может обеспечиваться, например, использованием микросхемы AD7244, содержащей два цифроаналоговых преобразователя (ЦАП). В этом случае на входы микросхемы AD7244 поступает соответствующий код из порта процессора.

Разделение четырех лучей может осуществляться программно. В соответствии с рисунком эхосигналы носового и кормового направлений определяются выражениями:

$$U_n(n\Delta t) = \sum_{i=1}^4 U_i[n\Delta t - m_i\Delta t]; \quad (1)$$

$$U_k(n\Delta t) = \sum_{i=1}^4 U_i[n\Delta t - m_{5-i}\Delta t], \quad (2)$$

где $n = 0, 1, 2, \dots$; $\Delta t = 1/f_\delta$; $m_4 = 0$; m_1, m_2, m_3 зависят от значений частоты сигнала и частоты дискретизации f_δ .

Выбор частоты дискретизации f_δ определяется минимальной задержкой на $\pi/2$ (см. рисунок), равной 1 мкс на частоте 250 кГц. Для обеспечения необходимой точности фазового сдвига требуется выбор частоты дискретизации f_δ более десятикратного значения частоты излучения. Приемлемой будет частота дискретизации $f_\delta = 4$ МГц. Тогда $m_1 = 12$, $m_2 = 8$, $m_3 = 4$. Подобные (1) и (2) выражения имеют место для разделения эхосигналов $U_{но\delta}(n\Delta t)$ правого и $U_{ко\delta}(n\Delta t)$ левого бортов. Программная реализация выражений (1) и (2) осуществляется с использованием восьми кольцевых буферов, в которые поступают выходные коды АЦП. Сигналы (1)

и (2) могут прореживаться, т. к. последующая обработка может производиться на существенно более низкой частоте дискретизации.

Связь с другими навигационными системами может быть осуществлена по интерфейсу RS-232 (последовательный порт процессора). Размещение основного усилителя, процессора и ЦАП возможно на одной плате размером примерно 100x100 мм.

Решение задачи оценивания доплеровских смещений в четырех пространственных каналах может производиться программно на процессоре ADSP-21990. Математический аппарат алгоритма оценивания спектрального момента с использованием одного значения комплексной корреляционной функции изложен в работе [10].

Опуская выкладки, приведем конечные соотношения. Значение оценки комплексной корреляционной функции для малого значения $\tau_s \neq 0$ равно:

$$\hat{R}(\tau_s) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-2} Z_i Z_{i+1}^*, \quad (3)$$

где Z_i и Z_{i+1} – отсчеты комплексной огибающей эхосигнала.

Оценка спектрального момента может быть получена по формуле [10]:

$$\hat{f} = \frac{1}{2\pi\tau_s} \arctg(\text{Im}\{R(\tau_s)\} / \text{Re}\{R(\tau_s)\}). \quad (4)$$

Алгоритм требует примерно N операций комплексного умножения и сложения, где N – число отсчетов комплексной огибающей на длительность реализации T_e единичного оценивания \hat{f} .

Результаты статистического моделирования алгоритма для случая эхосигналов доплеровского лага подводного аппарата представлены в работах [11, 12]. В рассматриваемой цифровой модели необходимые для алгоритма низкочастотные квадратурные составляющие образуются программно. Цифровые фильтры нижних частот (ФНЧ) могут иметь перестраиваемую частоту среза в зависимости от априорного значения скорости, значения которой могут вырабатываться различными физическими датчиками, в частности, относительным лагом или как функция счетчика числа оборотов движителей. Выходные сигналы ФНЧ могут прореживаться, т. к. последующая обработка может производиться на существенно более низкой частоте дискретизации.

Общий коэффициент прореживания может составлять несколько тысяч, например, если частота дискретизации в 16 раз выше частоты излучения равной 250 кГц, то при максимальной скорости ПА в 10 уз общий коэффициент прореживания можно выбрать равным 3000.

Расчет компонент вектора скорости, пройденного пути и глубин по лучам ХН требует несколько десятков операций типа сложения и умножения, что весьма незначительно загружает процессор по сравнению с

рассмотренными выше задачами. Ведение временной диаграммы излучение/прием поддерживается наличием в процессоре ADSP-21990 трех аппаратных таймеров. Сигналы управления передаются через порты процессора.

На глубине под килем менее 50 м, а по данным из работы [13] – до 100 м, в цифровой модели может использоваться непрерывный режим излучения, что позволяет избежать использования длительностей импульсов излучения t в единицы–десятки мс. Среднеквадратичное отклонение (СКО) единичных измерений (один цикл излучение/прием) примерно равно $1/2\tau$. Например, при глубине под килем в единицы метров величина СКО составляет приблизительно 100 Гц, что существенно снижает точность измерения скорости ПА. Данное обстоятельство весьма существенно, т. к. основная миссия ПА осуществляется вблизи дна. Опыт разработки и эксплуатации отечественных доплеровских лагов «Онега» и «Кемь» подтверждает возможность использования непрерывного режима излучения. Для борьбы с паразитным сигналом прямого прохождения необходимы рациональная конструкция, уменьшение боковых лепестков ХН, экранирование антенн, использование в приемных усилителях режекторных фильтров на частоте излучения [1, 2].

При глубинах, более указанных выше, целесообразно использовать импульсный режим излучения со скважностью 3, обеспечивающий подавление сигналов объемной реверберации [1, 2, 14]. Длительность излучаемых импульсов определяется по данным от других средств навигации ПА. Для повышения точности оценивания доплеровских смещений возможна обработка только центральной части строка приема в импульсном режиме излучения [14]. В этом случае из обработки исключаются фрагменты обратного донного рассеяния с «переменной» частотой заполнения импульса. Использование в цифровой модели лага переменной длительности импульсов излучения и обработка только центральной части строка приема – существенное преимущество по отношению к известным лагам ПА.

В зависимости от частоты излучения существует предельная глубина под килем, когда еще возможна работа по сигналам обратного донного рассеяния. Так, при частоте излучения 250 Гц работа возможна до глубин примерно 200 м. При превышении предельной глубины, работа лага возможна по сигналам объемной реверберации, принимаемым с расстояний 10–50 м. В реальных условиях указанные значения глубин варьируют в зависимости от потерь на трассе распространения, интенсивностей обратного донного рассеяния и объемной реверберации. Переключение цифровой модели лага в необходимый режим работы может осуществляться процессором автоматически, т. е. в данном случае будет происходить адаптация к конкретным гидролого-акустическим условиям работы.

Если от средств навигации ПА поступают данные о текущих углах качек и вертикальной составляющей вектора скорости, возможна компенсация этих

дестабилизирующих факторов. Компенсация сводится к несложным для процессора расчетам по соотношениям:

$$V_x = V_{xл}(1 + \psi^2 / 2) + \psi V_z; \quad (5)$$

$$V_y = V_{yл}(1 + \theta^2 / 2) - \theta V_z, \quad (6)$$

где V_x, V_y – искомые горизонтальные составляющие вектора скорости;

$V_{xл}, V_{yл}$ – измеренные лагом составляющие вектора скорости;

ψ, θ – углы качек;

V_z – вертикальная составляющая вектора скорости [1].

В известных лагах ПА подобная компенсация отсутствует.

Третья печатная плата должна содержать компоненты задающего генератора и выходных каскадов. Если каждый элементарный излучатель плоской апертуры состоит из четырех пьезоэлементов и их запитка осуществляется в шахматном порядке противофазным (0° и 180°) напряжением, то образуются ХН в виде двусторонней схемы Януса в диаметральной плоскости и в плоскости шпангоута. Для уменьшения размеров используемого кварцевого резонатора, можно применить схему делителя частоты, например, используя кварцевый резонатор РГ-05 на (4–6) МГц размером $14 \times 11 \times 5$ мм и стандартные цифровые твердотельные микросхемы серии 1533 размером $10 \times 7 \times 2$ мм. В автогенераторе возможно применение микросхемы 1533ЛН1 или 1533ЛАЗ. Выходной сигнал является опорным (эталонным) для лага и используется как частота дискретизации АЦП микросхемы процессора ADSP-21990. Делитель частоты – микросхема 1533ИЕ6 или 1533ИЕ7. Коэффициент деления определяется частотой кварцевого резонатора и необходимой частотой излучения. Например, при частоте излучения 250 кГц и частоте кварцевого резонатора 4000 кГц необходимый коэффициент деления – 16. Фазоинвертор – микросхема 1533ЛН1. Может потребоваться простейшая полосовая фильтрация противофазных меандров на частоте 250 кГц. Выходные каскады могут быть выполнены на дискретных компонентах. Возможно также использовать интегральные микросхемы, например ТА8205АНQ, STK4833, TDA1552, которые являются двухканальными линейными усилителями с максимальной выходной мощностью примерно 25 Вт. Каждый канал состоит из последовательно соединенных операционных усилителей – предварительного и выходного. Размер корпуса, например, ТА8205АНQ без выводов $30 \times 14 \times 5$ мм, масса 9,8 г. Выбор схемотехнического решения зависит от величин полного сопротивления и напряжения запитки излучающей антенны. Управление работой выходных каскадов (мощность и длительность излучения) может производиться с использованием цифроаналогового преобразователя AD7244, связанного с одним из портов процессора ADSP-

21990. Конструктивное обособление обеспечивает дополнительную развязку с приемным трактом, что уменьшает паразитное прохождение сигнала в непрерывном режиме излучения.

Интеграция, быстродействие и размеры современных электронных компонент позволяют разместить на одной печатной плате традиционные для доплеровских лагов устройства первичной обработки (приемные усилители, схемы оценивания доплеровского смещения) и вторичной обработки (расчет компонент вектора скорости, учет дестабилизирующих факторов, ведение временной диаграммы, АРУ, АРМ, интерфейс с другими средствами навигации). Аналогичное решение возможно и в части излучающего тракта.

Ожидаемая точность цифровой модели лага определяется характеристиками приемной и излучающей антенн и тщательностью проведения калибровки на возможных режимах работы лага для устранения систематических погрешностей. При использовании антенн аналогичных антеннам доплеровского лага «Онега» после проведения тщательной калибровки, СКО измерения скорости можно, по-видимому, значительно снизить, доведя до сотых долей узла при времени осреднения 30 с. Основанием для прогнозируемого значения СКО являются использование:

- непрерывного режима излучения на малых глубинах под килем (основная миссия ПА осуществляется при удалении от дна приблизительно на 10 м);
- современного алгоритма обработки (алгоритмы разделения лучей и оценивания доплеровских смещений, возможность учета дестабилизирующих факторов).

Реализация рассмотренной структуры доплеровского лага со 100%-ой цифровой обработкой сигналов на основе доступных компонент и современных алгоритмов позволят выполнить его электронный модуль в виде трех печатных плат размером примерно 100x100 мм, массой около 1 кг и значительно меньшим по сравнению с существующими малогабаритными лагами энергопотреблением.

Подтверждением возможности практической реализации рассмотренной в общих чертах структуры цифрового лага является широкое распространение ультразвуковой медицинской аппаратуры с частотами излучения в единицы МГц и частотами дискретизации в десятки МГц. В этой аппаратуре на современных БИСах решаются все задачи обработки сигналов, включая формирование ХН. Также можно упомянуть специализированные микропроцессоры, осуществляющие программно функции выделения низкочастотных квадратурных составляющих с последующей децимацией аналоговых сигналов в системах связи и радиолокации, например, микропроцессор 1288ХК1Т (ГУП НПЦ «ЭЛВИС»), имеющий 4-канальный аналоговый вход для сигналов на промежуточной частоте (частоте дискретизации аналоговых сигналов до 15 МГц).

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов К. А. и др. Абсолютные и относительные лаги. – Ленинград.: Судостроение, 1990. – 264 с.
2. Бородин В. И. и др. Гидроакустические навигационные средства. – Ленинград.: Судостроение, 1983. – 264 с.
3. Техническое описание гидроакустического доплеровского лага ЛА-51.БП1.030.086-0. – Молдавия, г. Бельцы, НПО им. В. И. Ленина (ОАО «Аквааппарат»).
4. Gabriel Guenon et al. Enhancement of the Inertial Navigation System for the Morpheus Autonomous Underwater Vehicle // IEEE Journal of Oceanic Engineering. – October 2001. – Vol. 26. – No.4. – PP. 548–560.
5. Патент США 5208785 от 4.05.93.
6. www.rdinstruments.com.
7. Kevin V. Jorgenson et al. Doppler Sonar Applied to Precision Underwater Navigation. ОКЕАН-93. – Vol. 2. – PP 469–474.
8. www.Janes.com Jane's Underwater Technology 2000–2001
9. Мартынюк А. П., Простомолов В. И., Карпухин Б. В. Лаг доплеровский универсальный ЛДУ-160. – Труды VI Российской научно-технической конференции «Современное состояние и проблемы навигации и океанографии» («НО-2007»). – СПб.: ГНИНГИ МО РФ, 2007. – С. 220–224.
10. Kenneth S. Miller, Marvin M. Rochwarger. A covariance approach to spectral moment estimation. // IEEE Trans. Inform. Theory. – Vol. IT-18. – 1972. – No 5. – PP. 588–596.
11. Львов К. П. Статистики оценок спектральных моментов эхосигналов доплеровских лагов. – Труды VIII Международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2006. – С. 450–453.
12. Львов К. П. Статистики оценок спектральных моментов квантованных по уровню эхосигналов доплеровских лагов // Научно-технический сборник «Гидроакустика». СПб.: Концерн «Океанприбор». – 2007. – Вып. 7. – С.71–75.
13. Корякин Ю. А., Смирнов С. А., Яковлев Г. В. Корабельная гидроакустическая техника. – СПб.: Наука, 2004. – 414 с.
14. Богородский А. В. и др. Гидроакустическая техника исследования и освоения океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.

POSSIBLE WAYS OF IMPROVING THE SMALL-SIZE DOPPLER LOGS

K. P. L'vov

(“Oceanpribor Concern” JSC),

P. I. Maleyev

(GNINGI, RF Mod)

The main requirements set to a Doppler log of small-size marine objects, including the underwater vehicles, along with the accuracy, are the minimal mass and size characteristics and power consumption. The brief analysis of the know logs of the underwater vehicles is presented. The possibility to create a new generation of Doppler logs with 100% digital processing is considered.

It is shown that the employment of the existing electronic components enables a small-size electronic module of digital log to be made, based on three printed circuit cards having the size of only 100x100 mm and mass about 1 kg.

ГРНТИ 78.21.41

СИТУАЦИОННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ

**С. Н. НЕКРАСОВ,
М. Л. БОГДАНОВИЧ**
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассматривается применение логико-вероятностного метода для оценки навигационной безопасности плавания. Предложена информационно-логическая модель процесса кораблевождения. Приводятся результаты оценки максимальных значений вероятностей появления опасных навигационных ситуаций при плавании корабля в сложных условиях. Статья представляет интерес для специалистов штурманской службы и командиров кораблей (судоводителей), специалистов, занимающихся вопросами обеспечения навигационной безопасности плавания, а также преподавателей и слушателей военно-морских учебных заведений.

Навигационная безопасность является важнейшим качественным свойством процесса кораблевождения. Этот процесс представляет собой реализацию целенаправленного поведения качественно сложной организационно-технической системы мореплавания. Данная система функционирует в условиях воздействия стохастических факторов, которые формируются изменяющимися навигационно-гидрографическими и гидрометеорологическими условиями, а также зависит от состояния и управляемости самого корабля, способности судоводителей оценивать обстановку и других особенностей.

Именно поэтому оценивать уровень навигационной безопасности даже в теоретическом плане сложно, тем более сложно управлять навигационными рисками практически. Изучению оценки навигационной безопасности плавания, в силу ее важности и актуальности, посвящено достаточно много работ [1, 2, 3], однако из-за большой сложности рассматриваемой проблемы далеко не все вопросы удалось решить. В первую очередь это касается оценки уровней навигационных рисков при плавании кораблей различных типов в сложных навигационных условиях.

В качестве основной характеристики оценки навигационной безопасности, очевидно, следует рассматривать вероятность появления опасной навигационной ситуации. Это объясняется стохастичностью проявления различных свойств организационно-технической системы кораблевождения с одной стороны и множеством состояний, характеризующих поведение этой системы, с другой.

Само же управление кораблем, как это следует из практики кораблевождения, сводится к оценке обстановки, принятию решения на маневр и собственно выполнению маневра, причем все эти действия могут

сопровождаться ошибками, вносящими дополнительный вклад в появление и развитие опасной навигационной ситуации. Понятно, что навигационная безопасность плавания будет определяться особенностями навигационно-гидрографических условий района плавания и способностью людей оценивать навигационную обстановку, принимать решение, выполнять маневр и контролировать указанные действия.

Под опасной навигационной ситуацией следует понимать сближение корабля со статической (обычно понимаемой в навигации – навигационной) или динамической, т. е. встречным кораблем или плавающим объектом, опасностью на дистанцию менее заданной.

В общем случае район плавания может характеризоваться совокупностью навигационных опасностей и некоторой площадью доступных позиций. Кроме того, район плавания характеризуется рекомендованными путями, по которым осуществляется движение некоторого множества кораблей в течение достаточно продолжительного времени.

При оценке навигационной безопасности следует определить вероятность свершения сложного события, отражающего поведение качественно сложной организационно-технической системы кораблевождения, при котором расстояние до обозначенных выше опасностей будет менее заданного.

Понятно, что это достаточно общая постановка задачи, которая может быть уточнена применительно к конкретному проекту корабля, конкретному району плавания и его особенностям и т. п.

В основу построения математической модели качественно сложной навигационной системы положена деятельностная модель процесса кораблевождения, учитывающая особенности оценки обстановки, принятие решения на маневр и выполнение маневра, и особенности навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения района плавания. Будем полагать, что свойства навигационной обстановки, а также ошибки оценки обстановки, принятия решения и выполнения маневрирования независимы друг от друга, и каждая из них может привести к появлению опасной навигационной ситуации. Такое упрощенное допущение, конечно, нуждается в доказательстве. Однако подобное допущение о независимости событий появления ошибок в реализации процесса кораблевождения вполне приемлемо в данной работе. При выбранном подходе к оценке навигационной безопасности появляется возможность оценить максимально возможное значение вероятности появления опасной навигационной ситуации, что порождается свершением хотя бы одного из принятой совокупности событий реализации процесса кораблевождения, каждое из которых может приводить к опасной навигационной ситуации.

Математическая модель организационно-технической системы кораблевождения строится с учетом современных методов языково-алгебраических формальных систем, которые включают методы

функционально-структурных эргатических систем, И-сетей, методы полумарковских событий, семантических сетей и т. п. [2]

Общим для этих методов является то, что последовательность выполняемых операций, составляющих суть событий во всех этих методах, представляется в виде дуг ориентированных графов, а события начала и завершения конкретного события отображаются вершинами. Основная количественная характеристика проявления данного события – вероятность свершения рассматриваемого события.

Логико-вероятностные методы, наряду с известными методами монотонной логики, в наибольшей степени удовлетворяют поставленной задаче, т. к. позволяют в рамках известных ограничений метода получить адекватные и непротиворечивые математические модели процесса кораблевождения, а также найти вероятности свершения сложных событий.

В информационно-логическую модель процесса кораблевождения целесообразно включить события, наиболее часто встречающиеся на практике: плавание одиночного корабля в сложных навигационных условиях и расхождение двух кораблей в сложных навигационных условиях, когда возможны не только события столкновения двух кораблей, но и появления опасных навигационных ситуаций, которые могут привести к посадке на мель хотя бы одного корабля при расхождении. При этом следует учесть степень способности судоводителей оценивать навигационную и надводную обстановку, которая в свою очередь может быть простой или сложной. Тогда все события, учтенные в математической модели процесса кораблевождения, в рамках поставленной задачи, будут иметь дизъюнктивные связи между отдельными событиями.

Таким образом, в информационно-логическую модель формирования опасных навигационных ситуаций, которую следует использовать для оценки максимальных значений вероятности появления опасных навигационных ситуаций при плавании кораблей в стесненных условиях, целесообразно включить следующие события:

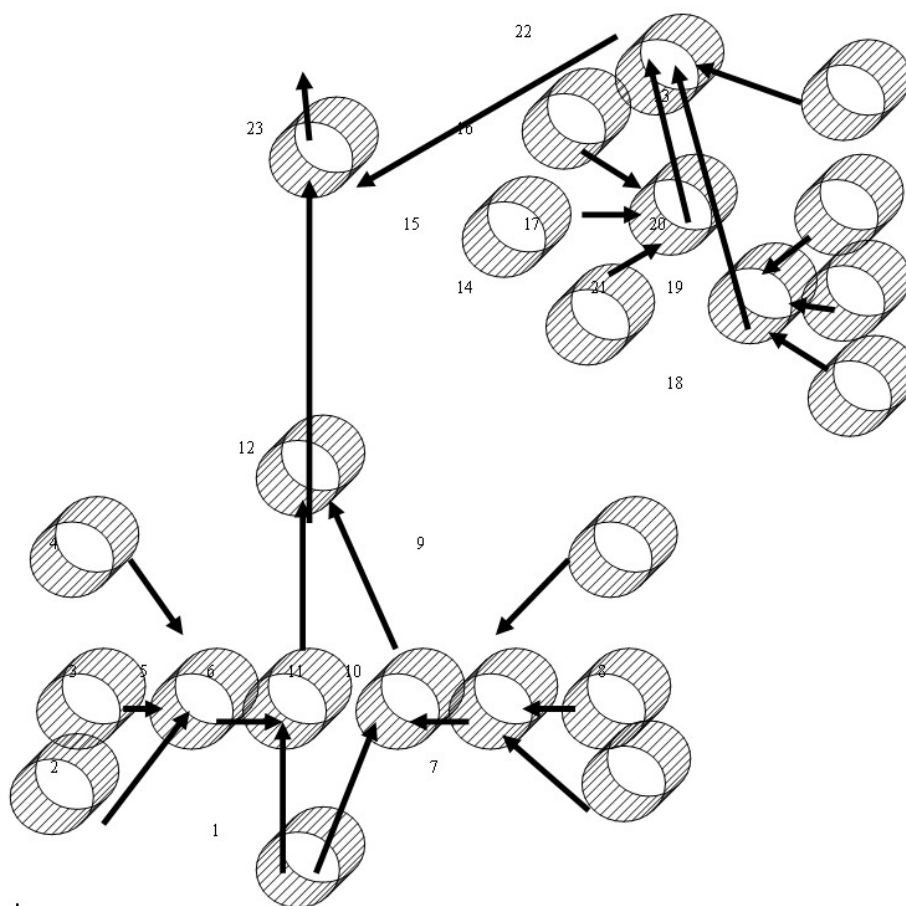
1. Событие, характеризующее благоприятную навигационную обстановку в районе плавания.
2. Событие, характеризующее правильную оценку навигационной обстановки на одном корабле.
3. Событие принятия правильного решения на маневр одним кораблем.
4. Событие, характеризующее правильное выполнение маневра одним кораблем.
5. Событие 6, характеризующее свершение появления опасной навигационной ситуации, например, посадки на мель.
6. События 7, 8, 9 аналогичны событиям 2, 3, 4, но для второго корабля;
- 5, 10 – вспомогательные события.
7. Событие 13, характеризующее благоприятную надводную обстановку.

8. События 14, 15, 16, 18, 19, 20 – события верной оценки надводной обстановки, принятия решения на маневр расхождения, и его выполнения на двух расходящихся кораблях.

9. Событие 22 – сближения кораблей на дистанции, менее заданной.

10. Событие 23 – появления опасной навигационной ситуации вследствие сближения кораблей на малые дистанции или посадки кораблей при расхождении в сложных навигационных условиях

Информационно-логическая модель, характеризующая связь основных событий, связанных с особенностями кораблевождения имеет вид, приведенный на рисунке.



Информационно-логическая модель опасной навигационной ситуации

Основные события связаны между собой дизъюнктивными связями, что подчеркивает суть задачи определения максимально возможного уровня навигационных рисков при плавании корабля в сложных условиях.

Для нахождения вероятности свершения сложного события появления опасной навигационной ситуации необходимо найти дизъюнктивную

нормальную функцию и заменить логические операции дизъюнкции, конъюнкции и инверсии их вероятностными эквивалентами по правилам:

$$a = a_1 a_2 \Rightarrow Pa = Pa_1 Pa_2;$$

$$v = a_1 \vee a_2 \Rightarrow Pa = Pa_1 + Pa_2 - Pa_1 Pa_2;$$

$$z = \bar{a}_1 \Rightarrow Pz = 1 - Pa_1.$$

Общее выражение вероятности появления опасной навигационной ситуации при плавании одиночного корабля в сложных условиях имеет вид:

$$P_{\text{онс}} = (1 - P_1)P_6 + P_1(1 - P_4)P_5P_6 + P_1(1 - P_3)P_4P_5P_6 + P_1(1 - P_2)P_3P_4P_5P_6 \quad (1)$$

где $P_1 - P_6$ – вероятности свершения соответствующих событий, включенных в информационно-логическую модель процесса кораблевождения в сложных условиях.

Для получения количественных характеристик максимальных уровней вероятностей опасных навигационных ситуаций используется равнопараметрический метод, при котором вероятности свершения событий, включенных в информационно-логическую модель появления опасных навигационных ситуаций, принимаются одинаковыми и равными соответственно 0,8; 0,9; 0,95; 0,99.

Результаты оценки максимальных значений вероятностей появления опасных навигационных ситуаций при плавании корабля в сложных условиях приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка максимальных значений вероятностей появления опасных навигационных ситуаций при плавании корабля в сложных условиях

Свойства навигационной и надводной обстановки	Качество оценки обстановки, принятия решения маневрирования			
	0,8	0,9	0,95	0,99
0,8	0,5903	0,4167	0,3141	0,2237
0,9	0,5391	0,3438	0,2283	0,1267
0,95	0,5135	0,3074	0,1855	0,07821
0,99	0,4930	0,2784	0,1512	0,03939

Анализ этих результатов показал следующее.

1. Увеличение качества оценки обстановки, принятия решения и выполнения маневра на 5% приводит к снижению уровня навигационных рисков на 30% при различных свойствах навигационной обстановки.

2. Улучшение навигационной обстановки на 5% приводит к снижению навигационных рисков на 9–20%.

Полученные результаты позволяют связать уровни квалиметрического оценивания подготовленности лиц, принимающих решение по управлению кораблем с уровнем рисков опасных навигационных ситуаций, возникающих при плавании корабля в сложных условиях. Так, например, риски опасных навигационных ситуаций увеличиваются почти в два раза, если число ошибок в оценке навигационной обстановки, принятии решения или маневрировании составляют величину 5–10 ошибок на 100 соответствующих действий.

На основании правил нахождения среднего значения при известной вероятности свершения событий появления опасных навигационных ситуаций можно получить среднее число опасных навигационных ситуаций на 1000 случаев их разрешения при плавании одного корабля. Результаты оценки среднего числа опасных ситуаций приведены в табл. 2.

Таблица 2

Оценка среднего числа опасных навигационных ситуаций на 1000 случаев их разрешения при плавании одного корабля

Свойства навигационной и надводной обстановки	Качество оценки обстановки, принятия решения маневрирования			
	0,8	0,9	0,95	0,99
0,8	590	416	314	223
0,9	539	343	228	126
0,95	513	307	1855	78
0,99	493	278	151	39

Чтобы увязать число опасных навигационных ситуаций с числом навигационных аварий и катастроф, необходимо знать законы перерастания опасных ситуаций в аварии и катастрофы. Такие законы теоретически существуют, но, как правило, при решении этой задачи используют экспертные данные, которые свидетельствуют о том, что от 10% до 30% опасных навигационных ситуаций перерастают в навигационные аварии, а от 10% до 30% навигационных аварий перерастают в навигационные катастрофы.

Тогда уровень навигационных аварий составит от 1 до 12, а число навигационных катастроф – около одной на 1000 случаев разрешения опасных навигационных ситуаций.

Таким образом, формализация поведения качественно сложных систем с использованием логико-вероятностных методов оценки опасных навигационных ситуаций позволяет по-новому оценить навигационную безопасность плавания кораблей в сложных условиях, увязав объективную навигационную обстановку со степенью способности лиц, управляющих кораблем, оценивать навигационную обстановку, принимать решение на маневр и выполнять маневрирование.

Помимо опасных навигационных ситуаций, связанных со сближением с навигационными опасностями, при плавании корабля, как правило,

существует опасность столкновения кораблей при расхождении в сложных условиях, а также опасность посадки на мель при расхождении в сложных условиях. Используя логико-вероятностные методы ситуационного анализа можно оценить риск опасностей столкновения при расхождении в сложных условиях. Информационно-логическая модель ситуации расхождения включает события, включенные в общую модель оценки опасной навигационной ситуации, рассмотренную выше.

Применяя ранее рассмотренные подходы к решению данной задачи, можно получить аналитическую вероятностную функцию появления опасных ситуаций сближения двух кораблей на дистанции менее заданной при расхождении в сложных навигационных условиях, которая имеет вид:

$$P_{ст} = P_{13}(1-P_{18})P_{19}P_{20}P_{21}P_{22} + P_{13}(1-P_{14})P_{15}P_{16}P_{17}P_{22} + P_{13}(1-P_{19})P_{20}P_{21}P_{22} + P_{13}(1-P_{15})P_{16}P_{17}P_{22} + P_{13}(1-P_{20})P_{21}P_{22} + P_{13}(1-P_{16})P_{17}P_{22} + (1-P_{13})P_{19}P_{22} - P_{13}(1-P_{16})P_{17}(1-P_{20})P_{21}P_{22} - P_{13}(1-P_{15})P_{16}P_{17}(1-P_{20})P_{21}P_{22} - P_{13}(1-P_{15})P_{16}P_{17}(1-P_{19})P_{20}P_{21}P_{22} - P_{13}(1-P_{16})P_{17}(1-P_{19})P_{20}P_{21}P_{22} - P_{13}(1-P_{14})P_{15}P_{16}P_{17}(1-P_{19})P_{20}P_{21}P_{22} - P_{13}(1-P_{14})P_{15}P_{16}P_{17}(1-P_{20})P_{21}P_{22} - P_{13}(1-P_{14})P_{15}P_{16}P_{17}(1-P_{18})P_{19}P_{20}P_{21}P_{22} - P_{13}(1-P_{15})P_{16}P_{17}(1-P_{18})P_{19}P_{20}P_{21}P_{22} - P_{13}(1-P_{16})P_{17}(1-P_{18})P_{19}P_{20}P_{21}P_{22}. \quad (2)$$

А вероятностная модель свершения событий сближения с навигационными опасностями на дистанции менее заданных двух кораблей при расхождении в сложных условиях имеет вид:

$$P_{ст} = P_1(1-P_7)P_8P_9P_{10}P_{11}P_{12} + P_1(1-P_2)P_3P_4P_5P_6P_{12} + P_1(1-P_8)P_9P_{10}P_{11}P_{12} + P_1(1-P_3)P_4P_5P_6P_{12} + P_1(1-P_9)P_{10}P_{11}P_{12} + P_1(1-P_4)P_5P_6P_{12} + (1-P_1)P_{11}P_{12} + (1-P_1)P_6(1-P_{11})P_{12} - P_1(1-P_4)P_5P_6(1-P_9)P_{10}P_{11}P_{12} - P_1(1-P_3)P_4P_5P_6(1-P_9)P_{10}P_{11}P_{12} - P_1(1-P_3)P_4P_5P_6(1-P_8)P_9P_{10}P_{11}P_{12} - P_1(1-P_4)P_5P_6(1-P_8)P_9P_{10}P_{11}P_{12} - P_1(1-P_2)P_3P_4P_5P_6(1-P_8)P_9P_{10}P_{11}P_{12} - P_1(1-P_2)P_3P_4P_5P_6(1-P_9)P_{10}P_{11}P_{12} - (1-P_2)P_3P_4P_5P_6(1-P_7)P_8P_9P_{10}P_{11}P_{12} - P_1(1-P_3)P_4P_5P_6(1-P_7)P_8P_9P_{10}P_{11}P_{12} - P_1(1-P_4)P_5P_6(1-P_7)P_8P_9P_{10}P_{11}P_{12}. \quad (3)$$

Можно получить вероятностную модель возникновения опасной навигационной ситуации, вызванной свершением хотя бы одного события из всей совокупности возможных событий, приводящих к опасным навигационным ситуациям, но эта модель уже содержит несколько сотен членов и в полном виде не приводится, хотя именно она позволяет получить потенциально возможный уровень вероятностей появления опасных навигационных ситуаций при плавании кораблей в сложных условиях в данном районе.

Применение равнопараметрического метода количественного анализа вероятностей появления опасных навигационных ситуаций позволяет получить потенциальные значения вероятностей появления опасных навигационных ситуаций, порождаемых расхождением кораблей, возможными посадками кораблей на мель при расхождении в сложных условиях или при одиночном плавании в сложных условиях. Результаты этих вычислений сведены в табл. 3.

Таблица 3

Оценка потенциальных значений вероятностей появления опасных навигационных ситуаций, порождаемых расхождением кораблей, возможными посадками кораблей на мель при расхождении или при одиночном плавании в сложных условиях

Опасные навигационные ситуации	Качество оценки обстановки, принятия решения маневрирования			
	0,8	0,9	0,95	0,99
Ситуация сближения с навигационными опасностями хотя бы одного корабля при расхождении в сложных условиях	0,79	0,52	0,348	0,067
Ситуация сближения двух кораблей на дистанцию менее заданной	0,79	0,52	0,348	0,067
Ситуация сближения с навигационными опасностями кораблей при расхождении или сближения двух кораблей на дистанции менее заданных	0,95	0,77	0,548	0,131

При этом можно оценить потенциальное число опасных навигационных ситуаций, навигационных происшествий и навигационных аварий при плавании кораблей в сложных условиях при принятых исходных данных. Среднее число опасных навигационных ситуаций приведено в табл. 4.

Таблица 4

Оценка потенциального числа опасных навигационных ситуаций, навигационных происшествий и навигационных аварий при плавании кораблей в сложных условиях

Опасные навигационные ситуации	Качество оценки обстановки, принятия решения маневрирования			
	0,8	0,9	0,95	0,99
Ситуации сближения с навигационными опасностями хотя бы одного корабля при расхождении в сложных условиях	790	520	348	67
Ситуации сближения двух кораблей на дистанцию менее заданной при расхождении в сложных условиях	790	520	348	67
Ситуации сближения с навигационными опасностями кораблей при расхождении или сближения двух кораблей на дистанции, менее заданных, при плавании в заданном районе	950	770	548	131

Среднее число навигационных происшествий при плавании кораблей в сложных навигационных условиях составляет от 10 до 30% от числа опасных навигационных ситуаций, а их количество в зависимости от принятых начальных условий приведено в табл. 5.

Таблица 5

Оценка среднего числа навигационных происшествий при плавании кораблей в сложных навигационных условиях

Опасные навигационные ситуации	Качество оценки обстановки, принятия решения маневрирования			
	0,8	0,9	0,95	0,99
Ситуации сближения с навигационными опасностями хотя бы одного корабля при расхождении в сложных условиях	79–240	52–156	35–105	7–21
Ситуации сближения двух кораблей на дистанцию менее заданной при расхождении в сложных условиях	79–240	52–156	35–105	7–21
Ситуации сближения с навигационными опасностями кораблей при расхождении или сближения двух кораблей на дистанции, менее заданных, при плавании в заданном районе	95–300	77–230	54–170	13–40

И, наконец, среднее число навигационных аварий и катастроф при плавании кораблей в сложных условиях с учетом расхождений составит от 10% от навигационных происшествий. Эти значения навигационных аварий при различных условиях принятых в работе, указаны в табл. 6.

Таблица 6

Оценка среднего числа навигационных аварий и катастроф при плавании кораблей в сложных условиях с учетом расхождений

Опасные навигационные ситуации	Качество оценки обстановки, принятия решения маневрирования			
	0,8	0,9	0,95	0,99
Ситуации сближения с навигационными опасностями хотя бы одного корабля при расхождении в сложных условиях	8–24	5–15	4–10	1–2
Ситуации сближения двух кораблей на дистанцию менее заданной при расхождении в сложных условиях	8–24	5–15	4–10	1–2
Ситуации сближения с навигационными опасностями кораблями при расхождении или сближения двух кораблей на дистанции, менее заданных, при плавании в заданном сложном районе	9–30	8–23	5–17	1–4

Таким образом, предложены новые подходы к оценке навигационной безопасности плавания кораблей в сложных навигационных условиях, позволяющие учитывать многообразие навигационных ситуаций, порождаемых сложными навигационными условиями плавания и способностями лиц корабельного состава, оценивать обстановку и принимать правильные решения на маневр. Такой метод исследования навигационной безопасности плавания кораблей в сложных навигационных условиях позволяет решать ряд прикладных задач, например, оценивать уровень подготовки специалистов по кораблевождению в современных комплексных тренажерах, проводить экспертизу проектных решений по навигационно-гидрографическому и гидрометеорологическому обеспечению плавания кораблей в сложных условиях, оценивать влияние систем управления

движением судов на навигационную безопасность плавания, оценивать потенциальную навигационную аварийность в районах строительства новых портов и т. п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Груздев Н. М. Навигационная безопасность плавания. – СПб.: ГУНИО МО РФ, 2002. – 220с.
2. Вагин Н. В. и др. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. – М.: Физматлит, 2004. – 703 с.
3. Некрасов С. Н. Теоретические основы автоматизации кораблевождения. СПб., СПбВМИ, 2002. – 250 с.

SITUATIONAL METHOD OF EVALUATING THE NAVIGATION SAFETY

S. N. Nekrasov,
M. L. Bogdanovich
(GNINGI, RF MoD)

The employment of the logical-and-probabilistic method to evaluate the safety to navigation is considered. The information-logical model of ship navigation is proposed. The results of evaluation of the maximum values for occurrence probabilities of dangerous navigational situations when sailing under complicated conditions, are presented.

ГРНТИ 78.25.31; 47.49.31

РАБОЧАЯ ЗОНА МОРСКОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС РАЗВЕРНУТОЙ В РАЙОНЕ БЕЛОГО МОРЯ

В. Н. БЫСТРОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Приведены результаты расчета электромагнитного поля морской локальной дифференциальной подсистемы, развернутой в районе Белого моря.

Рабочая зона морской локальной дифференциальной подсистемы спутниковой навигационной системы (СНС) определяется физическими процессами распространения радиоволн.

Распространение земных радиоволн происходит непосредственно над полупроводящей поверхностью Земли. Влияние среды на распространение радиоволн проявляется в изменении (большей частью уменьшении) амплитуды поля волны, изменении скорости и направления распространения волны, в искажении передаваемых сигналов. Поэтому при рассмотрении вопроса распространения радиоволн необходимо знание электрических параметров различных участков поверхности Земли, т. е. ее диэлектрической проницаемости и удельной проводимости, и учет ее неоднородности. В свою очередь, электрические параметры различных участков Земной поверхности

(суша, лес, водная поверхность) подвержены изменениям при смене сезонных периодов года.

В зависимости от коэффициента полезного действия (КПД) Т-образной антенны береговой станции, ее коэффициента усиления относительно изотропного излучателя, мощности берегового передатчика и его рабочей частоты влияние одной и той же среды проявляется в большей или меньшей степени.

В связи с этим при определении рабочей зоны морской локальной дифференциальной подсистемы (МЛДПС) возникают следующие основные задачи:

- расчет энергетических параметров радиолинии – выбор мощности передающего устройства или определение мощности сигнала на входе приемного устройства;
- определение оптимальной рабочей волны при заданных условиях распространения;
- определение истинной скорости и истинного направления прихода сигнала.

Поэтому в каждом конкретном случае строится модель трассы с учетом фактов, оказывающих основное влияние на распространение радиоволн.

Для расчета электромагнитного поля (ЭМП) в зависимости от исходных данных применяется одна из приведенных ниже формул [1]:

$$E(\text{мВ/м}) = (300 * \sqrt{P(\text{кВт}) / R(\text{км})}) \times W, \quad (1)$$

где E – модуль напряженности поля;

P – излучаемая мощность передатчика;

R – расстояние между корреспондентами;

W – модуль функции ослабления (безразмерная величина, зависящая сложным образом от расстояния, от частоты и от электрических свойств трассы распространения).

$$E(\text{мВ/м}) = (377 \times I(A) \times H(\text{м}) / (\lambda(\text{м}) \times R(\text{км})) \times W, \quad (2)$$

где H – действующая высота передающей антенны;

I – ток в основании антенны;

λ – длина волны.

В зависимости от того, что известно, – излучаемая мощность или же произведение тока в основании антенны на ее действующую высоту, называемое токовым моментом антенны, применяется первая или вторая формула.

Для Т-образных антенн обычно удовлетворительная точность получается, если принять действующую высоту равной 2/3 ее реальной высоты.

При известной действующей высоте антенны излученная мощность передатчика рассчитывается по формуле [2]:

$$P (Вт) = I^2 \times r (Ом), \quad (3)$$

где r – так называемое сопротивление излучения антенны, которое связано с ее действующей высотой выражением

$$r = 160 \times \pi \times \pi \times H \times H / \lambda \times \lambda.$$

Действующая высота антенны обычно известна с большей точностью, чем излученная мощность.

В нашем случае определялась рабочая зона МЛДПС СНС, развернутая в районе Белого моря для наиболее неблагоприятного времени (лето). В качестве границы рабочей зоны выбиралось положение изолинии напряженности ЭМП сигнала берегового радиомаяка (РМк), соответствующей требуемому значению (35 дВ (мкВ/м)).

Реальные трассы обычно неоднородны как по глубине, так и по расстоянию, и для прогнозирования функции ослабления над такими трассами применяются достаточно сложные алгоритмы. Они реализованы в программном пакете GRNDCOR1, ORIGIN V5.0. (разработчик – Институт Радиофизики Санкт-Петербургского Государственного Университета). В данном программном пакете используется карта электрических свойств, учитывающая слоистое строение реальной земной поверхности, а также, в необходимых случаях, зависимость этих электрических свойств от сезона. Эта зависимость проявляется для трасс с участками леса, с вечной мерзлотой или же при наличии снежного или ледового покрова.

По известным координатам передатчика, программный пакет сначала реализует множество трасс-лучей (с выбранным шагом по углу-азимуту) и зондирует их, то есть строит одномерные модели трасс. Эти модели включают положение границ электрических свойств на каждой трассе и описание этих электрических свойств (проводимости, диэлектрические константы и толщины слоев) с учетом выбранного сезона (лето). Затем для заданной частоты вычисляются импедансы всех отрезков, что и завершает построение радиофизических моделей всех трасс-лучей. Далее рассчитываются функции ослабления для них, при этом используется алгоритм решения интегрального уравнения. Наконец, по вышеприведенным формулам рассчитываются соответствующие уровни поля.

На Мудьюгском маяке расположен радиомаяк «Янтарь-2М-400».

Исходные данные, которые были приняты для расчета рабочей зоны:

1. $P = 200$ Вт – мощность берегового передатчика;
2. $f = 283.5$ кГц – принятое для расчета значение рабочей частоты радиомаяка (РМк);

3. $IaHg = 75 A \times m$ – момент тока;

4. Координаты РМк: широта – $64^{\circ}55'$ с. ш., $40^{\circ}14'$ в. д.

Изолинии напряженности ЭМП МЛДПС СНС, развернутой в районе Белого моря представлены на рис. 1.

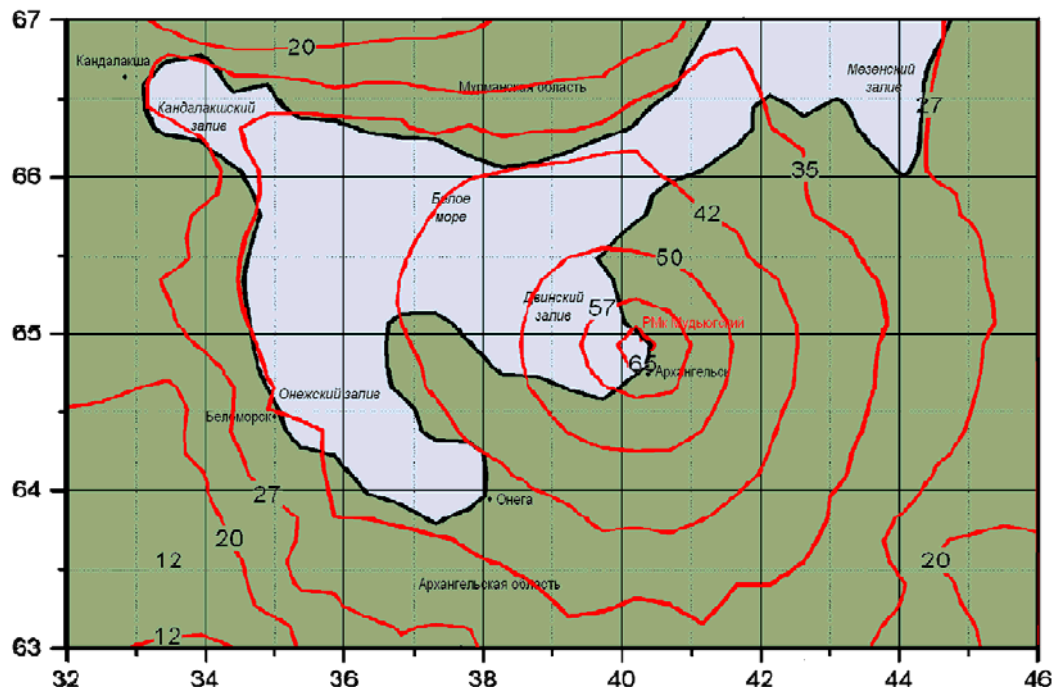


Рис. 1. Изолинии напряженности ЭМП МЛДПС СНС, развернутой в районе Белого моря

Дальность приема дифференциальной поправки составила 372 км. Условия приема сигнала: напряженность поля не менее 35 дБ(мкВ/м), отношение сигнал/шум – не менее 10 дБ.

Рабочая зона МЛДПС СНС, развернутой в районе Белого моря, для значения напряженности ЭМП радиосигнала берегового передатчика $E_c = 35$ дБ(мкВ/м) с учетом распространения радиоволн над пересеченной местностью представлена на рис. 2.

Для определения дальности действия и рабочей зоны МЛДПС СНС, расположенной в районе Белого моря, в период с 4 по 8 августа 2005 г. были произведены натурные испытания. В ходе испытаний фиксировались курсы следования корабля с нанесением их на морскую навигационную карту и записью на пункте контроля (ПК) оцениваемых показателей. Производилось сравнение фактического уровня принимаемого сигнала поправок от базовой контрольно-корректирующей станции с расчетными значениями.

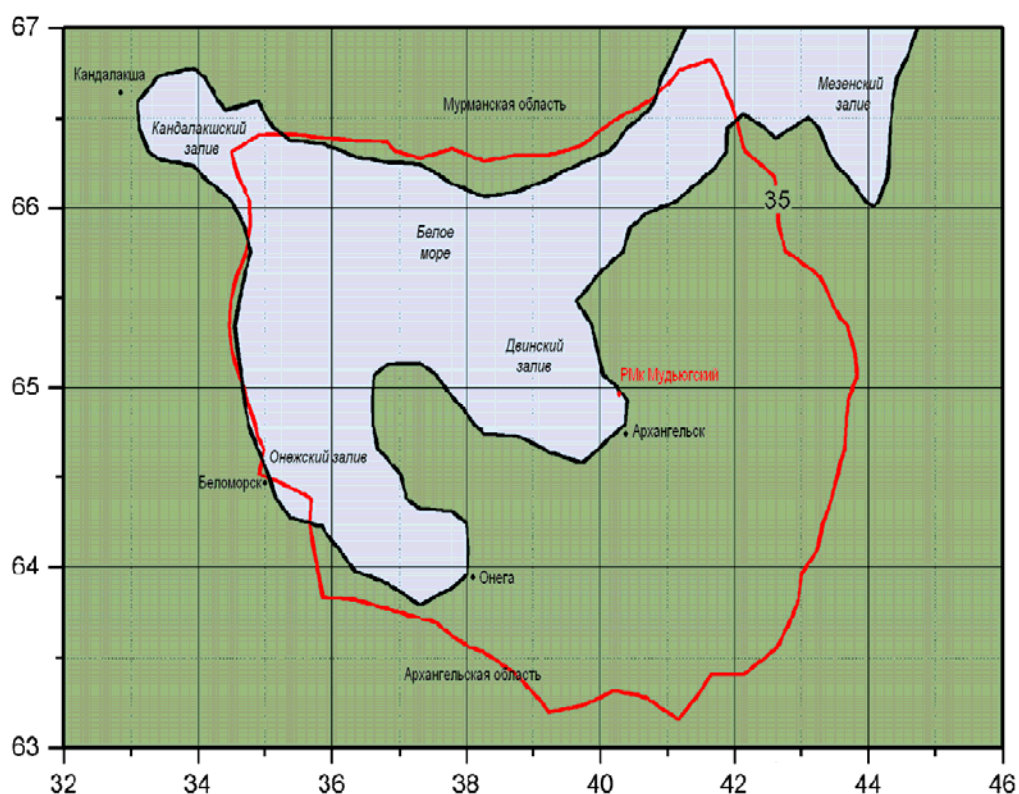


Рис. 2. Рабочая зона МЛДПС СНС, развернутой в районе Белого моря для значения напряженности ЭМП радиосигнала 35 дБ (мкВ/м)

Для измерений использовалась приемная аппаратура:

- приемоиндикатор «Бриз-КД» в режиме ГНСС на частоте 313,5 кГц со скоростью приема 200 Бод;
- приемоиндикатор «Бриз-К» в режиме ГНСС с приемником корректирующей информации (ПКИ-2 № 001) на частоте 313,5 Гц со скоростью приема 200 од. Результаты испытаний представлены в таблице.

Результаты расчета дальности действия и рабочей зоны МЛДПС СНС, расположенной в районе Белого моря

Наименование параметров	Кандалакшский залив	Онежский залив
Удаление от БККС, км	372	204
Трасса распространения сигнала	море	море – суша – море
Напряженность поля не менее, дБ (мкВ/м)	35	38
Соотношение сигнал/шум в точках приема не менее, дБ	10	15
Число спутников	7–14	7–14
Величина геометрического фактора	0,6–1,2	0,6–1,0
Возраст дифференциальной поправки (с)	6–9	5–8

Дальность приема дифференциальной поправки в Кандалакшском заливе составила 372 км, в Онежском заливе – 204 км. Условия приема сигнала: напряженность поля в Кандалакшском заливе составила не менее 35 дБ(мкВ/м), в Онежском заливе – 38 дБ(мкВ/м). Отношение сигнал/шум в Кандалакшском и Онежском заливе составило не менее 10 дБ.

Проведенные испытания показали, что рабочая зона была рассчитана с относительно высокой точностью. Приведенные на рисунках изолинии соответствуют теоретическим расчетам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долуханов М. П. Распространение радиоволн. Учебник для вузов. – М., «Связь», 1972. – 336 с.
2. Грудинская Г. П. Распространение радиоволн. Учеб. Пособие для радиотехн. вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., «Высшая школа», 1975. – 280 с.

OPERATING ZONE OF THE MARINE LOCAL DIFFERENTIAL SUBSYSTEM OF GLONASS SATELLITE NAVIGATION SYSTEM DEPLOYED IN THE AREA OF THE WHITE SEA

V. N Bystrov
(GNINGI, RF MoD)

The results of calculation of the electromagnetic field for the marine local differential subsystem deployed in the area of the White Sea are presented.

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

ГРНТИ 78.21.43

УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ШИРОТ И ДОЛГОТ ЗА СЧЕТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСОВ ЗЕМЛИ

Ю. Н. ЖУКОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Рассматривается проблема учета перемещения полюсов Земли в обеспечении задач ВМФ на основе автоматизированных баз геопространственной информации.

В настоящее время в России ведутся работы по созданию автоматизированных баз геопространственных данных как общегосударственных, так и ведомственных. В частности, в ГНИНГИ МО РФ разрабатывается технология геопространственной базы данных для обеспечения вооруженных сил и гражданских пользователей. Очевидно, что информационное наполнение этих баз с необходимостью включает координаты геопространственных объектов в виде широты и долготы, определенных в разное время и разными методами. Точность определения этих координат, однако, различна. Современные практические задачи ВМФ требуют повышение точности геопространственного обеспечения на уровне точности GPS и ГЛОНАСС. Точность других методов определения координат ниже, но данных, полученных на основе этих методов значительно больше. Поэтому при создании автоматизированных баз геопространственных данных необходимо на этапе проектирования предусмотреть разработку технологии учета точности определения и алгоритмов согласования разноточных координат.

Одна из проблем, которую требуется решить в автоматизированных базах геопространственных данных, – это учет изменения координат вследствие нутации оси вращения Земли. Полюсы постепенно изменяют свое положение на поверхности Земли, что приводит к изменению широт и долгот во времени.

Точка, в которой ось пересекает земную поверхность, – «мгновенный полюс» Земли – перемещается по земной поверхности вокруг «среднего полюса» в направлении вращения Земли, т. е. против часовой стрелки. Траектория движения полюса имеет вид спирали, которая периодически то закручивается, то раскручивается. Для примера на рис. 1 показана траектория движения Северного полюса за 1996–2000 гг. Максимальное удаление полюса от среднего отмечалось в мае–июле 1996 г. Затем полюс стал закручиваться, и это продолжалось до 2000 г., когда полюс подошел на минимальное

расстояние к центру спирали. Сейчас полюс раскручивается и все далее удаляется от своего среднего положения.

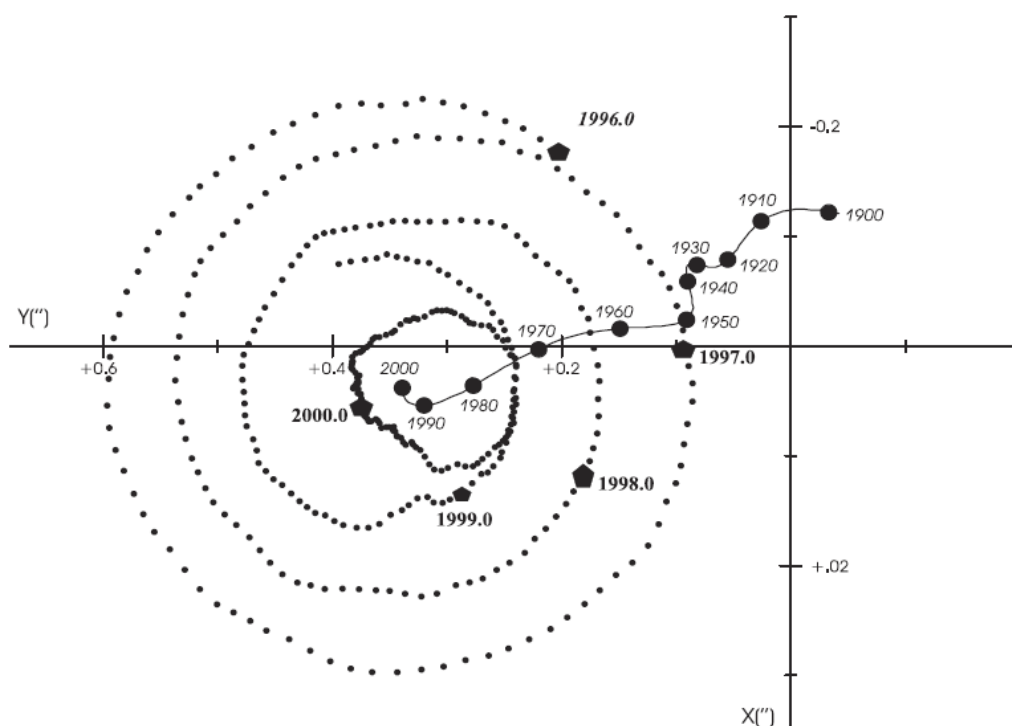


Рис. 1. Траектория движения полюса в 1996–2000 гг. Сплошная кривая – траектория среднего полюса с 1890 по 2000 гг. [2]

Из рис. 1 следует, что центр спирали находится в стороне от начала координат – международного условного начала (1890 г.). Причина тому – так называемое вековое движение полюса. Если из координат полюса отфильтровать составляющие колебания, то останутся координаты среднего полюса. Оказывается, он тоже смещается. Траектория среднего полюса за 1890–2000 гг. изображена на рис. 1 сплошной кривой. Видно, что в течение всего периода наблюдений осредненное положение полюса смещалось со скоростью около 10 см/год по сложной зигзагообразной кривой с преобладающим направлением в сторону Северной Америки (меридиан 290° в. д.).

Для получения этих сведений в 1899 г. была создана Международная служба широты, переименованная в 1961 г. в Международную службу движения полюсов Земли. В её состав входило пять станций, проводивших наблюдения изменений широт, и Центральное бюро, которое на основе этих наблюдений вычисляло координаты полюса. Станции расположены на одной географической параллели $39^\circ 08'$ с. ш. и снабжены однотипными

инструментами. В число их входят станции: Мидзусава (Япония), Китаб (Туркмения), Карлофорте (Италия), Гейтерсберг (США), Юкайа (США). В России наблюдения для службы движения полюсов Земли ведутся также в Пулковке, Москве, Полтаве, Казани, Горьком, Иркутске, Благовещенске. В настоящее время в Международную службу движения полюсов Земли входит 30 станций, которые расположены на различных географических широтах.

Движение полюсов Земли изучается относительно так называемого условного международного начала координат Северного полюса Земли (ему соответствует «условный» экватор), положение которого установлено решением 13-й Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза в 1967 г. Положение Северного полюса на 1890 г. принято за условный Северный полюс. В этой точке (O , рис. 2) проводится плоскость K , касательная к поверхности земного сфероида. По результатам астрономических наблюдений широты φ на станциях определяется плоскость мгновенного экватора Земли. Перпендикуляр CP к этой плоскости практически совпадает с мгновенной осью вращения Земли, а точка P , в которой он пересекает плоскость K , — с мгновенным полюсом Земли. В плоскости K вводят координатную систему: ось OX проводят в направлении меридиана Гринвича, OY — под углом 90° к западу от него. Координаты точки P в этой системе называется координатами мгновенного полюса Земли. Они связаны с широтой пункта наблюдений формулой, предложенной в 1893 г. С. К. Костинским [1]:

$$x \cos \lambda + y \sin \lambda = \varphi - \varphi_0, \quad (1)$$

где λ — долгота пункта наблюдения.

Данные о движении полюса показывают, что полюс P движется по поверхности Земли в направлении её суточного вращения вокруг полюса инерции I (рис. 2), в которой наименьшая ось эллипсоида инерции Земли пересекает плоскость K и при этом описывает неправильную спиралевидную кривую — полодию (рис. 3), витки которой постепенно смещаются относительно условного международного начала O в сторону Гренландии. Полодия Южного полюса имеет такую же форму, как и Северного.

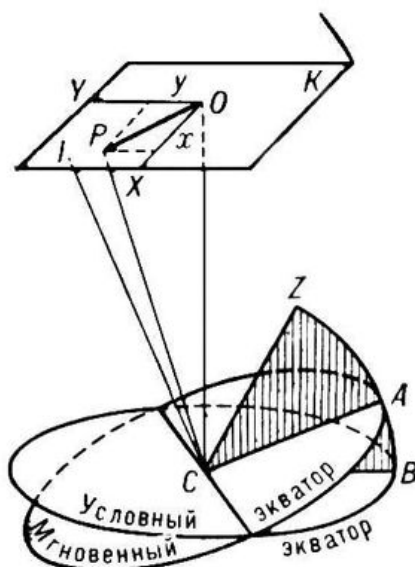


Рис. 2. Условные координаты для описания движения полюса

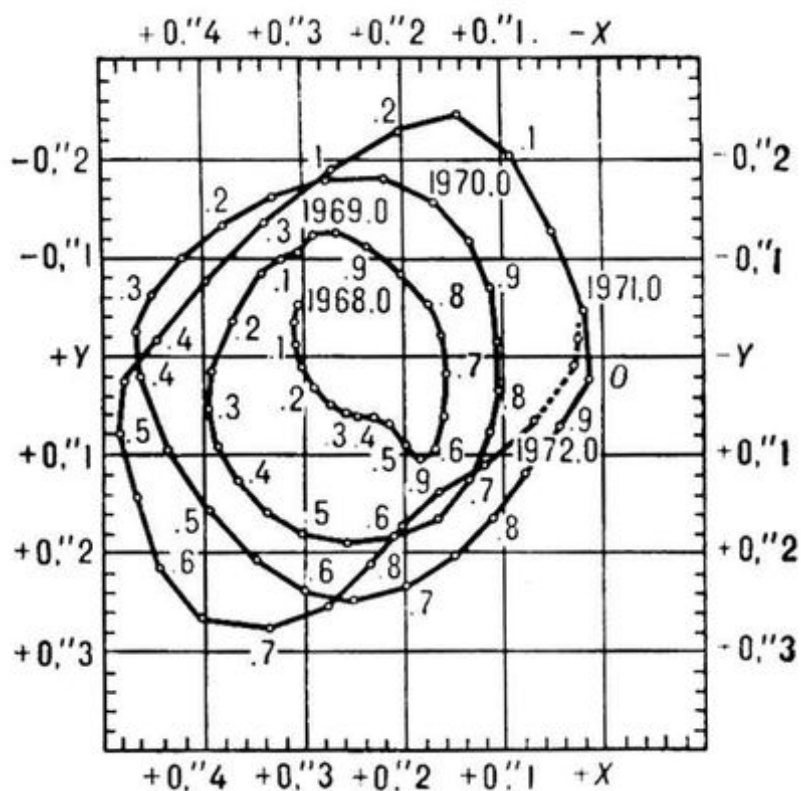


Рис. 3. Движение Северного полюса Земли с 1968 по 1972 гг. Положения полюса отмечены через десятую часть года. Координатная сетка проведена через 0,1" (315 см)

Периодическая составляющая движения полюса складывается из нескольких колебаний с периодами представленными в таблице. Амплитуда движения полюса значительно меняется, приближаясь в максимуме к 0,3" (например, в 1910, 1955, 1965 гг.) и уменьшаясь почти до нуля в минимуме (в 1927, 1935, 1961, 1968 гг.).

Выявленные периоды циклов положения оси вращения Земли

п/п	Периодичности, выявленные в вариациях широт (движения полюса)	Автор
1.	365 суток (год)	Chandler C., 1892
2.	410–440 суток	Chandler C., 1892
3.	~14 суток	Nothnagel, 1992; Avsjuk, 1996
4.	6–7 лет	Chandler C., 1892;

Учет движения полюсов осуществляется только в геодезической технологии определения координат в системе GPS. При этом координаты даются в специальных системах пространственных координат. Исходной конструкцией этих координат являются пространственные оси барицентрических координатных систем с началом в барицентре Солнечной системы. В этой системе оси задаются их направлениями по отношению к компактным внегалактическим источникам – квазарам. По международному соглашению используется международная небесная опорная система координат (ICRF), в основу которой положен список прямых восхождений и склонений около 600 квазаров с неопределенностями в координатах от $2 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ угловых секунд. В качестве опорной даты принято 1 января 2000 г.. Направление оси вращения Земли и направление равноденствия на эту дату выбраны как направления осей системы координат, с которой связано барицентрическое координатное время (TCB). Пространственные оси невращающейся геоцентрической системы координат располагаются в центре масс Земли (включая ее газовую оболочку). Они имеют такие же направления по отношению к квазарам, как в барицентрической системе. Координатное время близко в этой системе к собственному времени часов, движущихся в ней со скоростью малой по сравнению со скоростью света. Это геоцентрическое координатное время (TCG). Физическая реализация вращающейся геоцентрической системы носит название международной земной опорной системы координат (ITRF2000) и сопровождается списком координат и скоростей примерно 500 пунктов, распределенных по всей земной поверхности, на фиксированную опорную дату. Обе международные системы координат (ICRF и ITRF2000) установлены Международной службой вращения Земли IERS и постоянно уточняются. Система координат ITRF2000 служит первичным геодезическим стандартом, к которому постепенно приводятся все геодезические системы. Именно для системы координат ITRF2000 служит первичным геодезическим стандартом, к которому

приводятся все геодезические системы. Именно для системы ITRF2000 с помощью GPS определяются наиболее точные геодезические координаты, среднеквадратическая погрешность которых составляет 1 м. Существует математические формулы пересчета координат из системы ITRF2000 в WGS84 и отечественную ПЗ-90. Однако при пересчете погрешность возрастает. В системе WGS84 минимальная среднеквадратическая погрешность составляет 2–3 м, а в ПЗ-90 – несколько больше.

Вся координатная информация в базе геопространственных данных хранится в одной, определенной при проектировании системе координат (WGS84 или ПЗ-90). Таким образом, можно констатировать, что определенные широты и долготы объектов, хранимых в базе данных, никогда не соответствуют текущему положению полюса. Порядок отклонения – одна угловая секунда.

При пополнении базы данных высокоточной координатной информацией необходимо учитывать технологию, использованную при измерении координат геопространственных объектов. Если это технология GPS, то коррекцию координат проводить не надо. Однако при использовании любых других технологий, при которых отсутствует учет положения полюса на момент измерения необходимо вводить поправки на разность между положением полюса в момент измерения координат и положением полюса, принятого в координатной системе хранения в геопространственной базе данных.

Поэтому в технологии функционирования автоматизированной базы геопространственных данных необходимо предусмотреть технологический блок осуществляющий сбор и хранение положений полюсов Земли в различные моменты времени, и блок обеспечивающий ввод поправок. Информацию о положениях полюса можно получать от Международную службу движения полюсов Земли.

Учет старения широт и долгот при создании и функционировании автоматизированных геопространственных баз данных позволит повысить эффективность обеспечения задач ВМФ, в которых требуется повышенная точность координат в условиях отсутствия поддержки спутниковых систем типа GPS.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов К. А. Изменяемость широт и долгот. — М., Наука, 1962. — 400 с.
2. IERS Annual Report 2000. International Earth Rotation Service (IERS), Frankfurt an Main, 2001. — 152 p.

ALLOWANCE FOR THE CHANGES OF LATITUDES AND LONGITUDES DUE TO THE VARIATION OF EARTH'S POLES POSITION

Y. N. Zhukov
(GNINGI, RF MoD)

The problem of allowing for the variation of the Earth's poles position when providing the support for the Navy, using the automated bases of geospatial information is considered.

ГРНТИ 37.25.23

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ПРИЛИВНЫХ ВОЛН МАЛОЙ ДЛИНЫ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

**С. М. ГОРДЕЕВА¹,
С. И. МАСТРЮКОВ²,
А. С. САФРАЙ¹**

¹Санкт-Петербургский филиал Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
²Государственный навигационно-гидрографический институт МО РФ)

В статье для априорной оценки потенциальной опасности образования внутренних волн рассмотрен метод выделения зон генерации внутренних приливных волн малой длины, основанный на использовании гидрофизических и морфологических характеристик бассейна. Использование метода проиллюстрировано на примере Баренцева моря.

Исследование волновых процессов в море является одним из старейших направлений океанологии, вместе с тем внутренние волны изучены плохо. Океан, в общем имея устойчивую плотностную стратификацию (более плотные слои воды расположены ниже менее плотных слоев), представляет собой по существу колебательную систему. Любая частица устойчиво стратифицированной жидкости, выведенная из состояния равновесия под действием каких-либо внешних сил, начинает совершать колебательные движения около положения равновесия. Такие колебания в толще устойчиво стратифицированной жидкости называют внутренними волнами. Причины, вызывающие внутренние волны, очень разнообразны: приливы, воздействие атмосферы, обтекание потоком неровностей дна, нелинейное взаимодействие поверхностных волн и т. п. Внутренние волны существуют в широком диапазоне частот. Наиболее распространены внутренние волны приливного и инерционного характера.

Внутренние волны проявляются в виде квазипериодических колебаний температуры и солености воды, регистрируемых датчиками на одном или нескольких горизонтах. Это обстоятельство следует учитывать при организации гидрологических наблюдений.

Внутренние волны приводят к колебательным движениям частиц воды в продольной и поперечной плоскостях с максимумом горизонтальных скоростей движений на поверхности и у дна, поэтому влияние внутренних волн должно учитываться при строительстве гидротехнических сооружений и прокладке подводных трубопроводов.

Существование внутренних волн в юго-западной части Баренцева моря, видимо, впервые было зафиксировано Н. Н. Зубовым в 1928 г. [1]. С тех пор степень изученности внутренних волн в арктических морях, основанная на данных специальных натуральных наблюдений, безусловно, выросла, но в целом остается низкой, количество целенаправленных измерений внутренних волн, особенно малой длины, весьма невелико. Известно, что в Баренцевом море, наряду с приливными внутренними волнами, отмечались цуги короткопериодных внутренних волн длительностью 15–60 минут, амплитуда которых достигала 20 м [2].

В настоящей работе на основе сравнения результатов моделирования с численной трехмерной негидростатической моделью внутренних волн [3] с гидрофизическими и морфологическими характеристиками Баренцева моря сделана попытка определить в Баренцевом море районы, где под воздействием приливов возможно образование внутренних волн малой (100–800 м) длины. Пакеты таких волн отмечаются, как на снимках из космоса [4], так и в спектрах наблюдений *in situ* [2]. Обычно они следуют в направлении перемещения бароклинных приливных внутренних волн (ПВВ) с несколько меньшей групповой скоростью и исчезают на значительных расстояниях от источников их генерации. В случаях, когда приливной эллипс близок к окружности, порождаются волны, распространяющиеся в направлении, перпендикулярном основному.

Разумеется, с помощью численного моделирования можно было бы получить полную информацию об интересующих нас процессах/объектах на всей акватории того или иного бассейна. Однако моделирование ПВВ даже при наличии весьма изоцирковой модели сопряжено с большими трудностями, прежде всего, технического характера, которые, однако, перерастают, вследствие их сложности, в качественные. Для воспроизведения широкого спектра волновых движений, порождаемых баротропным приливом на значительных акваториях, необходимо построение негидростатических мезомасштабных моделей с подробным временным и пространственным разрешением. Эксплуатация таких моделей требует очень больших затрат машинного времени даже на современных компьютерах. По этой причине первые численные эксперименты по воспроизведению приливных внутренних волн проводились на двумерных моделях. Пожалуй, первой среди них была модель Власенко [5], используемая им и другими специалистами до сих пор. В применении к нашему району исследования первые результаты были получены в работах Е. Г. Морозова и др. [6, 2]. Для воспроизведения трехмерной картины авторами был получен ряд численных решений для

вертикальных сечений моря с идеализированной топографией дна. Далее эти решения интерполировались по всему району исследования. Несомненно, эта работа дала много новой информации о приливных внутренних волнах, но, как и всякое приближение, использованный подход несет в себе и ряд недостатков, сказывающихся на качестве полученных результатов. Основной из них состоит в том, что не соблюдается принцип робастности, т. е. строгости описания различных гидрофизических процессов. Волновые процессы в одном направлении описываются сложнейшей системой нелинейных негидростатических уравнений, включающей в себя параметризацию подсеточных эффектов, а в другом – определяются свойствами выбранной интерполяционной схемы, причём возможность построения оптимальной интерполяционной схемы весьма сомнительна, учитывая слабую изученность района. При этом поперечные внутренние волны, наблюдаемые во многих измерениях, выпадают из рассмотрения.

Эти недостатки были в значительной степени преодолены в численном моделировании с трехмерной негидростатической моделью сотрудниками СПФ ИО РАН [3]. В силу технических ограничений численное моделирование выполнялось для малых (100x200 км) районов Баренцева моря с недостаточным (100–1000 м по горизонтали и 10–50 м по вертикали) разрешением и не могло дать полной трехмерной картины поля внутренних волн на всём море.

В результате численных экспериментов был воспроизведён достаточно широкий спектр внутренних волн, в том числе и захваченных (поперечных основной оси приливного эллипса). Анализ трёхмерной термохалинной структуры и топографии дна моря в сопоставлении с численными решениями показал, что последние не привносят нового качества, но подсказывают набор и комбинацию натуральных параметров для определения зон существования интенсивной внутриволновой динамики. Для рассматриваемого района близость к критической широте, при которой невозможна (без учёта придонного трения и знака завихренности среднего течения) генерация свободных внутренних волн, порождаемых баротропным приливом M_2 , даёт дополнительные основания для выбранной стратегии, поскольку в таких районах ареал распространения свободных внутренних волн от источника их генерации мал. Севернее критической широты образуются лишь вынужденные волны, также затухающие на небольших расстояниях от источников.

Ещё одной особенностью Баренцева моря является существование зон, где вода летом перемешивается до значительных глубин. Они расположены прежде всего в районах проникновения вод Североатлантического течения. Здесь, ниже зоны конвективного перемешивания (100–150 м), генерируются ПВВ, распространяющиеся под большим углом наклона ко дну и затухающие по мере приближения к конвективной подобласти, а ещё ниже, во впадинах дна, образуются системы стоячих волн.

Что касается ПВВ малой длины, то еще одним критерием их генерации является близость приливного эллипса к окружности, что благоприятствует также образованию и расширению спектра поперечных/захваченных волн. Кроме того, благоприятные условия для возникновения и распространения короткопериодных ВВ возникают, если основной прилив действует вдоль склонов рельефа, т. е. если направление градиента дна (уклона) совпадает с малой осью приливного эллипса. Подобное справедливо и для топографии нижней границы пикноклина.

В целом анализ результатов численного моделирования в ограниченной области Баренцева моря [3] позволил определить набор показателей внешних условий, способствующих генерации пакетов внутренних волн малой длины, порождаемых приливными внутренними волнами. В состав этих показателей включены:

- уклон дна (U_d);
- высота пикноклина над дном ($Z_{пк}$);
- относительная глубина залегания пикноклина ($h_{пк}$) – глубина залегания пикноклина ($H_{пк}$), нормированная на глубину места;
- вертикальный градиент плотности в пикноклине ($\Gamma_{пк}$);
- косинус угла между уклоном дна и малой осью приливного эллипса (U_d);
- уклон пикноклина ($U_{пк}$);
- косинус угла между уклоном пикноклина и малой осью приливного эллипса ($U_{пк}$).

Выявлено, что уменьшение высоты пикноклина над дном и увеличение всех остальных показателей в той или иной мере способствует генерации пакетов коротких внутренних волн. Это обстоятельство позволило сконструировать шесть индексов – интегральных показателей внешних условий, способствующих генерации максимальных по амплитуде ПВВ, а также порождаемых ими пакетов коротких внутренних волн. Предлагаемые для их расчета формулы приведены ниже.

$$\begin{aligned} \text{Indx1} &= h_{пк} * \Gamma_{пк} * U_d, & \text{Indx2} &= H_{пк} / Z_{пк} * \Gamma_{пк} * U_d, \\ \text{Indx3} &= \text{Indx1} * \cos(U_d), & \text{Indx4} &= \text{Indx1} * \cos(U_{пк}), \\ \text{Indx5} &= \text{Indx2} * \cos(U_d), & \text{Indx6} &= \text{Indx2} * \cos(U_{пк}). \end{aligned}$$

Благодаря формализованному описанию зависимости характеристик внутренних волн от «внешних» факторов появилась возможность предложить метод выделения районов образования внутренних волн малой длины без трудоемкого выполнения численного моделирования с трехмерными гидродинамическими моделями.

Суть метода заключается в расчете приведенных выше индексов, условно названных индексами потенциальной опасности образования

коротких внутренних волн и характеризующих «внешние» условия генерации этих волн. Для расчета индексов могут быть использованы характеристики как реальных полей плотности воды, так и климатических полей.

В настоящей работе в качестве основных гидрологических данных использованы климатические сведения о среднемесячных полях плотности, полученные путем обработки данных о вертикальном распределении температуры и солености, содержащиеся в электронном атласе Национального центра океанографических данных США [7]. Всего в базу гидрологических данных было включено более 100 тысяч станций, на основании которых рассчитана средняя глубина залегания пикноклина ($H_{пк}$) и вертикальный градиент плотности в пикноклине ($\Gamma_{пк}$). Расчет выполнен с осреднением за месяц по трапециям размером 1° по широте на 2° по долготе.

Глубины задавались по данным 5-минутного архива ETOPO5 [8, 9].

В качестве характеристик прилива при расчете использованы результаты численного моделирования баротропной волны M_2 [10].

Результаты расчета каждого из индексов сравнивались между собой. В результате сравнения выявлено, что качественно пространственное распределение всех шести индексов хорошо согласуется между собой. Расчет с применением индексов 1 и 2 дал практически идентичные результаты. Дополнительный учет ориентации оси приливного эллипса по отношению к уклону дна и к уклону пикноклина (индексы 3–6) незначительно расширил зоны генерации коротких внутренних волн у побережья Мурмана и Новой Земли.

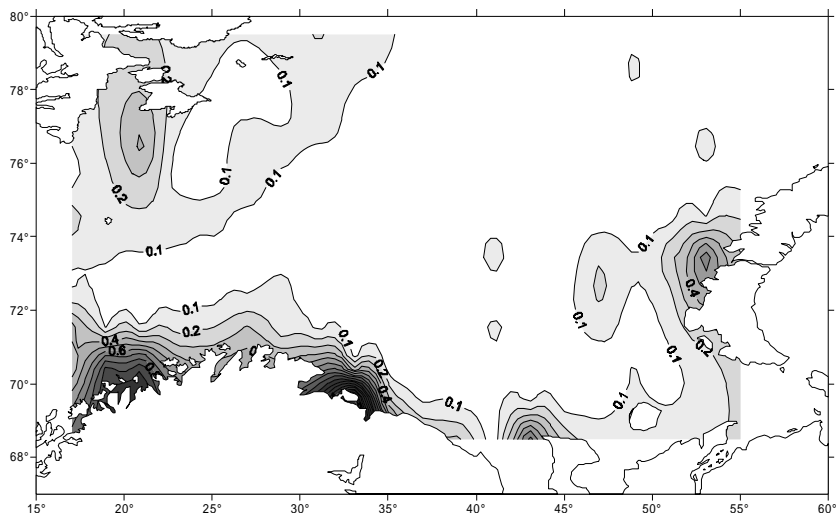
На основании сравнения распределения предложенных индексов сделан вывод о том, что для оценки расположения зон, где наиболее вероятна генерация пакетов коротких внутренних волн, порождаемых приливами, достаточно иметь сведения о пространственном распределении глубин и характеристик вертикального распределения плотности, по которым рассчитываются уклоны дна, относительная глубина залегания пикноклина и вертикальный градиент в пикноклине. Произведение этих величин и представляет собой индекс потенциальной опасности генерации коротких внутренних волн ($Indx1$).

В качестве примера на рисунке представлена картосхема пространственного распределения индекса 1 для зимы.

На рисунке видно, что зоны с максимальной вероятностью генерации коротких внутренних волн расположены в районах, прилегающих к северной оконечности Скандинавии, Кольского полуострова, у полуострова Канин, у западного побережья Новой Земли, в районе Гусиной банки и у берегов Шпицбергена.

Предложенный метод, безусловно, носит качественный характер и пригоден только для определения ареалов районов, где вероятность генерации коротких внутренних волн выше, чем в других. Определить количественно вероятность генерации внутренних волн с применением этого метода без выполнения специальных трудоемких натурных изысканий невозможно. В то

же время именно такой подход, по нашему мнению, в настоящее время является единственно пригодным для практического применения, в виду отмеченных выше технических проблем с измерениями и моделированием коротких внутренних волн.



Пространственное распределение первого индекса потенциальной опасности образования внутренних волн

Таким образом, рассмотренный метод позволяет без применения численного моделирования выделять районы генерации внутренних волн малой длины. Предложено шесть вариантов расчета индекса потенциальной опасности генерации внутренних волн малой длины, в том числе, и неприливного происхождения. Отмечается близость качественного распределения индексов потенциальной опасности.

В дальнейшем, по мере накопления результатов трехмерного численного моделирования и результатов натурных исследований внутренних волн предполагается получить менее формальные и более физически обоснованные критерии выделения районов с повышенной вероятностью генерации коротких внутренних волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубов Н. Н. Гидрологические работы Морского научного института в юго-западной части Баренцева моря летом 1928 г. на э/с «Персей» / Тр. ГОИН. – 1932. – Т. 2. Вып. 4. – С. 3–80.
2. Поверхностные и внутренние волны в арктических морях. Под ред. И. В. Лавренова и Е. Г. Морозова. – СПб.: Гидрометеоздат, 2002. – 364 с.
3. Сафрай А. С., Ткаченко И. В., Гордеева С. М., Белевич М. Ю. Моделирование сезонной изменчивости внутренних приливов в Баренцевом море // Навигация и гидрография. – 2006. – №22. – С. 118–124.
4. Vlasenko V. I, Hutter K. Generation of second mode solitary waves by the interaction of a first mode soliton with a sill. // Nonlinear Processes in Geophysics. – 2001. – Vol. 8. – P. 223–239.
5. Власенко В. И. Нелинейная модель генерации бароклинных приливов над протяжёнными неоднородностями ельфа дна // Морской гидрофизический журнал. – 1991. – №6. – С. 300–308.

6. Морозов Е. Г., Писарев С. В. Внутренний прилив в арктических широтах (численные эксперименты) // Океанология. – 2002. – Т. 42. – №2. – С. 165–173.
7. Levitus S. World Ocean Atlas 1994 CD-ROM data set. National oceanographic Data Center. Inf. Rep. – №13. – Washington, 1994.
8. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/ibcaoversion1.html>
9. <http://web.ngdc.noaa.gov/mgg/global/seltopo.html>
10. <http://www.coas.oregonstate.edu/research/p0/research/tide/region.html>

IDENTIFICATION OF THE OCCURRENCE ZONE OF THE SHORT INTERNAL TIDAL WAVES IN THE BARENTS SEA

S. M. Gordeeya¹,
S. I. Mastryukov²,
A. S. Safray¹

(¹ St. Petersburg Branch of Shirshov Institute of Oceanology, RAS,

² GNINGI, RF MoD)

To evaluate a priori the potential hazard of forming the internal waves, the method of identifying the generation zones of the short internal tidal waves, based on the employment of the hydrophysical and morphological characteristics of the basin, is considered. The employment of the method is illustrated using the Barents Sea as an example.

ГРНТИ 30.51.21

О СУЩНОСТИ МЕТОДОВ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ ОПОРНЫМИ ТОЧКАМИ

В. А. ФИЛИН

(НИЦ РЭВ ВМФ – филиал ФГУ «24 НИИ МО РФ»)

Целью статьи является изложение сущности методов кусочно-линейной аппроксимации функций опорными точками. Эти методы разрабатывались применительно к вертикальным профилям скорости звука $c(z)$ в интересах расчета характеристик звукового поля в морской воде в рамках ее плоскостной модели, широко используемой при решении прикладных задач.

Необходимость разработки методов кусочно-линейной аппроксимации функций опорными точками, в частности вертикальных профилей скорости звука $c(z)$ применительно к гидроакустике, обусловлена созданием в середине XX века как советскими, так и зарубежными учеными методов расчета звукового поля в морской воде на основе лучевой теории звука. Эта теория построена на геометрической оптике, основоположником которой согласно работе [1] является древнегреческий ученый Евклид, автор известного труда «Начала». Методы расчета звукового поля, представленные в многочисленных работах советских и зарубежных авторов [2–6], в дальнейшем Л. М. Бреховских, были названы практическими методами расчета звукового поля в морской среде в рамках ее плоскостной модели [7]. Они широко применяются на практике и в настоящее время. В их основе

лежат простейшие формулы для расчета траекторий звуковых лучей, являющихся дугами окружностей для случая линейной зависимости скорости звука от глубины, и аппроксимация профиля скорости звука $c(z)$ (функциональной зависимости скорости звука от глубины), измеренного в данном месте и в данный момент времени, кусочно-линейной функцией. Единого метода кусочно-линейной аппроксимации функциональной зависимости скорости звука от глубины, определяющего условия рефракции (исходные данные) для расчета звукового поля практическими методами, не существовало. Каждый исследователь решал эту задачу самостоятельно, т. е. субъективно, что приводило к разным результатам аппроксимации исходного профиля $c(z)$. Поэтому возникла необходимость разработки объективного, строго математического метода кусочно-линейной аппроксимации произвольного профиля (функции) $c(z)$ для расчета звукового поля в морской среде практическими методами. Известный метод ломаных Леонарда Эйлера, разработанный им в 1768 г. и основанный на равномерном разбиении области задания функций, был неэффективен для этих целей.

Известно, что любая функция $y = f(x)$ может быть задана тремя способами: аналитическим, графическим или табличным. Наилучшим заданием функции является аналитический способ, так как он позволяет определять по известным правилам дифференцирования ее производные, которые могут потребоваться при решении конкретной задачи. Кроме того, функция, заданная аналитически, всегда может быть представлена в графическом, либо табличном виде. Предложенные методы кусочно-линейной аппроксимации произвольной функции опорными точками охватывают все три способа ее задания. Первым был разработан метод кусочно-линейной аппроксимации функции $c(z)$ опорными точками, заданной в аналитическом виде, опубликованный позже в соавторстве в работе [8]. Он основан на понятиях функции, ее первой и второй производных и расстоянии ρ между двумя функциями

$$\rho = \max |f_1(x) - f_2(x)| \quad (1)$$

на интервале их задания $[a, b]$. По своей сущности этот метод есть ни что иное как хорошо известный метод исследования функций в математическом анализе, теперь уже изучаемый в средней школе, дополненный точками, определяемыми в промежутках задания функции $c(z)$ между двумя соседними точками из множества найденных точек. В это множество входят начальная точка функции $c(z)$, экстремальные точки, определяемые из решения уравнения $c'(z) = 0$, точки перегиба, определяемые из решения уравнения $c''(z) = 0$, и конечная точка функции $c(z)$. Эти точки, названные опорными точками (ОТ), определяют первое кусочно-линейное приближение $c_{al}(z)$ к заданной функции $c(z)$. Если это приближение не воспроизводит с заданной точностью Δc (точностью аппроксимации) аппроксимируемую функцию $c(z)$,

то определяются дополнительные опорные точки на $c(z)$ между двумя соседними опорными точками в местах, где разность между заданной функцией $c(z)$ и аппроксимирующей $c_{a1}(z)$ функцией достигает максимума. После определения координат дополнительных опорных точек (ДОТ) на $c(z)$ строится второе приближение кусочно-линейной аппроксимации $c_{a2}(z)$ к заданной функции $c(z)$. Процесс приближения прекращается при выполнении условия

$$\max |c(z) - c_{ai}(z)| \leq \Delta c \quad (2)$$

на всем интервале $[0, H]$ задания функции $c(z)$, где a_i – порядковый номер приближения кусочно-линейной аппроксимации; Δc – заданная точность аппроксимации.

Применительно к графическому и табличному способам задания функций на основе вышеизложенного метода был разработан упрощенный метод их кусочно-линейной аппроксимации, опубликованный в работе [9]. Упрощение состояло в построении первого приближения в виде прямой линии, проведенной через начальную и конечную точки исходного профиля $c(z)$, названные опорными точками. Последующие кусочно-линейные приближения a_2, a_3, \dots в этих методах строятся аналогичным образом, как и в методе кусочно-линейной аппроксимации аналитически заданного профиля $c(z)$, имеющего первую и вторую производные. Для их построения определяются дополнительные опорные точки в слоях между найденными опорными точками предыдущего приближения. Процесс приближения прекращается при выполнении соотношения (2). Для выяснения сущности предложенных упрощенных методов кусочно-линейной аппроксимации функций, заданных в графическом либо в табличном виде, обратимся к известному частному методу кусочно-линейной аппроксимации функции, предложенному древними греками – методу кусочно-линейной аппроксимации окружности правильными вписанными и описанными многоугольниками, изучаемому в школе. Этот метод привел к важнейшим результатам. Были определены: длина окружности $L=2\pi R$, площадь круга $S= \pi R^2$ и первое иррациональное число (отношение длины окружности к ее диаметру), позже обозначенное Эйлером буквой греческого алфавита π . Эти результаты вместе с теоремой Пифагора и первым абстрактным понятием числа и лежат в основе современной математики. Архимед, вписав в окружность и описав ее правильными 96-ти сторонними многоугольниками, с достаточно высокой степенью точности определил иррациональное число π

$$3\frac{10}{71} < \pi < 3\frac{1}{7} \quad (3)$$

и тем самым положил начало приближенным вычислениям в математике. Кроме того, метод древних греков содержит в себе и другие идеи, обобщение которых привело к развитию новых разделов математики. Леонард Эйлер предложил метод ломаных и положил начало новому разделу математики, связанному с разработкой и применением различных методов приближенного вычисления интегралов и приближенного решения дифференциальных уравнений [10]. По своей сути метод ломаных Эйлера есть обобщение на произвольную функцию идеи разбиения области задания функции (диаметра окружности) на элементарные интервалы, содержащуюся в методе древних греков. Известный математик П. Л. Чебышев ввел расстояние между двумя произвольными функциями (1) и положил начало новому разделу математики – теории наилучшего приближения функции [11]. Идея измерения расстояния ρ между двумя простейшими функциями (дугой окружности и её хордой) также содержится в методе древних греков.

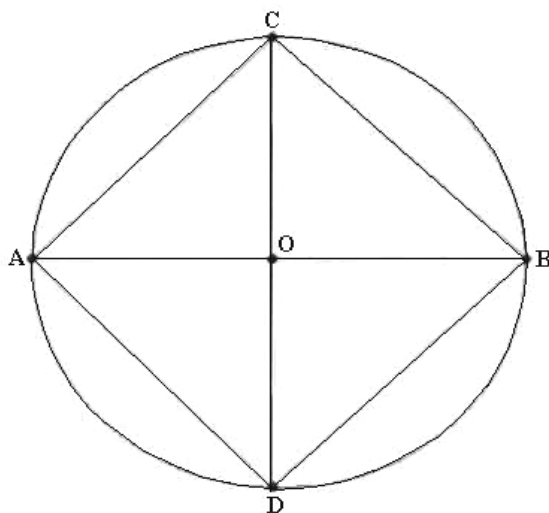
Теорема: Если метод кусочно-линейной аппроксимации функций опорными точками (КЛАФОТ) применим для произвольной функции $y = f(x)$, то он применим и для кусочно-линейной аппроксимации окружности, являющейся частным случаем функциональной зависимости.

Дано: Метод КЛАФОТ и окружность (O, r) .

Доказать: Окружность (O, r) может быть аппроксимирована правильными вписанными и описанными многоугольниками, построенными по методу КЛАФОТ.

Доказательство:

Возьмем произвольную точку A на окружности (O, r) (см. рисунок). Проведем прямую через точку A и центр окружности O . Прямая (AO) пересечет окружность в точке B . Отрезок $[AB]$ является диаметром окружности (O, r) и точка B является наиболее удаленной (конечной) от



Кусочно-линейная аппроксимация окружности

точки A (начальной точки). Точки C и D – наиболее удаленные точки на окружности от диаметра AB . Соединив хордами последовательно точки A, C, B, D, A , получим вписанный квадрат – второе приближение к окружности после диаметра согласно методу КЛАФОТ. Удваивая его число сторон, получим вписанный восьмиугольник и т. д. Таким образом, получен новый метод вписывания и описания правильных многоугольников, основанный в отличие от методов древних греков не на производной геометрической фигуре (правильный шестиугольник у Архимеда), а на основных понятиях (не имеющих определений) современной элементарной геометрии, разработанной учеными на рубеже XIX–XX столетий [12].

Предложенные методы кусочно-линейной аппроксимации функций, заданных графическим либо табличным способами, по своей сущности есть ни что иное как обобщение метода древних греков на произвольную функцию. История развития математики свидетельствует о том, что многие новые её направления возникли на пути обобщения ранее известных идей, понятий или методов [13, 14]. Исходя из результатов исследований, выполненных автором [15], представляется, что полученное обобщение, суть которого изложена в данной статье, также позволяет существенно дополнить и развить возможности использования математических методов для решения ряда практических задач, где их применение пока ограничено. Сущность нового раздела математики, порожденного обобщением метода древних греков и вопросов с ним связанных, автор намерен изложить в следующей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Храмов Ю. А. Физики. Биографический справочник. – М.: Наука, 1974. – 400 с.
2. Тюлин В. Н. Основные явления, связанные с распространением акустических волн в морской среде. – Л.: 1956. – 237 с.
3. Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах. – М.: Наука, 1985. – 343 с.
4. Шашкевич А. М. Акустика моря. – Л.: Судостроение, 1966. – 354 с.
5. Распространение звука в океане. Сб. статей. Пер. с англ. – М.: ИЛ, 1951. – 216 с.
6. Физические основы подводной акустики. Пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1955. – 740 с.
7. Акустика океана. Под. ред. Л. М. Бреховских. – М.: Наука, 1974. – 693 с.
8. Дегтярев Г. М., Филин В. А. К методике построения осредненных кривых вертикального распределения океанологических величин. // Океанология, 1971. Т. XI. – С. 138–145.
9. Филин В. А., Голованова Л. А., Данилова Л. В. Методика районирования гидрофизических полей методом «опорные точки» и ее реализация на ЕС ЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД-1984. – Вып. 103. – С. 80–97.
10. Большая Советская энциклопедия. Т. 34. – М.: БСЭ, 1955. – С. 467.
11. Большая Советская энциклопедия. Т. 47. – М.: БСЭ, 1957. – С. 82.
12. Колмогоров А. Н., Семенович А. Ф., Черкасов Р. С. Математика. Учебное пособие для 6–8 классов средней школы. Под ред. А. Н. Колмогорова. – М.: Просвещение, 1980. – 382с.
13. Реньи А. Диалоги о математике. – М, Мир, 1969. – 96 с.
14. Кац М., Улам С. Математика и логика. Ретроспектива и перспективы. М.: Мир, 1971. – 256 с.
15. Филин В. А. Методы статистического описания рефракционных характеристик звукового поля в районах Мирового океана. – Диссертация на соискание уч. степени докт. техн. н. – НИЦ РЭВ в/ч 30895, 2003 .

ON THE ESSENCE OF METHODS FOR PIECEWISE-LINEAR APPROXIMATION OF FUNCTIONS BY SUPPORTING POINTS

V. A. Filin

(The Navy Research Centre of Radioelectronic Armament – Branch of Federal State Enterprise «24 Research Institute, RF MoD»)

The essence of methods for the piecewise-linear approximation of functions by supporting points is set forth. These methods were developed as applied to the vertical profiles of sound velocity $c(z)$ in order to calculate the sound fields characteristics in sea water in the framework of its flat-layered model that is widely used to solve the applied problems.

ГРНТИ 78.25.25.31.39.29

ОБ ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТИ НЕРАЗРЫВНОСТИ ТРАЛЬНЫХ ПОЛОС

**Б. Е. ИВАНОВ,
Д. А. ФРОЛОВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

Предложены зависимости для оценки вероятности неразрывности тральных полос в заданном районе с учетом погрешностей определения места тральщиков и положения кромок полос.

В работах [1–3] приводятся зависимости для оценки вероятности неразрывности только двух смежных тральных полос. Как правило, заданный район покрывается несколькими тральными полосами. Для этого случая в работе [4] получено выражение для оценки такой вероятности при нескольких тральных полосах и с учетом погрешности определения места тральщика. Когда траление выполняется группой тральщиков, то координирование может выполняться не только на головном, но и на концевом тральщике. Тогда на величину указанной вероятности будут влиять погрешности определения мест головного и концевого тральщиков, а также относительные погрешности положения кромок тральных полос. В связи с изложенным целесообразно оценить вероятность неразрывности тральных полос с учетом указанных погрешностей. Такая задача решается ниже.

Пусть группа тральщиков в строю уступа (или в строю фронта) должна покрыть заданный район n тральными полосами. Погрешности u_{oi} и v_{oi} определения места головного A и концевого B тральщиков в направлении, перпендикулярном галсу, характеризуются средними квадратическими погрешностями (СКП) m_{uoi} и m_{voi} соответственно и коэффициентом корреляции r_{uvi} ($i = 1, 2, 3, \dots, n$). Погрешности r_i и s_i положения кромок C_i и K_i тральной полосы относительно мест головного и концевого тральщиков характеризуются СКП m_{ri} и m_{si} соответственно. Распределение всех погрешностей принимается нормальным.

Наличие четырех погрешностей и коэффициента корреляции на каждом галсе не позволяет вывести интегральную формулу для оценки вероятности неразрывности тральных полос в отличие от работы [4], в которой использовалась только одна погрешность и получена интегральная формула. В связи с этим названную вероятность оценим методом статистического моделирования. Для этого прежде всего определим алгоритм генерации нормально распределенных погрешностей. Все алгоритмы основываются на преобразовании равномерно распределенных чисел от 0 до 1. В работе [5] предложен алгоритм получения нормально распределенных погрешностей путем многократного суммирования равномерно распределенных чисел, что приводит к увеличению времени решения задачи. В работе [6] приведены два алгоритма непосредственного преобразования равномерно распределенного числа в нормально распределенную погрешность. В одном алгоритме используется косинус аргумента, а в другом – синус. Для сравнения трех указанных алгоритмов была составлена программа и вычислены математическое ожидание, СКП, асимметрия и эксцесс нормально распределенных погрешностей. Оказалось, что отклонение указанных статистических характеристик от эталонных примерно одинаково для всех алгоритмов. В связи с тем, что алгоритм из работы [5] требует больше машинного времени, нормально распределенные погрешности целесообразно генерировать по алгоритмам из работы [6].

Поскольку коэффициент корреляции напрямую невозможно моделировать, то погрешности u_{oi} и v_{oi} можно представить в виде суммы частных погрешностей u_i , v_i и w_i :

$$\left. \begin{aligned} u_{oi} &= u_i + w_i; \\ v_{oi} &= v_i + w_i. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В соответствии с работой [7] СКП m_{ui} , m_{vi} и m_{wi} частных погрешностей будут равны:

$$\left. \begin{aligned} m_{wi} &= \sqrt{r_{uvi} m_{uoi} m_{voi}}; \\ m_{ui} &= \sqrt{m_{uoi}^2 - m_{wi}^2}; \\ m_{vi} &= \sqrt{m_{voi}^2 - m_{wi}^2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Тогда вместо четырех погрешностей и коэффициента корреляции можно использовать пять погрешностей u_i , v_i , w_i , r_i и s_i , которые и будут моделироваться.

Далее определим условия появления пропуска при тралении и получим искомую вероятность.

Полагаем, что линия пути головного тральщика прокладывается на первом галсе относительно кромки заданного района с перекрышем D и на последующих галсах относительно кромок предыдущих галсов с перекрышами d_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n - 1$). То есть перекрыш d_i соответствует расстоянию между кромкой K_i , относящейся к тралу концевго тральщика на предыдущем i -ом галсе, и кромкой C_{i+1} , относящейся к тралу головного тральщика на последующем $(i + 1)$ -ом галсе (рис.1а). Тогда появление пропуска при тралении возникает в случае выполнения одного из следующих условий:

$$\left. \begin{aligned} u_1 + w_1 + r_1 &> D; \\ u_{i+1} + w_{i+1} + r_{i+1} - v_i - w_i - s_i &> d_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n - 1); \\ v_n + w_n + s_n &< -D. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

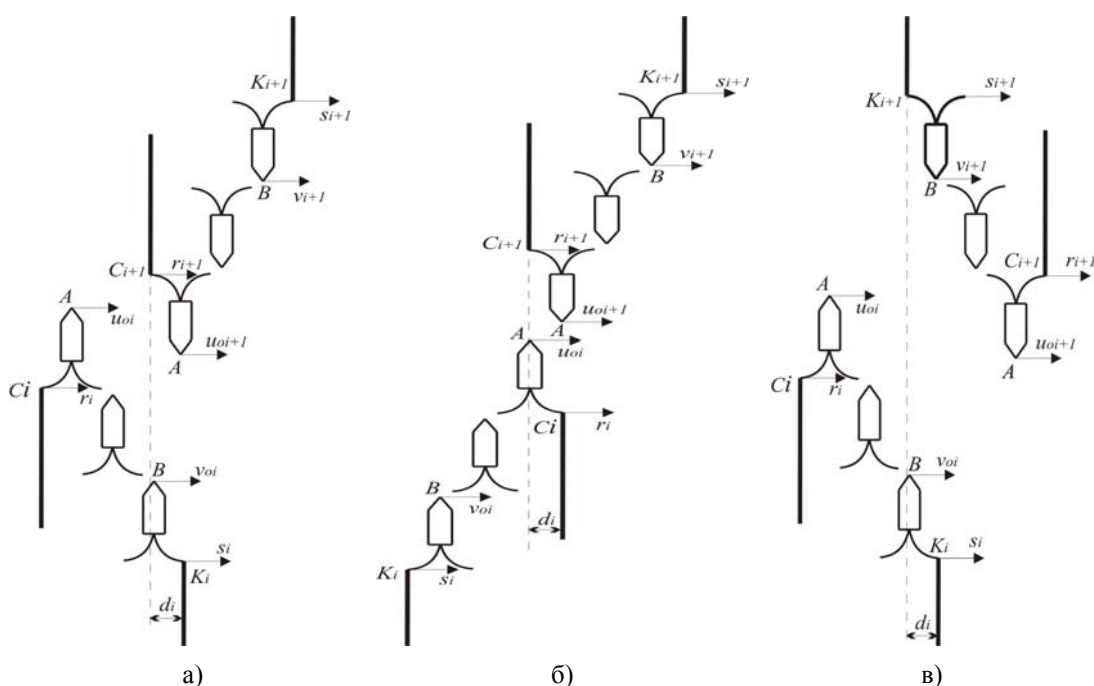


Рис. 1. Места головного A и концевго B тральщиков, положение кромок C_i, K_i и C_{i+1}, K_{i+1} тральных полос и их погрешностей u_{oi}, v_{oi}, r_i, s_i и $u_{oi+1}, v_{oi+1}, r_{i+1}, s_{i+1}$ на i -ом и $(i+1)$ -ом галсах

В работе [8] рассмотрена схема маневрирования тральщиков, когда перекрыш d_i соответствует расстоянию между кромками C_i и C_{i+1} , относящихся к тралу головного тральщика на i -ом и $(i + 1)$ -ом галсах (рис. 1б), или между кромками K_i и K_{i+1} , относящихся к тралу концевго тральщика на тех же галсах (рис. 1в). Тогда появление пропуска при тралении возникает в случае выполнения одного из следующих условий:

$$\left. \begin{aligned} u_1 + w_1 + r_1 &> D; \\ v_{i+1} + w_{i+1} + s_{i+1} - v_i - w_i - s_i &> d_i \quad \text{при нечетном } i, \\ u_{i+1} + w_{i+1} + r_{i+1} - u_i - w_i - r_i &> d_i \quad \text{при четном } i \ (i = 1, 2, 3, \dots, n-1); \\ v_n + w_n + s_n &< -D \quad \text{при нечетном } n, \\ u_n + w_n + r_n &< -D \quad \text{при четном } n. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Для решения поставленной задачи на персональном компьютере по алгоритмам из работы [6] генерировались N серий нормально распределенных погрешностей u_i, v_i, w_i, r_i и s_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) с соответствующими СКП. Предусматривалась возможность изменения числа погрешностей. Если какую-нибудь погрешность не следовало учитывать, то достаточно было приять ее СКП равной нулю. При неучете коэффициента корреляции принималась равной нулю СКП m_{wi} . В каждой серии по условию (3) или (4) определялось число N_n пропусков и вычислялась вероятность P неразрывности тральных полос по формуле:

$$P = 1 - \frac{N_n}{N}.$$

Выполнено сравнение значений вероятности P при использовании условий (3) и (4). Для этого вычислены значения P_1 вероятности для условия (3) и значение P_2 вероятности для условия (4) при $m_v / m_u = 2, m_w = 0, m_r = 0, m_s = 0, D = d$. Затем получена относительная разность:

$$\delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1}.$$

Изменение относительной разности δP в процентах показано на рис. 2 в зависимости от числа n тральных полос и перекрыша d , нормированного СКП m_u (сплошные линии относятся к основным значениям d / m_u , кратным 1, а штриховые – к промежуточным значениям d / m_u , кратным 0,5). Из рис. 2 видно, что при увеличении числа n тральных полос модуль δP увеличивается, при малом перекрыше δP принимает отрицательные значения (т.е. $P_1 < P_2$), а при большом δP имеет положительные значения.

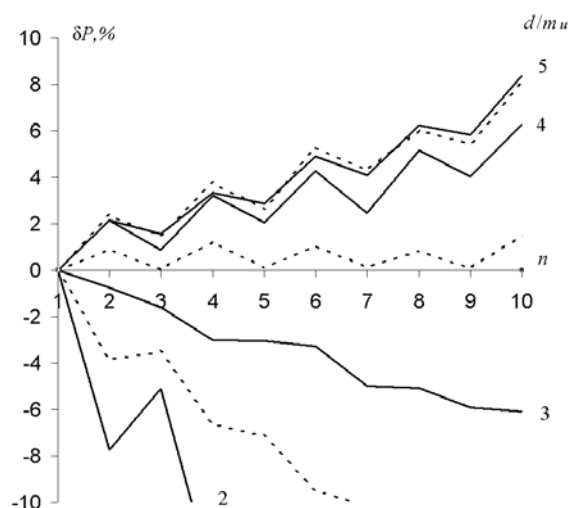


Рис. 2. Изменение относительной разности δP вероятностей при двух вариантах перестроения тральщиков в зависимости от числа n тральных полос и перекрыша d между ними, нормированного СКП m_u определения места тральщика

Поскольку при тралении принимается $d / m_u > 3$, то из рис. 2 следует, что целесообразно применять схему маневрирования тральщиков, соответствующих рис. 1а и условию (3).

Получим обобщенную зависимость вероятности P от числа n тральных полос и перекрыша d , нормированного СКП m положения тральной полосы. Для этого примем величину m постоянной и соответствующей квадратному корню от суммы квадратов СКП определения места и положения кромок тральных полос, а также $D = d$. Полученная зависимость приведена на рис. 3.

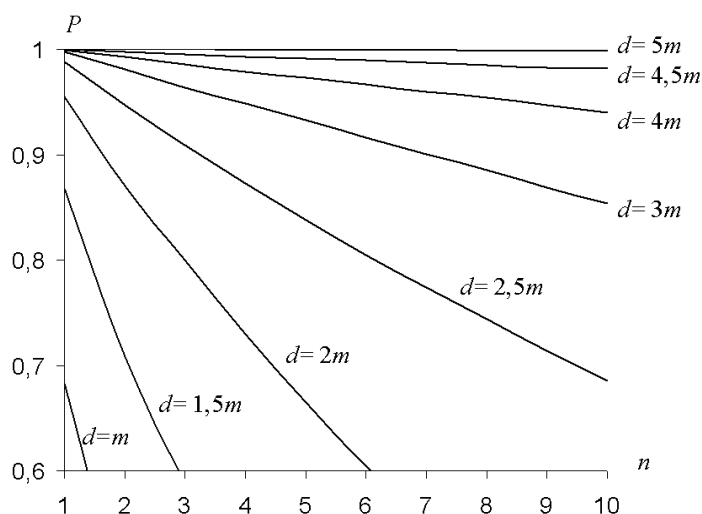


Рис. 3. Изменение вероятности P неразрывности тральных полос в зависимости от числа n тральных полос и перекрыша d между ними, нормированного СКП m определения места тральщика

Из этого рисунка видно, что при увеличении числа n тральных полос вероятность P быстро уменьшается, когда перекрыш незначительно превышает СКП положения тральной полосы, и медленно уменьшается, когда перекрыш значительно превышает эту СКП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Б. Е. Основы расчета перекрытия соседних полос обследования // Записки по гидрографии. – 1969. – № 1 (180). – С. 22–25.
2. Коломыйчук Н. Д. Гидрография. Учебник для курсантов ВМУЗ. – СПб.: ГУНиО МО СССР, 1975. – 470 с.
3. Правила гидрографической службы № 12. Навигационно-гидрографическое обеспечение противоминных действий (ПГС № 12). – СПб.: ГУНиО МО СССР, 1995. – 102 с.
4. Иванов Б. Е., Фролов Д. А. Оценка вероятности отсутствия пропусков при обследовании района // Навигация и гидрография. – 2007 – № 25. – С. 31–36.
5. Вадзинский Р. Н. Справочник по вероятностным распределениям. – СПб.: ВМА им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова, 1996. – 282 с.
6. Ермаков С. М., Михайлов Г. А. Статистическое моделирование. 2-е изд., доп. – М.: Наука, 1982. – 296 с.
7. Кондратихин В. Т. Теория ошибок и её применение к задачам судовождения. – М.: Транспорт, 1969. – 256 с.
8. Соколов В. В., Бархатов Г. М. К вопросу о расчете перекрыша при навигационно-гидрографическом обеспечении противоминных действий // Навигация и гидрография. – 1995. – № 1. – С. 72–74.

ON THE ESTIMATE OF PROBABILITY OF CONTINUITY FOR THE SWEEPING SWATHS

B. E. Ivanov,
D. A. Frolov
(GNINGI, RF MoD)

The relationships intended to estimate the probability of continuity for the sweeping swaths in a set area, taking into account the errors of fixing the position by the mine-sweepers and position of the swath edges are proposed.

УРАВНИВАНИЕ КООРДИНАТ МЕСТ ГОЛОВНОГО И КОНЦЕВОГО ТРАЛЬЩИКОВ

**Б. Е. ИВАНОВ,
А. Н. СОЛОЩЕВ,
Д. А. ФРОЛОВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

Обоснован способ уравнивания координат мест головного и концевого тральщиков при использовании измеренного между ними расстояния. Получены выражения для определения поправок в координаты мест тральщиков и для оценки точности уравненных координат. Достоверность этих выражений проверена методом статистического моделирования.

Как правило, траление заданного района выполняется группой тральщиков. В результате заданный район покрывается параллельными тральными полосами. Качество траления в значительной степени зависит от точности положения кромок тральных полос. Когда места головного и концевого тральщиков определяются независимо, то на качество траления будет сказываться точность определения этих мест. Для повышения точности определения мест тральщиков можно измерить пеленг (только при расположении тральщиков в строю уступа) и расстояние между ними с использованием системы курсоуказания, радио- или оптических дальномеров и уравнивать координаты их мест. Поскольку на качество траления влияют погрешности определения мест в направлении, перпендикулярном кромкам тральных полос, то целесообразно выполнить уравнивание только в одной координате, совпадающей с этими направлениями. Такая задача решается ниже.

Пусть места головного и концевого тральщиков определены в точках O_{Γ} и O_{κ} на координатной оси x , направленной перпендикулярно кромкам тральных полос (рис. 1). В связи с погрешностями u и v неизвестные истинные места тральщиков находятся в точках K_{Γ} и K_{κ} соответственно. Кроме того, измерено расстояние D_{Π} между тральщиками. В связи с погрешностью измерения w неизвестное истинное расстояние соответствует D (см. рис. 1). Распределение погрешностей u , v и w принимается нормальным с плотностями распределения $f(u)$, $\varphi(v)$, $\psi(w)$ и средними квадратическими погрешностями (СКП) m_u , m_v и m_w соответственно.

Из рис. 1 можно выразить погрешность измерения расстояния:

$$w = D_0 - D_{\Pi} + v - u, \quad (1)$$

где D_0 – расстояние между тральщиками, вычисленное по координатам точек O_{Γ} и O_{κ} .

Равенство (1) можно отнести к условным уравнениям, которые иногда называют уравнениями связи и применяют в геодезии при выполнении уравнивания [1].

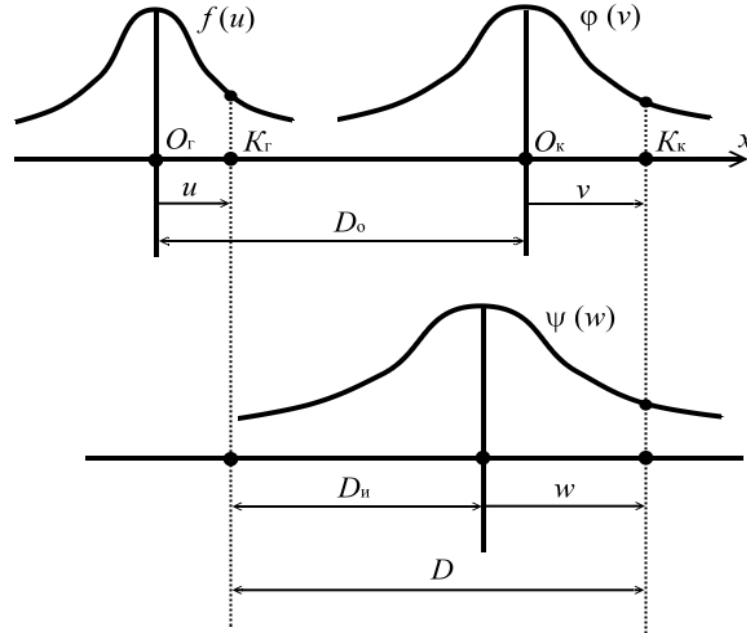


Рис. 1. Определенные $O_Г$ и $O_К$ и истинные $K_Г$ и $K_К$ места головного и концевого тральщиков, измеренное $D_И$ и истинное D расстояния между ними. Погрешности u и v определения мест тральщиков и погрешность w измерения расстояния между ними

Погрешности u , v и w являются независимыми случайными величинами. Тогда в соответствии с работой [2] и формулой (1) событие их совместного появления может характеризоваться плотностью распределения:

$$\gamma(u, v) = f(u)\varphi(v)\psi(D_0 - D_И + v - u). \quad (2)$$

Уравнивание координат мест тральщиков предполагает определение поправок Δu и Δv в координаты головного и концевого тральщиков. Эти поправки соответствуют значениям u и v , относящимся к максимуму функции $\gamma(u, v)$. Для нахождения поправок Δu и Δv про дифференцируем функцию (2) попеременно по u и v и найденные производные приравняем нулю. Тогда получим:

$$\left. \begin{aligned} \frac{df(u)}{du} \psi(w) + \frac{d\psi(w)}{dw} f(u) &= 0; \\ \frac{d\varphi(v)}{dv} \psi(w) + \frac{d\psi(w)}{dw} \varphi(v) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

С учетом работы [2] плотность распределения погрешности u определения места головного тральщика равна:

$$f(u) = \frac{1}{m_u \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2m_u^2}}. \quad (4)$$

Плотности распределения погрешности определения места конечного тральщика и погрешности измерения расстояния будут выражаться формулой (4) при подстановке в нее v и m_v , $D_o - D_n + v - u$ и m_w соответственно вместо u и m_u .

Подставим формулу (4) в уравнения (3) и после преобразования получим:

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{1}{m_u^2} + \frac{1}{m_w^2} \right) \Delta u - \frac{1}{m_w^2} \Delta v &= \frac{1}{m_w^2} (D_o - D_n); \\ \frac{1}{m_w^2} \Delta u - \left(\frac{1}{m_v^2} + \frac{1}{m_w^2} \right) \Delta v &= \frac{1}{m_w^2} (D_o - D_n). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Решив систему уравнений (5), найдем поправки Δu и Δv к координатам головного и конечного тральщиков:

$$\left. \begin{aligned} \Delta u &= - \frac{(D_o - D_n) \frac{1}{m_v^2 m_w^2}}{\frac{1}{m_w^4} - \left(\frac{1}{m_u^2} + \frac{1}{m_w^2} \right) \left(\frac{1}{m_v^2} + \frac{1}{m_w^2} \right)}; \\ \Delta v &= \frac{(D_o - D_n) \frac{1}{m_u^2 m_w^2}}{\frac{1}{m_w^4} - \left(\frac{1}{m_u^2} + \frac{1}{m_w^2} \right) \left(\frac{1}{m_v^2} + \frac{1}{m_w^2} \right)}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Исправив поправками Δu и Δv исходные координаты тральщиков, получим уравненные координаты.

Оценим точность уравненных координат головного и конечного тральщиков. С учетом работы [2] СКП головного m_{uy} , конечного m_{vy} тральщиков и коэффициент корреляции r могут выражаться зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} m_{uy}^2 &= k \int_{-3m_v}^{3m_v} \int_{-3m_u}^{3m_u} (u - \Delta u)^2 \gamma(u, v) dudv; \\ m_{vy}^2 &= k \int_{-3m_v}^{3m_v} \int_{-3m_u}^{3m_u} (v - \Delta v)^2 \gamma(u, v) dudv; \\ r &= \frac{k}{m_{uy} m_{vy}} \int_{-3m_v}^{3m_v} \int_{-3m_u}^{3m_u} (u - \Delta u)(v - \Delta v) \gamma(u, v) dudv, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где k – нормирующий коэффициент, равный обратной величине двойного интеграла функции $\gamma(u, v)$ в пределах от $-3m_v$ до $3m_v$ и от $-3m_u$ до $3m_u$.

По формулам (7) вычислены значения m_{uy} , m_{vy} и r при различных значениях исходных данных. Выполнено сравнение СКП уравненных координат и СКП исходных координат. Относительные разности СКП оценены по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \delta m_u &= \frac{m_u - m_{uy}}{m_u}; \\ \delta m_v &= \frac{m_v - m_{vy}}{m_v}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Величины δm_u и δm_v характеризуют степень повышения точности определения мест тральщиков в случае выполнения уравнивания. По формулам (8) выполнены вычисления. Изменение указанных величин в зависимости от отношений m_u / m_w и m_v / m_u показано в процентах на рис. 2 сплошной линией для головного тральщика и штриховой линией для концевого тральщика.

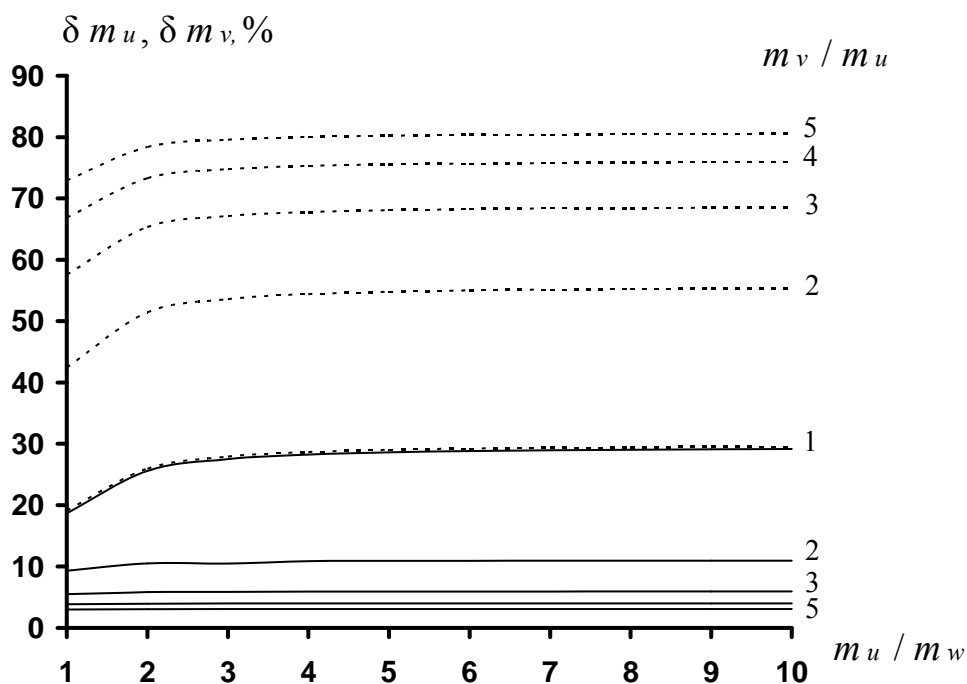


Рис. 2. Изменение относительного повышения точности δm_u и δm_v определения места головного (сплошная линия) и концевого (штриховая линия) тральщиков в зависимости от отношений m_v / m_u и m_u / m_w СКП определения мест тральщиков и измеренного расстояния между ними

Из этого рисунка видно, что при увеличении отношения m_v/m_u величина δm_v увеличивается, а δm_u уменьшается. При этом повышение точности определения места концевого тральщика существенно больше, чем головного тральщика. Величина δm_v может достигать 80%, в то время как δm_u не превышает 30%. При $m_v/m_u = 1$ величины δm_u и δm_v равны друг другу. При увеличении отношения m_u/m_w величины δm_u и δm_v сначала увеличиваются, а затем принимают практически постоянные значения.

Изменение коэффициента корреляции r в зависимости от отношений m_u/m_w и m_v/m_u показано на рис. 3. Из этого рисунка видно, что при увеличении отношения m_u/m_w коэффициент корреляции увеличивается сначала быстрее, а затем медленнее и под конец принимает практически постоянное значение и приближается к $r = 1$. При увеличении отношения m_v/m_u коэффициент корреляции увеличивается. Это увеличение имеет существенное значение только при $m_u/m_w < 5$. Все значения $r > 0$.

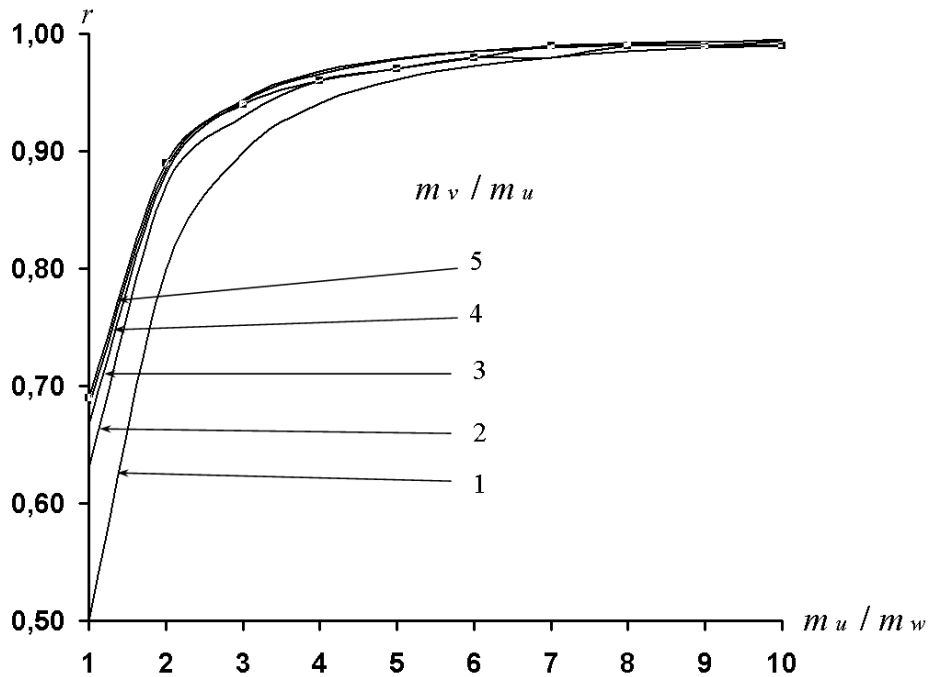


Рис. 3. Изменение коэффициента корреляции r погрешностей определения мест головного и концевого тральщиков в зависимости от отношений m_v / m_u и m_u / m_w СКП определения мест тральщиков и измеренного расстояния между ними

Достоверность предлагаемого способа оценена методом статистического моделирования. Для этого на персональном компьютере по алгоритмам из работ [3, 4] генерировалось $N=1000$ серий нормально распределенных погрешностей u_i , v_i и w_i с соответствующими СКП при заданном расстоянии D_0 между местами O_Γ и O_K тральщиков ($i = 1, 2, 3, \dots, N$). Поскольку центры рассеивания величин u_i , v_i и w_i относятся к истинным значениям, а центры рассеивания величин u , v и w – к измеренным значениям, то знаки у них будут противоположными. Измеренное расстояние определялось по формуле

$$D_{u_i} = D_0 + v_i - u_i + w_i \quad (9)$$

Затем по формулам (6) вычислялись поправки Δu_i и Δv_i к координатам для каждой i -ой серии погрешностей u_i , v_i и w_i , после этого находились СКП определения уравненных координат мест тральщиков и коэффициент корреляции по формулам

$$\left. \begin{aligned} m_{uy}^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i + \Delta u_i)^2; \\ m_{vy}^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i + \Delta v_i)^2; \\ r &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i + \Delta u_i)(v_i + \Delta v_i). \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Сравнение значений СКП и коэффициента корреляции, полученных предложенным способом по формулам (6) и (7) и методом статистического моделирования по формулам (10), показано в таблице.

Значения СКП определения уравненных координат мест тральщиков и коэффициента корреляции, полученные предложенным способом и методом статистического моделирования

Исходные данные		Уравненные значения					
mu / mw	mv / mw	предложенным способом			методом статистического моделирования		
		muy / mw	mvy / mw	r	muy / mw	mvy / mw	r
1	1	0,81	0,81	0,50	0,81	0,81	0,51
2	4	1,79	1,94	0,87	1,79	1,92	0,87
3	9	2,82	2,96	0,94	2,87	3,02	0,95
4	16	3,84	3,95	0,97	3,87	4,00	0,97
5	10	4,45	4,52	0,97	4,43	4,63	0,97
6	18	5,64	5,71	0,98	5,69	5,75	0,98
7	28	6,72	6,78	0,98	6,54	6,62	0,98
8	16	7,12	7,16	0,99	7,17	7,21	0,99
9	27	8,47	8,51	0,99	8,40	8,37	0,99
10	40	9,60	9,65	0,99	9,63	9,70	0,99

Из таблицы видно, что величины, полученные предложенным способом и методом статистического моделирования, достаточно близки друг к другу. Это подтверждает достоверность предложенных зависимостей.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что уравнивание координат мест головного и концевого тральщиков с использованием измеренного между ними расстояния позволяет повысить точность определения мест тральщиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чеботарев А. С. Способ наименьших квадратов с основами теории вероятностей. – М.: Геодезиздат, 1958. – 606 с.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
3. Вадзинский Р. Н. Справочник по вероятностным распределениям. – СПб.: ВМА им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова, 1996. – 282 с.
4. Соболев И. М. Метод Монте-Карло. Изд. 4-е доп. и перераб. – М.: Наука, 1985. – 296 с.

ADJUSTMENT OF THE ELEMENTS OF FIX FOR THE LEADING AND THE REAR MINE-SWEEPERS

B. E. Ivanov,
A. N. Soloshchey,
D. A. Frolov
(GNINGI, RF MoD)

The method of adjusting the elements of fix for the leading and rear mine-sweepers when using the distance measured between them, is substantiated. The expressions that can be used to find the corrections for the elements of fix of the mine-sweepers and estimate the accuracy of the adjusted co-ordinates have been obtained. The validity of these expressions has been checked using the method of statistical modeling.

УДК 621.1.05

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЪЕМКИ
РЕЛЬЕФА МОРСКОГО ДНА**

А. А. ДАДАШЕВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассматриваются вопросы технологии использования новых средств и методов выполнения съемки рельефа морского дна.

В настоящее время продолжается активная военная и хозяйственная деятельность человека на море. Такие проекты, как «Сахалин-2», прокладка трубопроводов по дну Черного и Балтийского морей и другие проекты стратегического характера требуют тщательного обследования рельефа и грунта морского дна. Все это связано с затратой огромных финансовых средств и поэтому вызывает необходимость совершенствовать технологию гидрографических исследований.

Прежде всего, необходимо отметить повышение роли спутниковой навигационной системы DGPS в выполнении гидрографических работ в связи с повышением точности определения трехмерных координат, которая достигла единиц сантиметров. Этот факт позволяет использовать DGPS не только для определения плановых координат места, но и для определения высотной координаты [1, 2], что обеспечивает определение большинства поправок глубин, измеренных эхолотом, а именно: поправки за колебание уровня моря, за проседание судна на мелководье, за изменение осадки судна, за вертикальное перемещение судна на волне.

При использовании DGPS для определения поправок глубин необходимо учитывать, что высоты DGPS измеряются относительно земного эллипсоида, а глубины относительно нуля глубин (среднего многолетнего уровня или наименьшего теоретического уровня). Следовательно, чтобы сделать их соизмеримыми, необходимо знать расхождение между

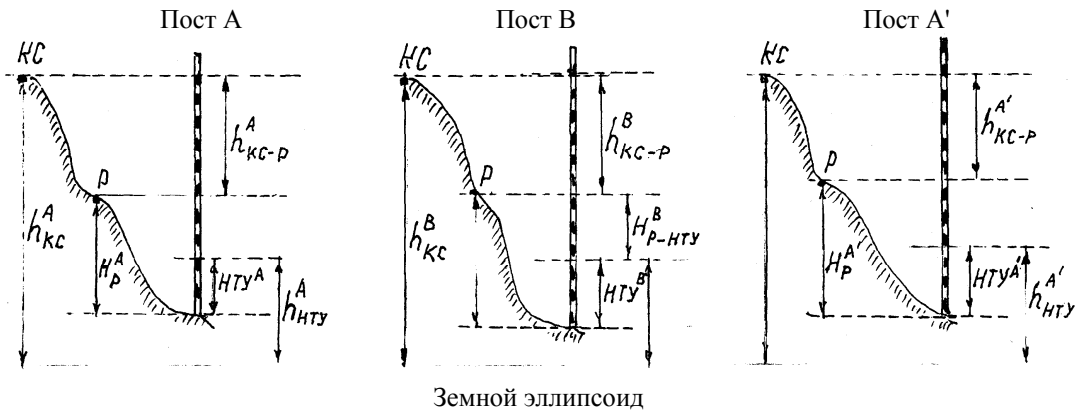
поверхностью нуля глубин и поверхностью земного эллипсоида. Модель поверхности нуля глубин вблизи берега основывается на вычисленных значениях уровней, полученных по длительным их наблюдениям на постоянных уровненых постах. Если эту модель определить заблаговременно, то с помощью измерений высот DGPS в ходе съемки можно будет вводить поправки за колебание уровня моря в реальном времени. Испытание этого способа учета поправок показало его высокую точность [2]. Преимуществом его является также отсутствие необходимости вести наблюдения за уровнем моря на уровненых постах в ходе съемки. Кроме того, данный способ в отличие от традиционного учитывает изменения уровня моря в районе съемки, вызываемые сгонно-нагонными явлениями и атмосферным давлением.

В работе [3] рассматривается необходимость использования моделей прилива при съемке рельефа мирского дна. Приводятся два вида моделей: глобальная и местная или локальная. Глобальная модель рассчитывается по наблюдениям с океанографического спутника TOPEX/Poseidon с учетом 17 основных составляющих частей прилива и данных уровненых постов. Строится она на прямоугольной сетке с размером ячеек по широте $0,25^\circ$, по долготе 1° и размещена в Интернете для свободного использования. Для локальных прибрежных районов она недостаточно точна и может использоваться только для перехода к местной модели.

Местная или локальная модель может использоваться в двух вариантах: регулярная и нерегулярная. Регулярная модель строится на прямоугольной сетке. При моделировании береговой линии на прямоугольной сетке необходимо использовать ячейки размером в несколько сот метров. Это невыгодно, так как требует огромного объема вычислений. Поэтому используется нерегулярная модель, состоящая из плоских треугольников, площадь которых примерно пропорциональна глубине. Здесь при приближении к берегу размеры треугольников автоматически уменьшаются.

Основой местной модели прилива являются уровненые посты. Наблюдения на них могут производиться с помощью приемников DGPS. Если точность интерполяции между постоянными (основными) постами не отвечает требованиям, то устанавливаются дополнительные посты. На них передается нуль глубин с ближайших основных уровненых постов. В работе [4] описывается эксперимент по передаче нуля глубин с основных постов на дополнительные, проведенный японскими гидрографами в районе Тайваня с помощью DGPS. Идея способа заключается в следующем. На двух постоянных уровненых постах, между которыми нужно установить дополнительный пост, по заблаговременным длительным наблюдениям уровня моря вычисляется наинизший теоретический уровень моря (НТУ). Далее одновременно на контрольных корректирующих станциях (КС) DGPS, установленных вблизи всех трех уровненых постов, определяются их высоты относительно земного эллипсоида. Контрольно-корректирующие станции

(КС) нивелировкой привязываются к реперу, а репер, как обычно, – к рейке. Это позволяет на двух основных постах определить высоту НТУ относительно земного эллипсоида по формулам, вытекающим из рисунка.



Передача НТУ с основных постов на дополнительный

А именно

$$h_{НТУ}^A = h_{КС}^A - (h_{КС-Р}^A + H_{Р-НТУ}^A) \quad (1)$$

$$h_{НТУ}^{A'} = h_{КС}^{A'} - (h_{КС-Р}^{A'} + H_{Р-НТУ}^{A'}),$$

где $h_{НТУ}^A, h_{НТУ}^{A'}$ – превышение НТУ над эллипсоидом на основных постах А и А';

$h_{КС}^A, h_{КС}^{A'}$ – высота КС над эллипсоидом, измеряется с помощью DGPS на основных постах;

$h_{КС-Р}^A, h_{КС-Р}^{A'}$ – превышение КС над репером, определяется нивелировкой на основных постах;

$H_{Р}^A, H_{Р}^{A'}$ – отсчеты высоты репера по рейке на основных постах;

$НТУ^A, НТУ^{A'}$ – отсчеты по рейке НТУ, вычисляются по длительным наблюдениям за уровнем на основных постах.

Превышение НТУ над эллипсоидом на дополнительном посту определяется линейным интерполированием

$$h_{НТУ}^B = \frac{h_{НТУ}^A d_{A'B} + h_{НТУ}^{A'} d_{AB}}{d_{A'P} + d_{AB}} \quad (2)$$

где $d_{AB}, d_{A'B}$ – расстояния от основных постов А, А' до дополнительного поста В;

Остается только привязать полученный нуль глубин к реперу поста В, а именно

$$H_{Р-НТУ}^B = h_{КС}^B - h_{КС-Р}^B - h_{НТУ}^B.$$

Точность способа передачи НТУ на дополнительный пост определялась сравнением НТУ, полученного по долговременным наблюдениям, с НТУ, полученным способом передачи НТУ с основных постов на дополнительный. Средняя величина расхождения составила около 2 см.

Другое важное направление совершенствования способов съемки рельефа дна – это съемка многолучевым эхолотом (МЛЭ) непараллельными галсами. В работе [5] рассматриваются различные способы проложения галсов съемки. Первый – способ «Лестницы», в котором галсы прокладываются параллельно друг другу с интервалом, равным минимальной ширине полосы обследования в районе съемки. Второй – способ «Адаптивных параллельных галсов» заключается в проложении также параллельных галсов, но с интервалом, равным минимальной ширине полосы обследования на предыдущем галсе. Наконец, третий – способ «Линейной регрессии» – основан на линейной аппроксимации кромки полосы обследования и планировании очередного непараллельного галса с учетом перекрытия смежных полос. Перекрытие полос и направление галса определяется по предыдущему галсу с учетом СКП, полученной по отклонениям от осредняющей линии реальной кромки. При резких изменениях направления кромки полосы обследования она разбивается на участки с осреднением каждого участка прямой линией и называется способом «Линейно-кусочной регрессии».

Способ «Линейной регрессии» предложен автором данной статьи еще в 1998 г. в работе [6]. В ней приводятся алгоритмы линеаризации кромки полосы обследования, вычисления перекрытия полос и направления планируемого галса. Наиболее перспективными являются последние два способа. Они отличаются высокой экономичностью, которая тем выше, чем сложнее рельеф и больше наклон дна.

Необходимо отметить, что способ непараллельных галсов (способ «Линейной регрессии») можно использовать и при съемке однолучевым эхолотом. Разница в том, что здесь вместо кромки полосы обследования надо использовать кромку «Доверительной полосы». Методика вычисления последней предложена автором в работе [7]. «Доверительная полоса» – это полоса вдоль галса, в пределах которой погрешность определения глубины интерполяцией не превышает заданной величины.

Важным шагом в совершенствовании средств и методов съемки рельефа дна является создание эхолота, обеспечивающего трехмерное отображение рельефа дна в реальном времени [8]. Первый образец его был разработан норвежской фирмой «Omnitech» еще в 1987 г. Дальность действия его была небольшая 4–10 м, и использовали его только как систему отображения подводной обстановки при работе с манипулятором подводного аппарата. Только сейчас стало возможно использовать его в качестве трехмерного многолучевого эхолота реального времени при обследовании портов и гаваней естественных и искусственных подводных объектов.

Обычный многолучевой эхолот обеспечивает трехмерное отображение рельефа дна в виде «водопада», т. е. последовательно наращивает отображение поперечных профилей по ходу движения судна. При этом отдельные профили жестко связаны между собой. Их взаимное расположение зависит от точности работы лага и гирокомпаса. Трехмерный эхолот реального времени осуществляет одновременное зондирование и поперечных и продольных профилей, покрывая съемкой участок полосы. Такое зондирование осуществляет антенная решетка из 128x128 приемопередающих элементов, которая формирует веер характеристики направленности из 16384 лучей. Это обеспечивает высокую разрешающую способность эхолота, – изображение настолько качественно, что при инспекции сложных подводных объектов и конструкций не требуется водолазное обследование.

Недостатком многолучевого эхолота является ограниченная скорость движения судна при съемке, с увеличением которой образуются разрывы между поперечными профилями глубин. Трехмерный эхолот реального времени практически не ограничен по скорости движения съемочного судна, что обеспечивает его высокую производительность.

Представляется целесообразным рассмотреть возможность использования трехмерного эхолота реального времени для стереографического отображения рельефа дна и объектов на дне. Действительно, выбрав определенный интервал между двумя зондированиями участков полосы обследования (базис отображения) [9], можно получить стереопару отображения рельефа дна, то есть отображение одного и того же участка дна при различных наклонах зондирующих гидроакустических лучей. Необходимо теоретическое обоснование стереографического отображения с помощью многолучевого эхолота по аналогии с аэрокосмическими методами. Решение этой задачи позволит использовать стереографическое отображение рельефа дна при окончательной обработке результатов съемки, облегчит классификацию объектов на дне и повысит качество съемки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дадашев А. А. Новые направления использования спутниковой радионавигационной системы GPS при гидрографических исследованиях // Записки по гидрографии. – 2001. – № 253. – С. 38–42.
2. Koji Terail. Precise vertical position fixing // Hydro International. – 2004. – №10. – P. 7–9.
3. Derek G. Tide models for Hydrographic surveying // Hydro International. – 2004. – № 10. – P. 25–27.
4. Dr. Chia – Chyang Cang. Application of a GPS-based method to tidal datum transfer // The Hydrographic journal. – 2004. – № 112. – P. 15–20.
5. Donald Brandon and Dr. Brian Bourgeois. Auto survey // Hydro International, - 2003. – № 10. – P. 7–9.
6. Дадашев А. А. Об оценке точности съемки рельефа морского дна и положения кромки полосы обследования // Записки по гидрографии. – 1998. – №243. – С.40–45.
7. Дадашев А. А. Определение подробности съемки рельефа дна с использованием критериев оптимальности // Записки по гидрографии. – 1995. – №236. – С. 35–41.
8. Paul Baxter and Angus. 3-dimensional sonar technology // Hydro International. – 2005. – № 7. – P. 42–45.
9. Брюханов А. В., Господинов Г. В., Книжников Ю. Ф. Аэрокосмические методы в географических исследованиях. – М.: Московский университет, 1982. – 229 с.

SOME ASPECTS OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF HYDROGRAPHIC SURVEY

A. A. Dadashev
(GNINGI, RF MoD)

The aspects of technology intended to use new means and methods in hydrographic surveys are considered.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ОКЕАНОГРАФИЯ

ГРНТИ 47.37.32

КОДИФИКАТОР ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБСТАНОВКЕ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ (ЕСИМО)

О. А. ГАСНИКОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассматривается проблема создания и использования кодификатора пространственных объектов в рамках реализации Единой системы информации об обстановке в Мировом океане. Дается история вопроса и отмечается связь с работами, которые ведутся в рамках международных проектов по морским информационным объектам. Описывается структура кодификатора, принципы формирования и функционирования в рамках единой междисциплинарной государственной системы.

В настоящее время океан стал играть огромную роль в жизни человечества, – это торговля, промысел, транспортные артерии, оборона, климат, экология, место отдыха. Помимо того, что он занимает около двух третей Земного шара, прибрежные зоны, занимающие менее 15% земной поверхности, сосредоточили в последнее время более 60% экономического и жизненного потенциала планеты [1]. Все это делает систему взаимодействия «человек – океан» достаточно разнообразной и динамичной.

С другой стороны, развитие компьютерных информационных систем и космических систем позиционирования (GPS/DGPS – Global Positioning System/Differential GPS) дало мощный толчок развитию морской электронной картографии, включающей электронно-картографические навигационные информационные системы (ECDIS – Electronic Chart Display and Information System) и электронные картографические системы (ECS – Electronic Chart System).

Разработкой нормативной документации для представления данных на электронных навигационных картах занимается при активном участии России ряд международных организаций. К ним относятся: Международная морская организация (ИМО – International Maritime Organization), Международная Гидрографическая Организация (ИНО – International Hydrographic Organization), Международная Электротехническая Комиссия (ИЕС – International Electrotechnical Commission). Их совместная деятельность привела к созданию ряда стандартов, в том числе S-52 и S-57, которые обязательны в процессе подготовки, передачи, составления и отображения электронных навигационных карт (ENC – Electronic Navigational Chart) [2–4].

Интеграция различных сфер деятельности человека в океане и прибрежных территориях способствовала появлению понятия «морской информационный объект» (МІО – Marine Information Objects). МІО включают в себя картографические сведения и сведения, связанные с навигацией, которые дополняют минимум данных, необходимый ECDIS для обеспечения безопасности мореплавания. МІО не описывается существующими стандартами ІНО, ІМО или ІЕС и являются дополнительными и необязательными для отображения на электронных навигационных картах – это ледовый покров, приливы, уровень моря, метеорология, океанография, течения, геология, животный мир моря и т. д.

Для работы с данными объектами была создана международная группа по гармонизации морских информационных объектов (HGIMO – Harmonization Group on MIOs). Основной целью этой группы является подготовка рекомендаций и спецификаций МІО по включению их в разрабатываемые в настоящее время стандарты ІНО и ІЕС, в частности S-100 [5–8].

Разработка стандартов для ІМО ведется уже несколько лет и в значительной степени акцентирует свое внимание на решении навигационных задач и обеспечении безопасности на море. В Российской Федерации при описании пространственных объектов, представленных на картографической основе, в настоящее время используется значительное количество видов классификаторов и кодификаторов: более 100 по гидрометеорологии, более 70 по морской геологии и геофизике, 50 по морской биологии. Они отличаются как по сферам действия, так и по принципам построения. Так, для кодирования параметров морской среды чаще всего используются международные кодификаторы, например, кодификаторы облачности, атмосферных явлений, волнения и др. В то же время при отображении, например, ледового покрова на картографической основе используется как международный кодификатор [9], так и отечественные руководства [10, 11]. Для метаданных применяются как локальные, так и ведомственные кодификаторы (коды учреждений, судов, приборов и т. п.). В то же время в одном и том же ведомстве применяются несколько кодификаторов учреждений для режимных (ВНИИГМИ-МІЦД) и оперативных (ГМЦ) данных, а в разных ведомствах, например, в УНиО и Росгидромете, применяются разные кодификаторы для географических областей, судов, приборов, учреждений и др. Эти различия ведут к значительным сложностям при создании интегрированных междисциплинарных информационных систем.

Поэтому в рамках реализации подпрограммы «Создание единой системы информации об обстановке в Мировом океане» (ЕСИМО) Федеральной целевой программы «Мировой океан» исполнителями было принято решение о разработке единой системы классификации и кодирования пространственных объектов при отображении их на электронной картографической основе, выполнение которого было возложено на ГНИНГИ Минобороны РФ.

Назначение разработанного нами кодификатора многоаспектно. Во-первых, он является своеобразной базой знаний в определенной области и, следовательно, выполняет справочно-обучающую функцию. Во-вторых, это инструмент контроля при описании объектов, который позволяет избежать неоднозначности определения, нарушения соответствия между различными описаниями (например, страной и организацией). В-третьих (это касается лишь отдельных кодификаторов), он позволяет сократить размеры хранящейся базы за счет использования кодов и отображать эти описаниями в естественно-языковой нотации, причем в различных шкалах измерения. И, наконец, в-четвертых, он является инструментом поддержания единой системы представления информации на картографической основе. Его схема приведена на рис. 1.

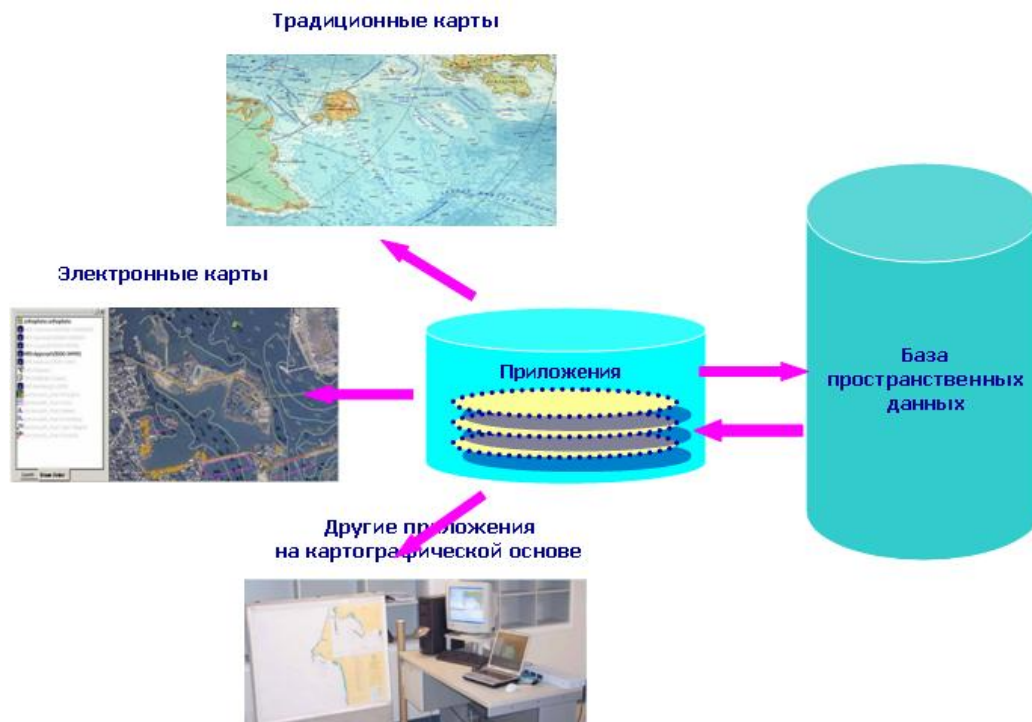


Рис. 1. Схема представление морских информационных объектов на картографической основе

Разработка кодификатора предусматривала выполнение следующих этапов:

1. Определение множества объектов, подлежащих кодированию.
2. Выбор системы кодирования.
3. Присвоение объектам кодовых обозначений.
4. Представление объектов в кодификаторах.

Наиболее важным этапом при создании кодификатора был выбор системы кодирования, являющейся основным элементом классификатора, к которой предъявляются достаточно жесткие требования:

- однозначность соответствия между кодом и объектом;
- семантичность, необходимая для алгоритмов машинной обработки;
- постоянство длины кода для всех обозначений;
- наличие резерва в разрядности кода для кодирования новых объектов;
- возможность стыковки локальной и глобальной систем кодирования, позволяющая осуществить переход от одной системы к другой;
- возможность легкого запоминания кодов человеком-оператором;
- возможность обнаружения и исправления ошибок.

В процессе работы были рассмотрены следующие системы кодирования:

1. Порядковая. Объекты кодируются числами натурального ряда. Используются для кодирования небольших и устойчивых номенклатур объектов.

2. Серийная система предусматривает выделение серии номеров для кодирования каждого класса объектов. Перед присвоением номеров объекты подлежат укрупненной классификации.

3. Повторений. По этой системе код представляет собой повторение какого-то количественного признака.

4. Классификационная. Система основана на классификации объектов кодирования и записи в разрядах кодового обозначения значений признаков классификации.

Картографическая информация может быть разделена на два связанных между собой подмножества:

- информация непосредственно о пространственных объектах, содержащая сведения об основных признаках и постоянных свойствах, однозначно определяющих объект в общей системе классификации;
- информация о переменных свойствах, характеризующих объект и его отношение к другим объектам.

Классификация объектов выполнялась по иерархическому методу, а характеризующих признаков – по фасетному методу. Это объясняется тем, что каждый объект содержит определенный набор характеризующих его признаков (количественных и качественных), которые не всегда используются в качестве признаков классификации. Число этих признаков и их смысловое значение различны и зависят от типа объекта.

Для тематических пространственных объектов выделено пять байт. При кодировании предлагается использовать смешанную систему кодирования, в которой старшие разряды имеют значения признаков классификации, а младшие используют порядковую систему кодирования. Старшим и младшим разрядам отводится по две позиции. Одна позиция используется для признака локализации. Для создания резерва при дальнейшем наращивании

классификатора следует использовать для старших разрядов символные значения (буквы алфавита), для младших – числа. Признак локализации кодируется цифрой. Схема кодирования приведена на рис. 2.



Рис. 2. Схема кодирования

AA – признак классификации (два символа); **F** – признак локализации (цифра);
XX – порядковая часть (двухзначное число)

Предлагаемая нами модель подразумевает, что сущности реального мира могут быть формализованы конечным числом классов. Конкретный пример класса описательного объекта более точно определяется с помощью атрибутов и их конкретных значений. Конкретная сущность реального мира кодируется путем указания класса описательного объекта, атрибутов и значений атрибутов.

Объект определяется как идентифицируемый набор информации. Объект может иметь атрибуты и может быть связан с другими объектами. Описательные объекты содержат описательные атрибуты и не содержат информацию о форме и местоположении объекта. Пространственные объекты (точка, линия, район, полигон) могут иметь описательные атрибуты и должны содержать информацию о форме и местоположении объекта. Описательный объект определяется отношениями с одним или более пространственно-определенными объектами. Описательный объект может существовать без пространственно-определенного объекта, но каждый пространственно-определенный объект должен быть связан с описательным объектом.

В общем случае можно выделить четыре типа описательных объектов:

- метаобъекты (содержат информацию о других объектах);
- геообъекты (содержат информацию о конкретном объекте);
- картографические объекты (содержат информацию о картографическом представлении объекта);
- собирательные объекты (содержат информацию, описывающую взаимосвязи между объектами).

В кодификаторе пространственных объектов мы имеем дело со вторым и третьим типами.

Признак локализации содержит ссылку на картографическое описание объекта, которое включает основные атрибуты, рекомендуемые при описании конкретного геообъекта.

Признак классификации предназначен для выделения групп параметров (тематических объектов). За основу деления принято общепринятое деление научных направлений.

Объекты предлагается разделить на категории, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Категории пространственных объектов

№ п/п	Диапазон	Категория
1	AA – AZ	Метеорология
2	BA – BZ	Гидрология
3	CA – CZ	Гидрохимия
4	DA – DZ	Лед
5	EA – EZ	Загрязнение
6	FA – FZ	Геология – геофизика
7	GA – GZ	Геокриология
8	HA – HZ	Биология
9	IA – IZ	Морской транспорт
10	JA – JZ	Рыболовство
11	KA – KZ	Минеральные и энергетические ресурсы
12	LA – LZ	Термо-электроэнергетика
13	MA – MZ	Отдых и туризм
14	NA – NZ	Обучение и исследования
15	OA – OZ	Оборона
16	PA – PZ	Чрезвычайные ситуации
17	QA – QZ	Навигация и гидрография
18	RA – RZ	Картография
19	SA – SZ	Социально-экономическая информация
20	TA – TZ	Правовые вопросы
21	UA – UZ	Методики и регламенты
22	VA – VZ	Научно-техническая информация
23	WA – WZ	Новости СМИ

Признак локализации характеризует принадлежность описательного объекта к базовому набору картографических объектов (точка, район, линия и т. д). Допустимые значения: 0–9.

Порядковая часть предназначена для придания однозначного соответствия описанию объекту, попадающему в группу однородных объектов по признакам классификации и локализации. Допустимые значения: 00–99.

Каждый объект описывается стандартным образом и включает следующие разделы:

- категория объекта (раздел – два символа – код ASCII);
- класс объекта (название);
- акроним объекта (шесть символов – код ASCII);
- код объекта (пять символов);
- атрибуты;
- краткое описание;
- примечание.

В качестве примера рассмотрим первый пространственный объект из категории «Морской транспорт». В этой категории заявлено два раздела: IA – «Типы судов и их местоположение» и IB – «Морские спасательно-координационные центры и подцентры Госморспасслужбы Минтранса России». Этот объект является символом (код локализации – 2) и находится первым в списке объектов (01). В соответствии с принятыми правилами классификации он получает код – **IA-2-01** и акроним – **VP001**. Класс объекта – «Местоположение судна согласно последнему полученному отчету о позиции». В кратком описании дается информация, что отчет о местоположении получен в пределах последних 24 часов (актуальность позиции менее 24 часов)

Для каждого класса объекта определен набор соответствующих атрибутов, разделенный в свою очередь на три поднабора:

- поднабор «Атрибут А» – атрибуты в этом поднаборе определяют индивидуальные характеристики объекта;
- поднабор «Атрибут В» – атрибуты в этом поднаборе обеспечивают информацией относительно использования данных, например для визуального представления или для информационной системы;
- поднабор «Атрибут С» – атрибуты в этом поднаборе обеспечивают административной информацией об объекте и данных, его описывающих.

Каждый атрибут описывается стандартным образом и включает следующие разделы:


- атрибут (название атрибута);
- акроним (акроним атрибута – шесть символов – код ASCII);
- код (код атрибута – целое число, порядковая система кодирования);
- тип (один символ);
- ожидаемый ввод (ожидаемый ввод зависит от типа атрибута);
- краткое описание;
- минимальное значение;
- максимальное значение;
- индикация (для типа «строка» показывается конструкция строки; для типов «вещественный» и «целый» – единицы измерения и точность);

- признак обязательности (один символ «Т» – обязательный, «F» – необязательный);
- формат (рекомендуемый стандартный формат);
- пример (пример кодированного ввода);
- примечания (дополнительные примечания и пояснения).

Для рассмотренного выше объекта приведем ряд атрибутов, отвечающих за представление его на карте. Перечень атрибутов приведен в табл. 2. К ним относится: CODE – код объекта в библиотеке (справочнике) символов; ORIENT – угол поворота символа; VAL – числовая характеристика объекта (средняя скорость судна); \$UNIT – единицы измерения (узлы); – масштаб представления символа; NTXTDS – текстовое описание объекта; PICREP – файл графического изображения объекта; SCALE – масштаб изображения объекта.

Таблица 2

Пример описания пространственных объектов

CODE	PICREP	ORIENT	\$UNIT	VAL	SCALE	NTXTDS
1	VES_01.jpg()	Значение параметра характеризует курс движения судна и принимает следующие значения: 0,45,90,135,180,225,270,315°	4	Значение параметра характеризует среднюю скорость движения судна	1	Актуальность позиции <= 24 часа

В настоящее время подготовлены кодификаторы по тематическим разделам «Метеорология», «Гидрология», «Лед», «Морской транспорт», «Навигация и гидрография».

Разработка тематических разделов кодификаторов возлагается на Центры ЕСИМО. Ими же подготавливаются графические файлы библиотек линий, символов, цветов, штриховок в формате JPEG, которые вместе с их описанием помещаются в отдельные папки и являются приложением к тематическому разделу кодификатора. Для образцов цвета используется полотно размером 143×42, линий – 98×21, штриховок – 98×21. Кодирование цветов осуществляется в формате RGB. Для малых символов используется полотно размером 18×18, средних – 50×50, больших – 100×100. Для символов, вытянутых в горизонтальном направлении, – 98×21, вертикальном – 50×100. Все размеры заданы в пикселях.

Файлы описания пространственных объектов дублируются в формате XML. Они фактически повторяют тематические разделы кодификатора в формализованном виде и служат для занесения данных в базу кодификатора пространственных объектов и отображения информации на сайте ГНИНГИ Минобороны РФ. Базу данных предполагается подключить к единому карт-серверу ЕСИМО для отображения тематических слоев в согласованном виде. Схема функционирования карт-сервера и кодификатора приведена на рис. 3.

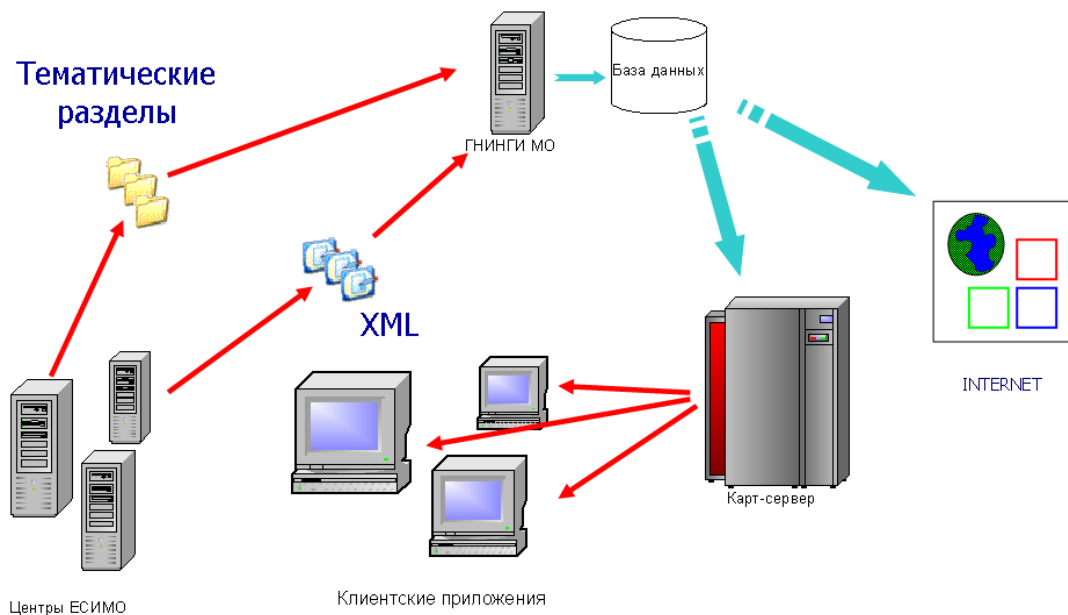


Рис. 3. Схема использования базы данных кодификатора

Выводы:

1. Разработанная структура кодификатора соответствует международным стандартам отображения навигационных и гидрографических объектов на электронных картах. Классификация объектов выполнена по иерархическому методу, а о характеризующих признаках — по фасетному методу.

2. Кодификатор имеет открытый характер и возможности для развития. Для тематических пространственных объектов выделено пять байт. При кодировании использована смешанная система кодирования, в которой старшие разряды имеют значения признаков классификации, а младшие — используют порядковую систему кодирования.

3. Кодификатор может быть использован при создании интегрированных междисциплинарных банков и хранилищ данных о морской среде и деятельности человека на море.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hinrichsen, D. (1997). «Humanity and the World's Coasts: a Status Report» in The Amicus Journal. Winter 1997. Available [Online]: <http://www.nrdc.org/eamicus/clip01/dhlimiis.html>
2. IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, IHO Special Publication No. 57 (IHO S-57), 3rd Edition, November 1996, Monaco <http://www.iho.shom.fr/publicat/free/files/31Main.pdf>
3. IHO Specification for Chart Content and Display of ECDIS, IHO Special Publication No.52 (IHO S-52), 4th Edition, December 1996, Monaco. http://www.iho.shom.fr/committees/chris/chris 16/chris 16-5.2B_Revised_S - 52_Clean_Copy.pdf
4. IMO Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS), IMO Resolution A.817(19), International Maritime Organization, London, November 1995. [http://www.iho.thomasgunn.com/information/downloads/documents/A817\(19\).pdf](http://www.iho.thomasgunn.com/information/downloads/documents/A817(19).pdf)

5. Workshop on Development of Marine information objects for ECDIS. Proposed object classes and attributes for weather. Burlington, Canada, 8-9 November, 1999.
<http://www.iho.shom.fr/COMMITTEES/HGMIO/HGMIO2/HGMIO2-10.pdf>
6. IHO Circular Letter No. 3/2002, Terms of Reference for IHO-IEC Harmonization Group on Marine Information Objects, International Hydrographic Bureau,, Monaco, 16 May 2002.
<http://www.iho.shom.fr/COMMITTEES/TOR/HGMIO-TOR.pdf>
7. Draft, Oceanographic object attribution technical white paper, June 21, 2002.
<http://www.iho.shom.fr/COMMITTEES/HGMIO/HGMIO2/HGMIO2-6e.pdf>
8. Dias, George (2006). Extending ECDIS Content: A Process for Producing Ice Information MIOS Based on S-57 Ice Objects. M.Sc.E. thesis, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No. 236, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada – 230 pp
<http://gge.unb.ca/Pubs/TR236.pdf>
9. Условные знаки и сокращения для составления и оформления морских карт и карт внутренних водных путей. – Л.: Изд. ГУНМО МО, 1985 – 32 с.
10. Международная символика для морских ледовых карт и номенклатура морских льдов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 56 с.
11. Руководство по производству ледовой авиаразведки. – Л., Гидрометеиздат, 1981. – 240 с.

SPATIAL OBJECTS CODIFIER OF THE UNIFIED STATE SYSTEM OF INFORMATION ON THE WORLD OCEAN STATE

O. A. Gasnikov
(GNINGI, RF MoD)

The problem of creation and employment of the spatial objects codifier in the framework of implementing the Unified System of Information on the World Ocean State is considered. The background of the problem is set forth; the relationship with the work carried out in the framework of international projects for the marine information objects is pointed out. The codifier structure, the principles of forming and operation within the unified multidiscipline state system are described.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

ГРНТИ 629.124.

ТИХООКЕАНСКАЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

Б. И. ЛОБОЙКО
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье дана краткая характеристика кораблей измерительного комплекса первого и второго поколений, их оборудования, а также работ, выполняемых этими кораблями в океане.

Полученный опыт испытаний межконтинентальных баллистических ракет в 60-х годах XX века показал, что создание надежного ракетно-ядерного щита страны невозможно без отработки ракетно-космической техники на дальностях, выходящих за пределы наземных полигонов. Это предопределило необходимость создания плавучего измерительного комплекса Министерства обороны на Тихом океане. Для этого необходимо было создать специальные корабли измерительного комплекса (КИК) с радиотехническими системами для измерения параметров траекторий полета, а также для приема различной информации со спутников над морскими и океанскими акваториями.

Первые корабли измерительного комплекса проекта 1128 «Сибирь», «Сучан» (позже переименованный в «Спасск»), «Сахалин» и проекта 1129Б «Чукотка» были созданы в 1959 г. путем переоборудования рудовозов типа «Донбасс» водоизмещением 5000 т. 24 июля 1959 г. на кораблях был поднят флаг Военно-Морского Флота.

Морякам предстояло решить ответственный и неотложный вопрос: каким путем вести корабли к месту постоянного базирования – на Тихий океан. Их было три. Один протяженностью свыше 23 тыс. км через Суэцкий канал, другой – 29,4 тыс. км – вокруг Африки. Третий – в два с лишним раза короче предыдущего, но во много раз труднее его – Северный морской путь.

Обсудив все «за» и «против», моряки, несмотря на трудности северного варианта, решили остановиться на нем. К тому же Главсевморпуть обещал выделить ледоколы для проводки кораблей и обеспечить авиационную разведку наиболее трудных участков трассы.

В назначенный день и час корабли покинули Неву. Вел корабли опытный моряк контр-адмирал Ю. И. Максютя. Благополучно пройдя Балтийское, Северное, Норвежское и Баренцево моря, корабли обогнули самый крупный полуостров Европы – Скандинавский – и с опережением графика прибыли в Мурманск. После непродолжительной, но обстоятельной

проверки кораблей и научной аппаратуры, а также пополнения всем необходимым корабль вышел из порта Мурманск.

Северный морской путь действительно оказался нелегким: льды загромождали пролив Велькицкого, трудная ледовая обстановка сложилась у острова Диксон. Но мастерство моряков и надежность кораблей позволили преодолеть все трудности перехода, который был завершен в короткий по тем временам срок, корабли прибыли к месту постоянного базирования – Авачинскую бухту [1].

Из этих кораблей была сформирована 4-я Тихоокеанская океанографическая экспедиция.

Бурное развитие космонавтики требовало пополнения и совершенствования плавучего измерительного комплекса и расширения сферы его применения, ибо наземные измерительные пункты (НИПы) не могли обеспечить круглосуточной связи с космическими аппаратами.

В 1963 г. по проекту 1130 было переоборудовано два сухогруза типа «Десна» водоизмещением 12 500 т – КИК «Чажма» и КИК «Чумикан». Они стали основой 5-й Тихоокеанской океанографической экспедиции, 20 июля на кораблях был поднят гидрографический флаг, который вскоре был заменен на Военно-Морского флаг. Несколько позже в состав этой экспедиции вошел и КИК «Чукотка».

Практически до конца 70-х гг. корабли экспедиций обеспечивали все основные задачи слежения как за космическими аппаратами СССР, так и за космическими аппаратами вероятного противника, а также за экспериментальными пусками им различных баллистических ракет.

Корабельные измерительные комплексы по сравнению с наземными (стационарными) пунктами имели существенные отличия. Их основное достоинство – возможность изменять свое географическое положение. Для каждого космического запуска корабли измерительного комплекса могли располагаться в тех географических точках, которые позволяли более эффективно осуществлять контроль и управление космическим объектом. После выполнения запланированных работ корабли могли перейти в новые точки для приема сигналов с другого космического аппарата. Таким образом, корабельные измерительные комплексы дополняли сеть наземных измерительных пунктов, чтобы получить в океане с орбит информацию, недоступную наземным пунктам.

Следует отметить, что корабли измерительного комплекса составляли особый класс кораблей. У них все необычно: архитектурный облик, оборудование помещений, условия плавания и быта.

Корабли 4-й экспедиции по своему внешнему виду были практически такими же, как гидрографические суда, отличием были лишь антенные системы радиолокационных станций и антенны измерительных комплексов. Архитектурный облик кораблей проекта 1130 значительно отличался от кораблей 4-й ТОГЭ, прежде всего, мощными конструкциями антенных

систем, которые были укрыты радиопрозрачными шарами. Посты оптики и стабилизации также имели своеобразную защиту и конфигурацию, для обеспечения связи применялись уголкового шунтовые КВ антенны (антенна Тернецкого).

Возможности корабельного измерительного комплекса определялись его вооружением, которое в свою очередь зависело от размеров корабля и его водоизмещения. В табл. 1 приведены основные тактико-технические характеристики кораблей проекта 1128 (1129Б) и 1130.

Таблица 1

Тактико-технические характеристики кораблей измерительного комплекса ТОГЭ

Название	«Сибирь»	«Чажма»
Класс корабля	КИК	КИК
Номер проекта	1128 (1129Б)	1130
Год сдачи головного	Мод. 1959	Мод. 1963
Количество кораблей	3(1)	2
Водоизмещение, т		
- стандартное	3850	7980
- полное	6150	12740
Размеры, м		
- длина тах/КВЛ	108,3	139,5
- ширина тах/КВЛ	14,8	18
Осадка при полном водоизмещении	5,85	7,52
Скорость полного хода, узлы	11	14,5
Дальность плавания, мили	10 000	18 900
Тип ГЭУ,	ПМ	ДУ
Мощность полного хода, л. с.	2500	5400
Количество валов	1	1
Экипаж, человек	200	320
Автономность, сутки	90	120
Вооружение		
- авиационное, средства взл.	1ВПП	1ВПП
- кол-во, тип ЛАК	1КА-25	1КА-25
Радиотелеметрическая аппаратура и другие специальные средства (РЛС)	«Трал», «СК-2», «Кама»	«Трал-2», «СК-2», РТС-9, «Арбат», «Вымпел», «Парус», «Темп-3»
РЛС общего назначения	«Кактус» и др.	«Ангара», «Дон», и др.
РР и РТР	«Кактус» и др.	«Бизань» и др.
ГАС и ГАР	ГИУ-ЗД, ГГУ	«Геркулес-2М», ГИУ-ЗД
Корабельные средства связи:		
- радиопередатчики;	«Тантал», «Окунь»	«Тантал», «Окунь», «Вяз-3М», Радиопривод
- радиоприемники	«Русалка», «Оникс», «Волна-К»	«Русалка», «Оникс», «Брусника», «Берилл», «Глубина», «Волна-К» и др.
Специальная аппаратура	Согласно таблице вооружения	Согласно таблице вооружения

На кораблях ТОГЭ впервые в практике этого класса кораблей на площадке ограниченных размеров было сосредоточено большое количество антенн мощных радиопередатчиков и высокочувствительных приемников различных диапазонов длин волн, причем многие из них работали одновременно. В этих условиях возникали серьезные трудности из-за взаимных радиопомех, т. е. остро стояла проблема электромагнитной совместимости.

Теоретически при работе радиопередатчика на определенной частоте радиоприем возможен на всех участках диапазона, за исключением частот, излучаемых радиопередатчиком, и отдельных частот, являющихся гармоническими составляющими его несущей частоты.

В действительности, в корабельных условиях совместная работа радиотехнических средств затруднена в связи с воздействием ряда факторов, приводящих к возникновению радиопомех ограничивающих возможность одновременного их использования. Вследствие своеобразного архитектурного облика, ограниченности размеров корабля, все его верхнепалубные конструкции находятся под воздействием электромагнитной энергии, излучаемой антеннами радиопередатчиков при их работе. По этой причине корабельные верхнепалубные устройства и отдельные их узлы практически являются источниками радиопомех.

Определенная трудность применения корабельных измерительных комплексов состояла, прежде всего, в сложности их точной привязки к географическим координатам, которая необходима, так как при траекторных измерениях ошибки в координатах измерительного комплекса непосредственно сказываются на точности расчета орбиты космического объекта. По сравнению с наземными измерительными пунктами столь высокая точность привязки в океане, конечно, невозможна, но все-таки привязка корабельных измерительных комплексов к географическим координатам должна быть достаточно точной. Телеметрические измерения и передача команд требуют меньшей точности координирования, чем точность привязки при радиоконтроле орбиты. Однако и здесь точность привязки КИК к географическим координатам ведет к ошибкам в расчете целеуказаний и программ управления остронаправленными диаграммами антенн. На первых этапах функционирования КИК до принятия на вооружение низкоорбитной спутниковой навигационной системы «Парус» их привязка осуществлялась комплексом штатного штурманского вооружения. Здесь основную роль выполняли «астрономические расчеты» для вычисления координат по небесным светилам и приемоиндикаторы наземных радионавигационных систем, последние использовались при нахождении корабля в зоне их действия.

На нормальную работу корабельных измерительных средств значительное влияние оказывали и погодные условия, прежде всего, – качка корабля. Углы, на которые палуба корабля отклоняется от горизонтального

положения при качке (углы крена и дифферента), могут в десятки раз превышать углы, в пределах которых антенны, установленные на корабле, излучают или принимают электромагнитные колебания. Это значит, что прием и передача сигналов неминуемо нарушится, если не принять мер для стабилизации положения антенн.

Телеметрические и траекторные измерения, сведения о результатах исследований и экспериментов в космосе и другая информация были тесно «увязаны» в едином и точном времени. Для этого на кораблях КИК были установлены высокостабильные генераторы службы единого времени (СЕВ) «Кипарис» и «Бамбук». Аппаратура была весьма надежной и по тому времени весьма точной: погрешности измерений не превышали 10^{-7} с.

Радиосвязь КИК ТОГЭ осуществлялась главным образом средствами коротковолнового диапазона радиоволн, находящимися на вооружении Военно-Морского Флота. Способность коротких радиоволн преодолевать большие расстояния, многократно отражаясь от ионосферы к земной поверхности и от Земли снова к ионосфере, оказалась весьма полезной, так как позволяла поддерживать дальнюю радиосвязь при сравнительно небольших мощностях корабельных радиопередатчиков. Главным в вопросах поддержания устойчивой бесперебойной связи был тщательный и грамотный анализ условий распространения радиоволн коротковолнового диапазона в заданном районе выполнения «боевой работы» и поддержание средств радиосвязи в исправном состоянии и полной готовности.

С приходом кораблей в точку «боевой работы» начиналась комплексная подготовка радиотехнических средств измерений к сеансу связи, включалась и подвергалась автономной проверке аппаратура отдельных постов, проводились установки заданных режимов и кодов, настройка на заданные частоты. Антенны выставлялись в заданное положение по целеуказаниям. Аппаратура включалась по семичасовой готовности, т. е. за семь часов до назначенного времени появления космического объекта в зоне радиовидимости корабельных средств измерений. В тренировках принимали участие все без исключения боевые расчеты. Для успешной работы КИК каждый его участник должен был ориентироваться во всем комплексе задач и знать, хотя бы в общих чертах, о задачах своих «соседей».

Условия быта на кораблях ТОГЭ определялись прежде всего их принадлежностью к Военно-Морскому Флоту. На кораблях проекта 1130 они практически соответствовали «крейсерскому», матросы размещались в кубриках от 10 до 15 человек в каждом, мичманы и младший офицерский состав (техники, командиры и инженеры групп) обитали в двух- и четырехместных каютах. Командиры боевых частей, дивизионов и начальники отдельных служб размещались в одноместных каютах.

На кораблях было две кают-компании (мичманов и офицерского состава), столовая личного состава и вертолетная палуба служили кинозалами, открытый «плавательный» бассейн находился на верхней палубе

в районе полубака. Вместительные провизионные кладовые, два камбуза, хлебопекарня обеспечивали провизией весь экипаж.

Медицинский блок состоял из лазарета, амбулатории, зубокабинета, переносной рентгеновский аппарат при необходимости устанавливался в амбулатории.

Система кондиционирования для боевых постов и жилых помещений обеспечивала поддержание нормальной температуры.

Продолжительные походы (три-четыре месяца без заходов в порты), ограниченность перемещения, обусловленная замкнутостью пространства и размерами кораблей, иногда продолжительная изнуряющая качка, тропическая жара и влажность являлись определенными трудностями для экипажей кораблей. В какой-то степени эти трудности сглаживались организацией досуга всего личного состава. Настоящим праздником для экипажа был день, когда корабль пересекал экватор. Моряки, прошедшие через экватор, навсегда запомнили традиционный праздник Нептуна.

Несмотря на тяготы корабельной службы, личный состав всегда выполнял стоящие перед ним задачи, примером тому могут служить некоторые данные событий того времени (табл. 2)

Таблица 2

Обеспечение полетов космонавтов

Космический корабль	Экипаж	Дата запуска	Примечание
«Союз-3»	Г. Е. Береговой	26.10.1968	Полет обеспечивался КИК «Чажма» в точке $\varphi=16^{\circ}N, \lambda=170^{\circ}Ost$
«Союз-4»	В. А. Шаталов	14.01.1969	Стыковка кораблей «Союз-4» и «Союз-5», переход А. С. Елисеева и Е. В. Хрунова из одного аппарата в другой через открытый космос
«Союз-5»	В. В. Вольнов, А. С. Елисеев Е. В. Хрунов	10.01.1969	
«Союз-6»	Г. С. Шонин, В. Н. Кубасов	11.10.1969	Групповой орбитальный полет кораблей «Союз-6, 7, 8». На борту «Союз-6» проведена сварка в космосе. Полет обеспечивался КИК «Чажма» в точке $\varphi=12^{\circ}20'N, \lambda=173^{\circ}Ost$
«Союз-7»	А. В. Филипченко В. Н. Волков, В. В. Горбатко	12.10.1969	
«Союз-8»	В. А. Шаталов, А. С. Елисеев	13.10.1969	
«Союз-9»	А. Г. Николаев В. И. Севастьянов	1.06.1970	Запуск обеспечивался КИК «Чажма» в точке $\varphi=6^{\circ}25'N, \lambda=177^{\circ}20' Ost$
«Союз-10»	В. А. Шаталов А. С. Елисеев Н. Н. Рукавишников	23.04.1971	Стыковка с орбитальной станцией «Салют». Полет обеспечивался КИК «Чажма» в точке $\varphi=6^{\circ}25'N, \lambda=176^{\circ}42' Ost$

Кроме этого, практически постоянно, корабли осуществляли слежение за испытаниями межконтинентальных баллистических ракет США в районе атолла Кваджалейн.

В районе Гавайских островов весной 1975 г. КИК «Чажма» совместно с океанским спасательным буксиром МВ-136 осуществлял наблюдение за действиями специального судна-платформы «Гломар Эксплорер», которое было привлечено спецслужбами США для подъема затонувшей Советской подводной лодки К-129.

Выполняя задачи по обеспечению запусков межконтинентальных баллистических ракет и обитаемых космических аппаратов, корабли привлекались и для обеспечения запусков специальных космических объектов, например: 27 декабря 1973 г. – запуск ИСЗ морской радиолокационной разведки («Космос-626»), 13 июня 1974 г. – запуск ИСЗ «Зенит-4МКМ» в интересах разведки, 13 декабря 1974 г. – ИСЗ «Космос-697» («Янтарь-2К») – новый тип КА военной разведки, 24 декабря 1974 г. – запуск первого КА морской радиотехнической разведки «Космос-699» и др. И это только краткий перечень задач, которые выполняли корабли измерительного комплекса Тихоокеанской океанографической экспедиции.

После звездной поры семидесятых годов интерес к плавучим измерительным комплексам резко упал, незавидная судьба оказалась у кораблей – многие из них пошли на металлолом.

Строительство специализированных КИК для «военного» космоса было начато только в 80-х годах после приобретения определенного опыта эксплуатации КИК первого и второго поколения. В конце 70-х гг. в ЦКБ «Балтсудпроект» было закончено проектирование КИК пр. 1914. Корабль предназначался для испытаний новых образцов ракетных и космических комплексов, слежения за различными космическими аппаратами и обеспечения связи с ними. Кроме того, он был предназначен для поиска, спасения и эвакуации экипажей и спускаемых аппаратов космических объектов, совершивших посадку на воду в различных районах Мирового океана. Корабль оснащался мощными средствами траекторных и телеметрических измерений: «Зефир-А», «Зефир-Т», «Дятел-2», «Куница-2», «Зодиак» и др. Авиационное вооружение включало два вертолета КА-27 с хранением их в ангаре. Кроме того, на корабле размещались средства РР, РТР и ГАР, а также были зарезервированы места для 36-мм автоматов АК-630М с РЛС «Вымпел» и для пусковых ПЗРК «Игла». Корабли этого проекта могли также использоваться и как штабные корабли флота и РВСН.

Водоизмещение КИК пр. 1914 составило более 25 000 т, скорость полного хода превысила 22 уз. Главная энергетическая установка – дизельная (4 дизеля по 8 000 л. с.), двухвальная, дальность плавания – более 16 000 миль, а автономность – 120 суток. Головной корабль пр. 1914 «Маршал Неделин» был построен на ССЗ Ленинградское Адмиралтейское объединение в 1983 г. До развала СССР был построен еще один КИК «Маршал Крылов» по

несколько измененному проекту 1914. Согласно работе [2] корабли измерительного комплекса являются новым подклассом разведывательных кораблей.

Учитывая тот факт, что Российские Военно-космические силы в ходе «перестройки» потеряли несколько важных элементов своей инфраструктуры на Украине, Казахстане и Узбекистане, а средства наземного комплекса управления, оставшиеся на территории Российской Федерации, снизили эффективность в связи с выработкой технического ресурса, было бы вполне оправдано использование третьего поколения КИК, вооруженных новейшей измерительной техникой. К глубокому сожалению, эти комплексы в настоящее время практически не используются по своему прямому назначению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Покровский Б. А. Я – «ЗАРЯ». – Машиностроение, 1985. –144 с.
2. Кузин В. П., Никольский В. И. Военно-Морской Флот СССР 1945–1991. – СПб.: Историческое Морское Общество, 1996. – 614 с.

THE PACIFIC OCEANOGRAPHIC EXPEDITION

V. I. Loboiko
(GNINGI, RF MoD)

The brief characteristics of the first- and second-generation instrumentation ships and their equipment is presented. The work that was carried out by these ships in the ocean is described.

НАШ ВЕТЕРАН. К ВОСЬМИДЕСЯТИЛЕТИЮ В. А. КОУГИЯ

Коугия Вилио-Ристо Александрович родился в 1928 году.

Известный ученый, гидрограф-геодезист, д. т. н., профессор, заслуженный геодезист. Уволен в запас в 1957 году.

В 1944–1946 учился в Ленинградском ВМПУ, затем закончил гидрографический факультет ВВМУ им. М.Фрунзе (1950).

По окончании училища по март 1957 г. В. А. Коугия служил в Северной ГЭ СФ на должностях гидрографа, старшего гидрографа, командира геодезической партии. Участвовал в создании сетей триангуляции на о-вах Колгуев и Новая Земля, а также в бухтах западного побережья Баренцева моря и Кольского залива. Выполнил расчеты и разбивку створов для входа в губу Черная, расчеты и разбивочные работы для расстановки оборудования при подготовке полигона для испытаний атомного оружия на Новой Земле.

После увольнения в запас В. А. Коугия поступил на должность старшего научного сотрудника в НИИГИ, где более 10 лет вел исследования по автоматизации гидрографических работ на основе использования ЭВМ и по созданию судовых систем автоматизации гидрографических работ. С сентября 1968 г. В. А. Коугия перешел в ЛИИЖТ на должность профессора. С 1970 г. заведует кафедрой геодезии.

Научные интересы В. А. Коугия связаны главным образом с развитием теории обработки результатов измерений и ее приложений к решению задач гидрографии, навигации и геодезии.

В области гидрографии им созданы первые в стране комплексные судовые системы автоматизации гидрографических работ. Разработана теория и строгие методы решения совместного уравнивания одновременно выполненных на промерном галсе обсервационных измерений и счисления, совместного уравнивания измерений, выполненных на пересекающихся галсах, отбора глубин для нанесения на планшет, безитерационного вычисления расстояний до гидроакустических маяков, в том числе при переменных градиентах скорости звука. В области морской навигации В. А. Коугия ввел матричное исчисление, предложил строгое решение задачи определения места по зависимым измерениям, содержащим случайные и систематические погрешности, методы вычисления на корабельной ЭВМ экваториальных координат звезд, Солнца, планет и Луны без привлечения ежегодников. В области геодезии В. А. Коугия составил для ЭВМ первую программу, автоматизирующую уравнивание сети триангуляции, первое строгое решение проблемы учета погрешностей исходных данных при уравнивании геодезических сетей. Решил задачу обнаружения грубых ошибок измерений по результатам уравнивания. Разработал концепцию создания геодезической основы строительства железной дороги с помощью спутниковых измерений, существенно меняющую технологию изысканий на

строительстве высокоскоростной магистрали Санкт-Петербург – Москва. Разработал косую проекцию, позволяющую для протяженной произвольно направленной трассы ввести плоскую систему координат и с высокой точностью изобразить трассу на плоскости.

В. А. Коугия – автор около 200 научных трудов, в числе которых ряд монографий, учебников, изобретений и статей, 12 опубликованных методических указаний. За рубежом опубликовал три монографии и несколько докладов.

В. А. Коугия активно участвует в работе общественных организаций: избран в члены Международной академии информатики, в Обществе геодезистов, Географическом обществе и др.

В. А. Коугия – хороший спортсмен-лыжник.

Имя В. А. Коугия занесено в книгу почета Института (1960).

Коллектив Института и редакционная коллегия журнала «Навигация и гидрография» поздравляют Коугия Вилио-Ристо Александровича с юбилеем – 80-тилетием со дня рождения, желают успехов и всего наилучшего.

OUR VETERAN: ON THE OCCASION OF THE 80-th BIRTHDAY OF W.A. KOUGIYA.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

АЛЕКСЕЕВ Сергей Петрович, начальник ГНИНГИ МО РФ, заслуженный военный специалист РФ, председатель СПб регионального отделения Российского общественного института навигации, академик Академии транспорта РФ, контр-адмирал, докт. техн. н. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – штурман. Автор более 200 печатных трудов.

БОГДАНОВИЧ Михаил Леонидович, начальник отдела ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга, канд. техн. н., доцент. Окончил Высшее военно-морское училище подводного плавания, Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация: навигационно-гидроакустические системы и измерители скорости. Автор более 50 печатных трудов.

БРОДСКИЙ Павел Григорьевич, заместитель главного инженера ГНИНГИ, капитан 1 ранга, докт. воен. н. Окончил Каспийское ВВМУ, Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация: штурман. Автор около 100 печатных трудов.

ГАСНИКОВ Олег Александрович, старший научный сотрудник ГНИНГИ. Окончил Ленинградское высшее инженерное морское училище им. адм. С. О. Макарова, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Специализация: гидрометеорология, вычислительная техника. Автор более 20 научных публикаций.

ГОРДЕЕВА Светлана Михайловна, ведущий инженер Санкт-Петербургского филиала Института океанологии РАН. Окончила Ленинградский Гидрометеорологический институт. Специальность – инженер-океанолог. Автор более 30 научных работ.

ДАДАШЕВ Анатолий Аганасирович, профессор кафедры гидрографии Санкт-Петербургского военно-морского института – Морского корпуса Петра Великого, канд. в.-м. н., капитан 1 ранга в отставке. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе, ВРОК, адъюнктуру при ВВМУ им. М. В. Фрунзе. Специализация – гидрографические исследования и их автоматизация. Автор около 50 печатных трудов, в том числе двух монографий.

Sergey P. ALEKSEYEV, Chief of the State Research Navigation-Hydrographic Institute, RF MoD, Rear-Admiral, DSc, Honoured Military Specialist, chairman of St. Petersburg regional branch of the Russian Public Institute of Navigation, member of the Academy of Transport, RF. Graduated from Frunze Naval College and Naval Academy. Speciality: navigation. Author of more than 200 publications.

Mikhail L. BOGDANOVITCH, chief of Division, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, MoD RF, Captain 1-st rank., CandS, reader. Graduated from the Naval College of Submerged Sailing, Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigation-hydroacoustic systems and speed sensors. Author of more than 50 publications.

Pavel G. BRODSKY, Deputy chief Engineer of the the State Research Navigation-Hydrographic Institute, RF MoD, Captain 1-st rank, DSc. Graduated from Caspian Naval College and Naval Academy. Speciality: navigation. Author of about 100 publications.

Oleg A. GASNIKOV, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, RF MoD. Graduated from Leningrad Higher Engineering Marine College and St. Petersburg State Polytechnical University. Speciality: hydrometeorology, computer science. Author of more then 20 publications.

Svetlana M. GORDEEVA, leading engineer, St. Petersburg Branch, Shirshov Institute of Oceanology, RAS. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute. Speciality: engineer-oceanologist. Author of more than 30 publications

Anatoly A. DADASHEV, professor, Chair of Hydrography, St. Petersburg Naval Institute – Peter the Great Maritime Corps, CandSc, Captain 1-st rank. Graduated from Frunze Naval College), Higher Radiolocation Officers' Classes, postgraduate studies at Frunze Naval College. Speciality: hydrographic explorations and their automatization. Author of about 50 publications, including 2 monographs.

ДОБРОТВОРСКИЙ Александр Николаевич, зам. начальника ГНИНГИ, член-корреспондент Академии Инженерных наук РФ, полковник, докт. техн. н., профессор. Окончил военную инженерно-космическую академию им. А. Ф. Можайского. Специализация: системное проектирование. Автор около 170 печатных трудов.

ЖУКОВ Юрий Николаевич, ведущий научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, докт. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – гидрометеорология. Автор более 30 печатных трудов.

ИВАНОВ Борис Евгеньевич, главный научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н., профессор, лауреат Государственной премии РФ, заслуженный деятель науки и техники, председатель секции НТО им. акад. А. Н. Крылова. Окончил Балтийское высшее военно-морское училище, Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – морская геодезия, гравиметрия, гидрография, навигация. Автор около 200 печатных трудов.

ЛЕДЕНЕВ Николай Иванович, начальник управления ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга, канд. техн. н. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – штурман, специалист по техническим средствам навигации. Автор более 30 печатных трудов.

ЛОБОЙКО Борис Иванович, ведущий научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга в запасе, докт. техн. н., академик Академии военных наук, почётный радист. Окончил Высшее военно-морское училище радиоэлектроники им. С. Попова. Специализация – радиосвязь, навигация. Автор более 90 печатных трудов.

ЛЬВОВ Константин Петрович, ведущий инженер-программист ОАО «Концерн «Океанприбор»». Окончил Ленинградский электротехнический институт. Область научных интересов: доплеровские лаги. Автор пяти авторских свидетельств (патентов) на полезные модели. Автор и соавтор около 20 научных публикаций.

Alexandr N. DOBROTVORSKY, Deputy Chief of the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Colonel, DSc, professor, Corresponding Member of the Academy of Engineering Sciences RF. Graduated from Mozhaisky Military Space Academy. Speciality: system design. Author of about 170 publications.

Yuri N. ZHUKOV, leading researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, MoD RF, DSc. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute. Speciality: hydrometeorology. Author of more than 30 publications.

Boris E. IVANOV, chief researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, RF MoD, Captain 1-st rank (Ret.), DSc, professor, RF State Prize Winner, Honoured Scientist, chairman of Krylov STO section. Graduated from Baltic Naval College and Naval Academy. Speciality: marine geodesy, gravimetry, hydrography, navigation. Author of about 200 publications.

LEDENYOV Nikolai I., chief of the department, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, MoD RF, Captain 1-st rank, CandSc. Graduated from Frunze Naval College and Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigator, specialist in technical aids to navigation. Author of more than 30 publications.

Boris I. LOBOIKO, leading researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, RF MoD. Captain 1st rank (Ret.), DSc, academician of the Academy of Military Sciences, Honoured Radio Specialist. Graduated from Popov Naval College of Radioelectronics. Speciality: radio communications, navigation. Author of more than 90 publications.

Konstantine P. L'VOV, leading engineer-programmer, «Concern «Okeanpribor»», open-type joint stock company. Graduated from Leningrad Electrotechnical Institute. Speciality: Doppler logs. Author and co-author of about 20 publications.

МАЛЕЕВ Павел Иванович, ведущий научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н. Окончил Казахский государственный университет, Специальные курсы при Военно-морской академии им. А. Н. Крылова. Специализация – технические средства навигации. Автор около 250 печатных трудов.

МАСТРЮКОВ Сергей Иванович, начальник отдела ГНИНГИ МО РФ, полковник, канд. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – океанология. Автор около 100 печатных трудов.

НЕКРАСОВ Сергей Николаевич, старший научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга (в отставке), докт. техн. н., профессор. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – навигация. Автор более 140 печатных трудов.

САФРАЙ Аркадий Саулович, заведующий лабораторией Санкт-Петербургского филиала Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, кандидат физ.-мат. наук. Окончил Ленинградский Гидрометеорологический институт, курсы при математико-механическом факультете Ленинградского государственного университета. Специализация: математика, метеорология. Автор более 50 трудов, в том числе три монографии.

СОЛОЩЕВ Александр Николаевич, старший научный сотрудник ГНИНГИМО РФ. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – штурман. Автор около 70 печатных трудов.

ФИЛИН Валентин Алексеевич, ст. н. сотр. НИЦ РЭВ ВМФ – филиал ФГУП «24 НИИ МО РФ», докт. техн. н. Окончил Ленинградский государственный университет. Специализация – гидроакустика. Автор более 70 научных работ.

ФРОЛОВ Дмитрий Александрович начальник лаборатории капитан-лейтенант запаса Окончил Санкт-Петербургский Военно-Морской Институт. Специализация – навигация. Автор двух научной публикации

Pavel I. MALEYEV, leading researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, RF MoD. Captain 1st rank (Ret.), DSc. Graduated from Kazakh State University, Specialized Course at Krylov Naval Academy. Speciality: technical means of navigation. Author of about 250 publications.

Sergei I. MASTRYUKOV, chief of division, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, MoD RF, Colonel, CandSc. Graduated from St. Petersburg Hydrometeorological Institute. Speciality: oceanology. Author of about 100 publications.

Sergei N. Nekrasov, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute. Captain 1st rank (Ret.), DSc, professor. Graduated from Frunze Naval College and Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigation. Author of more than 140 publications.

Arcady S. SAFRAI, head of laboratory, St. Petersburg Branch, Shirshov Institute of Oceanology, RAS, CandSc. Graduated from St. Petersburg Hydrometeorological Institute and courses at the mathematical faculty of Leningrad State University. Speciality: mathematics, meteorology. Author of more than 50 publications, including three monographs.

Alexander N. SOLOSHCHEV, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute. Graduated from Frunze Naval College and Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigator. Author of about 70 publications.

Valentin A. FILIN, senior researcher, the Navy Research Centre of Radioelectronic Armament – the Branch of Federal State Enterprise «24 Research Institute, RF MoD». Graduated from Leningrad State University. Speciality: hydroacoustics. Author of more than 70 scientific publications

Dmitry A. FROLOV, chief of laboratory, the State Research Navigation-Hydrographic Institute. Graduated from St. Petersburg Naval Institute. Speciality: navigation. Author of two scientific publications.

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

**Информация о правилах оформления подписки на издания
Государственного научно-исследовательского
навигационно-гидрографического института
Министерства обороны Российской Федерации**

Юридические и физические лица могут приобрести следующие издания ГНИНГИ Минобороны России: журнал «Навигация и гидрография», материалы Российской научно-технической конференции «Современное состояние и проблемы навигации и океанографии».

Приобрести издания можно, оформив заказ на номер/номера журнала и/или сборники докладов конференций НО-2004, НО-2007 как за наличный, так и безналичный расчет.

Заказ можно оформить на любой номер журнала, начиная с первого.

Время оформления подписки или заказа не ограничено.

В 2008 году ГНИНГИ Минобороны России будут изданы журналы «Навигация и гидрография» №26 и №27.

Цена одного номера (выпуска):

- журнала «Навигация и гидрография» – 190 руб.;
- сборника «Труды конференции "НО-2004"» в двух томах – 500 руб.;
- сборника «Труды конференции "НО-2007"» – 1500 руб.;
- сборника «Труды конференции "НО-2007"» на CD – 500 руб.;

Заполненный бланк-заказ просим высылать

Начальнику ГНИНГИ Минобороны России

Кожевническая линия 41, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

Копию платежного поручения просим направить начальнику отдела научно-технической информации Бахмутову В.Ю. по факсу (812) 327-99-80 или электронной почтой на E-mail gningi@navy.ru

Глубокоуважаемые коллеги!

Приглашаем Вас к сотрудничеству в журнале «**Навигация и гидрография**», издаваемом с 1995 г. Государственным научно-исследовательским навигационно-гидрографическим институтом Министерства обороны Российской Федерации.

В журнале публикуются результаты исследований в области навигации, гидрографии, океанографии, гидрометеорологии, морской картографии, морской геофизики и экологии. Издание освещает концептуальные научные положения и осуществляет оперативную публикацию новейших теоретических исследований. Журнал знакомит с передовыми техническими достижениями, с материалами симпозиумов, конференций и хроникой важнейших событий научной жизни. Статьи журнала рецензируются.

Журнал распространяется по подписке. Кроме того, он поступает в Генеральный штаб ВС РФ, Главный штаб ВМФ, УНиО МО РФ, органы управления флотов, научно-технические библиотеки высших военно-морских учебных заведений, научно-исследовательских организаций, крупнейшие библиотеки России.

Информация для авторов

Журнал выходит два раза в год. Статьи, предназначенные для первого номера, принимаются до конца марта, а для второго – до конца сентября текущего года.

Требования к оформлению материалов

Статьи принимаются на дискетах 3,5" или CD в формате текстового редактора MS Word с приложением текста на бумаге (шрифт – Times New Roman размером 14, межстрочный интервал 1,5). Все материалы должны быть подписаны авторами.

Объем статьи не должен превышать 0,5 авторского листа (20 000 печатных знаков), включая рисунки, таблицы и список литературы.

Название статьи должно в наиболее краткой форме отражать ее содержание.

В статье указывается *индекс ГРНТИ*. К работе прилагается *аннотация* (объемом не более 150 слов) и *сведения об авторах* (ФИО полностью; полное название учреждения, где работает автор; должность; ученая степень; воинское звание; год окончания и полное название высшего учебного заведения, которое закончил автор; специализация, количество опубликованных научных трудов). Аннотация и сведения об авторах представляются *отдельными файлами*. Следует указать почтовый и электронный *адреса авторов*, а также служебные и домашние номера телефонов. К рукописи прилагается *сопроводительное письмо* организации и один экземпляр *экспертного заключения* о возможности открытого опубликования представленных материалов.

Для написания формул и символов, входящих в формулы, следует использовать редактор формул MS Word.

Используемые в статье *величины и единицы измерения* должны соответствовать стандартным обозначениям согласно Международной системе единиц СИ.

Рисунки представляются *отдельным файлом* в форматах *.bmp, *.jpg или *.gif с разрешением до 300 dpi. Все рисунки должны быть размером не более 210×140 мм и иметь порядковые номера и подписи.

Таблицы должны иметь порядковые номера и названия. Ширина таблицы не должна превышать 140 мм.

Список использованной литературы составляется на языке оригинала (исключение – языки с иероглифическим написанием слов) в порядке ссылок на источники по тексту. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках, где указывается номер работы по списку. В списке литературы указываются: фамилии и инициалы авторов, полное название книги или статьи, название сборника, город, издательство, год, том, номер, страницы.

Материалы, отправляемые по электронной почте, следует направлять в виде присоединенных к письму файлов. Графические файлы не должны содержать более одного рисунка.

Адрес редакции: ГНИНГИ МО РФ,
199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Кожевенная линия, 41
Главному редактору журнала "Навигация и гидрография"
Алексееву Сергею Петровичу
Телефон/ Факс: (812) 322-21-13
E-mail: gningi@navy.ru



ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 2008, №26

Научный редактор П. И. Малеев
Редактор И. Ю. Бугрова
Компьютерная верстка: И. А. Власов

Подписано в печать 31.07.2008 г.
Тираж 200 экз.
Заказ № 39 от 10.08.2008 г.

Журнал зарегистрирован в Федеральном агентстве по печати и массовым коммуникациям.
Свидетельство о регистрации ПИ 013271.

Подписной индекс в каталоге «Издания органов НТИ» Агентства «Роспечать» 60941

© Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт Министерства обороны Российской Федерации