

ISSN 2220-0983

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

34/2012

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ



Санкт-Петербург

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

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**34
2012**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

**Главный редактор
к. т. н. С. Б. Курсин**

Редакционная коллегия:

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);
к. в. н. В. Ю. Бахмутов (ответственный за выпуск); д. в. н., проф. А. И. Исмаилов;
д. в. н., проф. В. А. Катенин; к. т. н. Н. И. Леденев; к. т. н. С. И. Мастрюков;
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;
д. т. н., профессор К. Г. Ставров

Журнал «Навигация и гидрография» включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»

Электронная версия журнала размещена на сайте www.gningi.ru

**© Открытое акционерное общество
«Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт»
2012**

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

PUBLISHED SINCE 1995

**34
2012**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint-Petersburg

Editor-in-chief
S. B. Kursin, CandSc

Editorial board

P. Brodsky (vice-editor-in-chief), DSc, professor;
P. Maleyev, DSc (science editor); I. Bugrova (editor), CandSc;
V. Bakhmutov (the issue manager), CandSc; A. Ismailov, DSc, professor;
V. Katenin, DSc, professor; N. Ledenev, CandSc;
S. Mastryukov, CandSc; N. Neronov, DSc, professor;
V. Peresyphkin, DSc, professor; V. Peshekhonov, DSc, Acad. RAS;
Yu. Rumyantsev, CandSc; A. Sazonov, CM RAS; A. Sorokin, DSc, CM RAS;
K. Stavrov, DSc, professor

© Open Joint Stock Company
«The State Research Navigation-Hydrographic Institute»

2012

СО Д Е Р Ж А Н И Е

О современной технической политике в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности и ее реализации в планах инновационного развития ОАО «ГНИНГИ». О. А. Гуляев, С. Б. Курсин, С. В. Травин	9
--	---

НАВИГАЦИЯ

Реализация концепции информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий (ИПИ) как один из приоритетов современной технической политики в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. П. Г. Бродский, Г. Д. Литвинов, А. А. Лобанов	15
Бесплатформенная модификация морской интегрированной малогабаритной системы навигации и стабилизации «Кама-НС». А. Г. Андреев, В. С. Ермаков, В. К. Струк, М. Б. Мафтер, Г. А. Левит, М. Ю. Смирнов	22
Методические основы анализа рисков адаптивных информационно-измерительных навигационных систем. А. Д. Голяков, И. В. Фоминов	28
Градиентная модель программного движения судна. А. А. Мироненко	35
О едином информационном пространстве в судостроительной отрасли. Е. Н. Карташев, В. С. Красовский	43
Информационная поддержка (обеспечение) технической готовности морских средств навигации в условиях перехода к новому облику Вооруженных сил Российской Федерации. С. В. Травин, А. Н. Солнцев, С. И. Биденко	48

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

Метод выявления репрезентативных критических точек земной поверхности. Ю. Н. Жуков	56
Метод вычисления основных форм поверхности рельефа Земли. Ю. Н. Жуков	65
Область влияния Белого моря в задаче о динамике приливов в соседних окраинных морях. Б. А. Каган, Е. В. Софьина, Э. Х. А. Рашиди	75

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Особенности влияния метеорологических параметров на сбалансированность морских экосистем и на результат измерения солености морской воды. Ф. Г. Агаев, Ф. Ф. Гулиев, Х. Г. Асадов	79
--	----

Автоматизированная поддержка принятия решений на основе ансамблевых гидрометеорологических прогнозов. А. В. Дикинис, И. А. Галкин, В. А. Кузьмин, А. Г. Сурков, Д. В. Шилов.....	85
Специализированное гидрометеорологическое и экологическое обеспечение морских портов. А. В. Дикинис, М. Э. Иванов, В. А. Кузьмин, Д. В. Шилов	91
Научно-исследовательский океанографический центр Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института. К. Г. Ставров, Н. А. Кольшев, С. Б. Балясников.....	97

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Крупнейшее открытие русских военных гидрографов (к 100-летию открытия архипелага Северная Земля). В. И. Корякин.....	103
---	-----

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	116
----------------------------------	-----

РЕФЕРАТЫ.....	124
----------------------	-----

C O N T E N T S

On the Current Technical Policy in the Sphere of Navigation-Hydrographic Support for the Maritime Activities and its Implementation in the Plans of Innovation Development of “GNINGI” OJSC. O. A. Gulyaev, S. B. Kursin, S. V. Travin	9
--	---

NAVIGATION

Implementation of Information Support for Processes of Life Cycle of Products (ISP) as One of the Priorities for Current Technical Policy in the Area of Navigation-Hydrographic Support for Maritime Activities. P. G. Brodsky, G. D. Litvinov, A. A. Lobanov	15
Strap-down Modification of the Marine Integrated Small-size Navigation and Stabilization System “Kama-NS”. A. G. Andreyev, V. S. Yermakov, V. K. Struk, M. B. Mafter, G. A. Levitt, M. Y. Smirnov	22
The Methodological Basis of the Analysis of Risks for Adaptive Information-measuring Navigation Systems. A. D. Golyakov, I. V. Fominov	28
The Gradient Model of the Programmed Vessel’s Movement. A. A. Mironenko	35
On Unified Information Space in Shipbuilding Branch. E. N. Kartashev, V. S. Krasovsky	43
Information Support for Technical Readiness of Marine Aids to Navigation in the Conditions of Transition to the New Aspect of the RF Armed Forces. S. V. Travin, A. N. Solntsev, S. I. Bidenko	48

HYDROGRAPHY AND MARINE CARTOGRAPHY

Method of Finding the Representative Critical Points for the Earth’s Surface. Y. N. Zhukov	56
Method of Calculating the Main Forms of the Earth’s Relief Surface. Y. N. Zhukov	65
The Influence Domain of the White Sea in the Tidal Dynamics Problem in Adjacent Seas. B. A. Kagan, E. V. Sofina, E. H. A. Rashidi	75

HYDROMETEOROLOGY

Features of Effect of Meteorological Parameters on Balanced Condition of Maritime Ecosystems and Results of Sea Surface Salinity Measurements. F. G. Agayev, F. F. Guliyev, H. H. Asadov	79
Automated Decision-making Support Based on Ensemble Hydrometeorological Forecasts. A. V. Dikinis, I. A. Galkin, V. A. Kuzmin, A. G. Surkov, D. V. Shilov	85

Purpose-oriented Hydrometeorological and Ecological Support for Sea Ports. A. V. Dikinis, M. E. Ivanov, V. A. Kuzmin, D. V. Shilov	91
Research Oceanographic Centre of the State Research Navigation-Hydrographic Institute. N. A. Kolyshev, S. B. Balyasnikov, K. G. Stavrov.....	97

PAGES OF HISTORY

The Greatest Discovery of the Russian Military Hydrographers (On the Occasion of the 100-th Anniversary of Discovery of the Novaya Zemlya Archipelago). V. I. Koryakin.....	103
--	-----

INFORMATION ABOUT AUTHORS	116
--	-----

ABSTRACTS	124
------------------------	-----

УДК 656.6:551.48

**О СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКЕ В ОБЛАСТИ
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ В ПЛАНАХ ИННОВАЦИОННОГО
РАЗВИТИЯ ОАО «ГНИНГИ»**

О. А. ГУЛЯЕВ (ОАО «Ремвооружение»),
С. Б. КУРСИН, С. В. ТРАВИН (ОАО «ГНИНГИ»)

Изложены современные подходы к уточнению технической политики в области НГО морской деятельности и основные направления их реализации в планах и программе инновационного развития ОАО «ГНИНГИ», рассмотрены современные формы научно-производственной кооперации. Определен инновационный путь развития института и подчиненных предприятий навигационного приборостроения, обслуживания и ремонта.

Совершенствование научной деятельности обеспечивается достижениями отечественной морской науки, фундаментальными и прикладными исследованиями и разработками. Решение долгосрочных задач на указанном функциональном направлении предполагает продолжение научных исследований проблем навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) как части мер безопасности морской деятельности. При современном состоянии НГО морской деятельности важное значение для ее совершенствования имеет разработка соответствующей технической политики по обеспечению безопасности и обороноспособности Российской Федерации на уровне, позволяющем оперативно реагировать на возникающие угрозы.

Для достижения этой цели должны быть определены условия и механизмы, направленные на долгосрочное развитие и технологическую модернизацию ведущих отраслей промышленности, соответствующие стратегическим направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, приоритетному развитию критических и промышленных технологий. В данном контексте представляет безусловный интерес рассмотрение возможности формирования кластеров, технологических платформ и направлений их развития как современной формы научно-производственной кооперации, обеспечивающей организацию эффективного взаимодействия всех заинтересованных сторон.

Одной из современных форм научно-производственной кооперации в области НГО является участие ОАО «ГНИНГИ» и подчиненных ему предприятий (ОАО «18 СКТБ ВМФ», ОАО «780 РЗ ТСК» и ОАО «СКАТ-28 ВЗ») в деятельности платформ ОАО «Оборонсервис». В частности, программой инновационного развития ОАО «ГНИНГИ» на 2012–2020 гг. планируется участие:

- в деятельности технологической платформы ОАО «Оборонсервис» «Моделирование и технологии эксплуатации высокотехнологичных систем»;
- во внедрении новых технологий, создаваемых в рамках технологических платформ «Войны будущего», «Технологии экологического развития», участником которых является ОАО «Оборонсервис».

В рамках настоящей статьи рассматривается участие ОАО «ГНИНГИ» только в деятельности технологической платформы «Моделирование и технологии эксплуатации высокотехнологичных систем», которая рассматривается как коммуникационная площадка для взаимодействия бизнеса, науки, потребителей и государства по вопросам модернизации и научно-технического развития по определённым технологическим направлениям.

Основные направления функционирования данной технологической платформы определяются с учетом специфики применения информационных технологий и средств автоматизации в отраслях и секторах экономики, к которым она относится (в авиастроении, кораблестроении, машиностроении, атомной промышленности, энергетике, оборонной промышленности, информационно-коммуникативном секторе и в других областях и секторах экономики Российской Федерации). Технологическая платформа призвана аккумулировать передовые достижения в области науки (математики, физики, информатики, прикладной механики и др.), базовых и критических военных и промышленных технологий (компьютерного и имитационного моделирования: 2D-, 3D-модели и 6D-технологии) и техники.

Предполагается, что основные усилия участников технологической платформы на первом этапе будут сосредоточены на направлениях, которые:

- обеспечивают качественную научно-исследовательскую, образовательную и внедренческую базу для создания условий технологического прорыва на основе новейших информационных систем поддержки жизненных циклов продукции (в том числе ИПИ-технологий с использованием 2D- и 3D-моделей и 6D-технологий);
- наиболее востребованы практикой работ, способных быстро пройти стадию НИОКР и стать основой для эффективного бизнеса;
- позволяют создавать перспективные средства имитационного и виртуального моделирования, планирования и оперативного управления для систем нового поколения;
- обеспечивают соответствие прогнозируемых результатов функционирования технологической платформы мировому уровню развития науки и техники.

Задачей технологической платформы является не только создание научно-производственной кооперации, но и организация эффективного взаимодействия всех заинтересованных сторон – образования, науки, производства, бизнеса и государства, направленного на разработку, освоение и внедрение новых технологий, инновационных решений в области создания, эксплуатации и применения технических средств НГО и аварийно-спасательного обеспечения (АСО).

Основными направлениями деятельности ОАО «ГНИНГИ» как участника технологической платформы «Моделирование и технологии эксплуатации высокотехнологичных систем» в части морских средств навигации и океанографии (МСНиО) и технических средств АСО являются:

1. Разработка, развитие и внедрение модульных многофункциональных средств (в том числе встраиваемых) измерения и диагностирования, комплексного экспресс-тестирования и оценки технического состояния средств, реализация комплексных научно-технических решений в создании стационарных и мобильных унифицированных пунктов технического обслуживания и ремонта средств НГО и АСО.

2. Обеспечение готовности к применению, сервисное обслуживание, выполнение авторского надзора принятых в эксплуатацию систем и комплексов НГО и АСО.

3. Разработка, развитие и внедрение инновационных (в том числе информационных) технологий в области технического обслуживания специальной техники.

4. Разработка программных средств в интересах подготовки специалистов технического обслуживания специальной техники.

Участие ОАО «ГНИНГИ» в деятельности платформы «Моделирование и технологии эксплуатации высокотехнологичных систем» должно быть направлено на решение следующих основных задач:

– технологическую модернизацию процессов создания и сопровождения на всех фазах жизненного цикла МСНиО и технических средств АСО как высокотехнологичных систем на основе их полных электронных 2D- и 3D-моделей и 6D-технологий;

– создание базы данных электронных моделей и электронной документации (конструкторской, эксплуатационной, технологической, ремонтной и др.) на высокотехнологичные системы – МСНиО и технические средства АСО;

– разработку, поиск «прорывных» технологий, обеспечивающих возможность создания высокотехнологичной, конкурентоспособной продукции и рынка услуг в области НГО, АСО и смежных областях;

– существенное сокращение временных, материальных и финансовых затрат на создание, поддержание в эксплуатации и утилизацию сложных высокотехнологичных систем – МСНиО и технических средств АСО.

В рамках технологической платформы ОАО «ГНИНГИ» предполагается участие в развитии и использовании:

а) технологии моделирования эксплуатации высокотехнологичных систем на всех этапах жизненного цикла изделий;

б) технологии интеграции сложных технических систем, в том числе диагностических, измерительных и тренажёрных средств;

а) технологии непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделий с приоритетом этапов эксплуатации и ремонта техники.

В качестве первоочередных мероприятий, реализуемых в рамках технологической платформы, предполагается:

а) разработка и внедрение информационно-моделирующей среды (ИМС) как системообразующей технологии, модульных многофункциональных средств (в том числе встраиваемых) измерения и диагностирования, комплексного экспресс-тестирования и оценки технического состояния высокотехнологичных систем;

б) доработка существующей нормативной правовой базы, регулирующей эксплуатацию продукции (в первую очередь, в направлениях унификации, стандартизации и повышении качества продукции);

в) разработка и внедрение технологий моделирования в сферу *эксплуатации* наукоёмких систем, включая неконтактные системы контроля, диагностики и комплексной оценки технического состояния.

Результаты, полученные в рамках технологической платформы, должны быть внедрены в бизнес-процессы Компании, что позволит повысить качество эксплуатации и ремонта образцов МСНиО.

Для реализации задач технологической платформы «Моделирование и технологии эксплуатации высокотехнологичных систем» ОАО «Оборонсервис» в области НГО ОАО «ГНИНГИ» разработаны предложения по формированию высокотехнологичного кластера «НГО морской деятельности».

Основными предпосылками формирования научно-производственного кластера ОАО «Ремвооружение» являются:

- стратегический курс руководства страны на модернизацию производств с использованием механизма инновационной деятельности, в том числе в области НГО как составной части безопасности морской деятельности;
- состояние, специфика и перспективы развития НГО как важнейшего вида обеспечения морской деятельности с приоритетом интересов Минобороны;
- наличие программно-плановых документов, определяющих инновационное развитие, в том числе в области НГО в рамках деятельности ОАО «Ремвооружение»;
- возможность консолидации ресурсов и планов развития учреждений науки, образования и промышленных предприятий как военного, так и гражданского секторов;
- наличие в рассматриваемой области инновационных разработок, информационных и технологичных фондов, патентной базы;
- бизнес-план проекта структуризации предприятий ОАО «Ремвооружение» на 2012 г., которым предусматривается формирование научно-производственного ресурса, направленного на осуществление единого технологического цикла разработки, сервисного обслуживания и ремонта морских средств навигации и океанографии на системной основе. Это мероприятие может рассматриваться как основание для его реализации в форме нового научно-производственного кластера (далее – кластер) по направлению НГО, представленного на рисунке.



Рис. Кластер НГО морской деятельности

Формирование такого кластера как формы научно-производственной кооперации в структуре субхолдинга ОАО «Ремвооружение» должно обеспечить реализацию задач технологической платформы «Моделирование и технологии эксплуатации высокотехнологичных систем» ОАО «Оборонсервис» в области НГО.

Основной целью создания нового научно-производственного кластера является организация, развитие, внедрение инноваций и коммерциализация перспективных высокотехнологичных разработок в области НГО в интересах решения актуальных государственных задач с приоритетом Минобороны России, реализация масштабных проектов коммерческих и государственных Заказчиков на основе привлечения мореведческих организаций и функциональных возможностей технологических платформ.

Предложения ОАО «ГНИНГИ» по формированию высокотехнологичного кластера «НГО морской деятельности» основываются на следующих основных документах:

- Программа инновационного развития ОАО «Оборонсервис» по участию в формировании и деятельности территориальных инновационных кластеров.
- Бизнес-план проекта структуризации ДЗО (дочерних зависимых обществ) ОАО «18 СКТБ ВМФ», ОАО «780 РЗ ТСК» и ОАО «СКАТ-28 ВЗ», входящих в состав субхолдинга ОАО «Ремвооружение», в форме присоединения к ОАО «ГНИНГИ» и их развития на 2012–2014 г.
- Программа инновационного развития ОАО «ГНИНГИ» на 2012–2020 гг.
- План ОАО «ГНИНГИ» по участию в деятельности технологических платформ по приоритетным направлениям НГО.

Реализация требований и положений указанных программно-плановых документов предполагает проведение комплекса взаимосвязанных мероприятий и работ, обеспечивающих инновационное развитие ОАО «ГНИНГИ» и присоединяемых к нему предприятий навигационного приборостроения, обслуживания и ремонта.

Положения и мероприятия указанных документов позволяют считать возможным и целесообразным формирование высокотехнологичного кластера «НГО морской деятельности» с участием и при ведущей роли ОАО «ГНИНГИ» в составе:

- ОАО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» («ГНИНГИ»);
- ОАО «18 Специализированное конструкторско-технологическое бюро Военно-Морского Флота» («18 СКТБ ВМФ»);
- ОАО («780 Ремонтный завод технических средств кораблевождения» («780 РЗ ТСК»);
- ОАО «Спасательные комплексы и акватехника -28 военный завод» (СКАТ-28 ВЗ»).

Разработка и реализация кластерной политики в сфере совершенствования систем НГО на основе ресурсов и потенциала кластера будет способствовать росту конкурентоспособности бизнеса, повышению эффективности взаимодействия участников кластера, расширению доступа к инновациям, технологиям «ноу-хау», специализированным услугам и высококвалифицированным кадрам.

Формирование и развитие научно-производственного кластера по обеспечению морской деятельности в области НГО явится эффективным механизмом привлечения прямых инвестиций в Компанию. Результаты этой интеграции позволят существенно

поднять уровень технологической базы компаний, входящих в кластер, повысить скорость и качество их экономического роста за счёт повышения конкурентоспособности на внутреннем рынке.

ON THE CURRENT TECHNICAL POLICY IN THE SPHERE OF NAVIGATION-HYDROGRAPHIC SUPPORT FOR THE MARITIME ACTIVITIES AND ITS IMPLEMENTATION IN THE PLANS OF INNOVATION DEVELOPMENT OF "GNINGI" OJSC

O. A. Gulyaev («Remvooruzheniye» JSC), **S. B. Kursin, S. V. Travin** («GNINGI» OJSC)

The current views on specifying the technical policy in the sphere of navigation-hydrographic support for the maritime activities and the main directions of their implementation in the plans and program of «GNINGI» OJSC innovation development are presented. The present-day forms of scientific-production cooperation are considered. The innovation way of development for the Institute and subordinate enterprises of navigation device engineering, maintenance and repair is determined.

НАВИГАЦИЯ

УДК 656.6:551.48

**РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ
ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ (ИПИ) КАК ОДИН ИЗ
ПРИОРИТЕТОВ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

П. Г. БРОДСКИЙ, А. А. ЛОБАНОВ (ОАО «ГНИНГИ»),
Г. Д. ЛИТВИНОВ (НИИ оперативно-стратегических
исследований строительства ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»)

Излагаются современные представления о пути развития технической политики в области НГО морской деятельности на основе использования концепции информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий (ИПИ) как научного инструмента технологической модернизации процессов обоснования и сопровождения на всех фазах жизненного цикла высокотехнологичных систем. Приведены данные об использовании и эффективности CALS-технологии в оборонном комплексе США. Предложено внедрение технологий ИПИ в деятельность ОАО «ГНИНГИ» для создания нового научно-производственного кластера в структуре субхолдинга ОАО «Ремвооружение».

Одной из основных мер по реализации государственной политики Российской Федерации в области военно-морской деятельности является развитие военной инфраструктуры, совершенствование системы управления военной организацией государства с учётом задач этой деятельности в Мировом океане [1]. Поскольку навигационно-гидрографическое обеспечения (НГО) является ее важнейшей составной частью, представляется актуальным рассмотрение путей повышения его эффективности [2].

Одним из направлений технической политики в области НГО ОАО «ГНИНГИ» как государственной научной организации может стать внедрение в процессы сопровождения морских средств навигации и океанографии (МСНиО) на всех фазах жизненного цикла в качестве высокотехнологичных систем современных технологий ИПИ.

ИПИ – аббревиатура понятия «информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий» – русскоязычного аналога CALS, который также представляет собой аббревиатуру. Последняя в процессе эволюции термина имела разные расшифровки (например, *Continuous Acquisition and Life cycle Support* или *Computer Aided Acquisition and Logistic Support*). CALS – это стратегия систематического повышения эффективности, производительности и рентабельности

процессов хозяйственной деятельности за счёт внедрения современных методов информационного взаимодействия участников жизненного цикла продукта. Представляется, что ИПИ – адекватный русскоязычный аналог понятия CALS, в связи с чем далее в статье именно он будет использоваться вместо CALS, кроме тех случаев, когда будут описываться зарубежные стандарты и опыт.

Идея CALS возникла в середине 80-х годов XX века в оборонном комплексе США. Непрерывно развиваясь и совершенствуясь, CALS на практике показали себя настолько эффективными, что со временем стали применяться и в других отраслях экономики США, а затем и в Мировой экономике, расширяясь и охватывая все стадии жизненного цикла – от маркетинга до утилизации. Наибольшая эффективность от внедрения ИПИ/CALS была достигнута за счет широкого применения вычислительной техники и информационно-управляющих систем в процессы создания и эксплуатации высокотехнологичной продукции.

В современных условиях внедрение ИПИ является эффективным инструментом повышения организованности и рентабельности производства, существенного сокращения временных, материальных и финансовых затрат на создание, поддержание в эксплуатации и утилизацию сложных высокотехнологичных систем. Не случайно именно в настоящее время в экономике нашей страны проявляется активный интерес и возрастает потребность во внедрении ИПИ, появляются различные версии её реализации, в том числе при создании продукции военного назначения.

В работе [3] приводятся некоторые количественные оценки эффективности внедрения CALS в промышленности США, в частности:

- время на выполнение НИОКР сократилось на 30–40%;
- затраты на закупку военной продукции уменьшились до 30%;
- время разработки изделий сократилось на 40–60%;
- время вывода новых изделий на рынок уменьшилось на 25–75%;
- доля брака и объема конструктивных изменений снизилась на 20–70%;
- затраты на подготовку технической документации уменьшились до 40%;
- затраты на разработку эксплуатационной документации сократились до 30%;
- время на корректировку проектов уменьшилось в девять раз.

Уже сегодня на Мировом рынке к любому высокотехнологичному изделию предъявляется ряд обязательных требований, удовлетворение которых невозможно без ИПИ [3].

К таким требованиям относятся:

- представление эксплуатационной и ремонтной документации в форме интерактивных электронных технических руководств, снабженных иллюстрированными электронными каталогами запасных частей и вспомогательных материалов и средствами дистанционного заказа запчастей и материалов;
- организация интегрированной логистической поддержки изделий на постпроизводственных стадиях их жизненного цикла;
- соответствие продукции требованиям системы международных стандартов ИСО 9000.

Основное содержание ИПИ составляют инвариантные понятия, которые реализуются (полностью или частично) в течение жизненного цикла изделия. Эти инвариантные понятия условно делятся на две группы [4]:

- основные ИПИ-принципы;

- базовые ИПИ-технологии.
В первую группу входят:
 - анализ и реинжиниринг бизнес-процессов;
 - безбумажный обмен данными с использованием электронной цифровой подписи (ЭЦП);
 - параллельный инжиниринг;
 - системная организация постпроизводственных процессов жизненного цикла (ЖЦ) изделия (интегрированная логистическая поддержка).
- Вторая группа включает:
 - автоматизацию простейших учетных и отчетных функций;
 - управление данными об изделии;
 - управление информационными потоками;
 - автоматизацию инженерных расчетов и т. д.

Использование ИПИ-принципов и некоторых ИПИ-технологий целесообразно при создании высокотехнологического кластера научно-производственной кооперации организаций в структуре субхолдинга ОАО «Ремвооружение», включающего в себя научно-исследовательские институты, конструкторские бюро, заводы, группы обслуживания и т. п. на основе интегрированной информационной среды (ИИС), обеспечивающей обоснование, научное сопровождение разработки, сервисное обслуживание и ремонт такой сложной наукоемкой продукции, как МСНиО.

За счет созданной непрерывной информационной поддержки будут обеспечиваться единообразные способы управления процессами и взаимодействие всех участников этого цикла: заказчиков продукции, производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала.

Как показывает мировая практика, применение ИПИ обеспечит единство пространства данных предметной области НГО организациям кластера и позволит эффективно решать проблемы обоснования разработки, производства, сервисного обслуживания и ремонта МСНиО на основе электронного описания соответствующих процессов согласно требованиям международных стандартов ИСО серии 9000 [5], что позволит интегрировать все процессы жизненного цикла изделий.

Для успешной реализации ИПИ в организациях НГО необходимо преодолеть основные проблемы их развития. Эти проблемы характерны для отечественной промышленности в целом и выражаются в следующем [6]:

- традиционно сложившееся разделение конструкторских бюро и серийных производств (в отличие от западных компаний, где объединены проектные и производственные структуры, хотя и в России такие прецеденты уже существуют);
- отсутствие инфраструктуры, объединяющей все организации, участвующие в формировании требований, проектировании, изготовлении и сервисном обслуживании МСНиО, а значит, и отсутствие ИИС;
- отсутствие опыта послепродажного обеспечения эксплуатации сложной техники на базе логистических информационных систем и в соответствии с международными стандартами.

ИИС достигается за счет системы CALS-стандартов, созданных под эгидой ISO (*International Standard Organization*) – международной организации стандартизации. Центральное место в системе CALS-стандартов занимает ISO 10303 под названием STEP (*Standard for Exchange of Product Data*) – стандарт для обмена данными о

промышленных изделиях), определяющий средства описания (моделирования) промышленных изделий на всех стадиях их жизненного цикла. Создание таких описаний обеспечивается инвариантным к приложениям языком Express, введенным в STEP, многие из них переведены на русский язык и представлены в виде национальных стандартов России. Например, ГОСТ Р ИСО 10303-1-99, посвященный обзору и основополагающим принципам STEP.

Стандарт ISO 10303 построен таким образом, что, помимо базовых элементов, в его состав входят так называемые прикладные протоколы, определяющие конкретную структуру информационной модели для различных предметных областей (автомобилестроение, судостроение, строительство, электроника и т. д.). Все прикладные протоколы (прикладные информационные модели) базируются на стандартизованных интегрированных ресурсах. Таким образом, при создании нового прикладного протокола обеспечивается преемственность с уже существующими решениями.

Стандартный способ представления информационных данных позволит решить проблему обмена информацией между различными подразделениями кластера, а также участниками кооперации, оснащенными разнородными автоматизированными системами управления (АСУ). Использование международных стандартов обеспечит корректную интерпретацию получаемой и хранимой информации, возможность оперативной передачи функций одного подрядчика другому, который, в свою очередь, может воспользоваться результатами уже проделанной работы.

Для разработки и внедрения программно-методических решений в области информационной поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции Госстандарт России и Минэкономики России создали научно-исследовательский центр (НИЦ) CALS-технологий «Прикладная логистика». Сегодня он является ведущей организацией по разработке и внедрению ИПИ в оборонную промышленность. За короткое время при поддержке Минэкономики России НИЦ CALS-технологий выполнил работы, результаты которых уже сегодня могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

По инициативе и при поддержке Сводного департамента экономики оборонных отраслей промышленности в сети Интернет создан информационный сервер по вопросам разработки и применения ИПИ/CALS-технологий в России (www.cals.ru), содержащий, помимо новостей, описаний продуктов и технологий, информацию о международных CALS-стандартах (STEP, SGML, HyTime, Plib, MANDATE). В ИПИ входят также стандарты электронного обмена данными, электронной технической документации и руководства для усовершенствования процессов.

Более того, на ряде отечественных предприятий уже разработаны и внедряются долгосрочные программы развития на основе ИПИ как средства кардинального решения проблемы повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой наукоемкой продукции. К таким организациям относятся Конструкторское бюро приборостроения (г. Тула), корпорация «Компомаш», Государственный оптический институт им. Вавилова, ЦНИИ «Гранит» и др.

Одним из первых шагов по внедрению ИПИ в деятельность ОАО «ГНИНГИ» – научно-исследовательской организации Заказчика – как научно обосновывающей современные требования к перспективным МСНиО, так и формирующей философию НГО в целом, может стать создание ИИС МСНиО.

ИИС смогут способствовать:

- наилучшей формулировке проблем;
- определению наилучших целей создания МСНиО;
- постановке задач, исходя из потребностей практического использования МСНиО, с учётом тенденций и особенностей технического прогресса.

Существенное значение при этом имеет опыт применения уже имеющихся в эксплуатации МСНиО. Один из путей эффективного использования этого опыта видится в «материализации» его специалистами в области НГО в банк данных (БД), входящих впоследствии в ИИС.

Считается, что формирование БД возможно начать с создания банков данных интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) МСНиО. БД ИЭТР имеют структуру, позволяющую пользователю быстро получать доступ к нужной информации.

ИЭТР представляет собой структурированный программно-аппаратный комплекс, содержащий взаимосвязанные технические данные, необходимые при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия, а также в качестве информационной базы для создания перспективных систем с использованием в интерактивном режиме справочной и описательной информации о заложенных показателях, эксплуатационных и ремонтных процедурах уже имеющихся МСНиО.

В электронный вид для БД может быть преобразована документация, созданная ранее без использования компьютерных систем. В качестве примера также можно привести опыт проектов, выполняемых в ВМС и ВВС США, по массовому переводу миллионов страниц руководств и листов чертежей в стандартизованный электронный вид. Полученная электронная документация размещается в специальных хранилищах на базах ВМС и ВВС или непосредственно у производителей и доступна через компьютерные сети. При этом используются современные технологии сканирования, распознавания текста, векторизации чертежей и схем, создаются электронные справочники на целые изделия и отдельные системы.

В современных АСУ предусмотрена возможность в качестве приложений к ИЭТР разрабатывать вопросы организации эксплуатации сложных технических объектов штатным обслуживающим персоналом, иллюстрируются алгоритмы действий конкретных операторов, в том числе при аварийных ситуациях и при ликвидации аварий, что позволит в автоматизированном режиме создавать правила и руководства по боевому использованию МСНиО.

В связи с большими сроками эксплуатации кораблей сервисное обслуживание и ремонт (СОиР) МСН является таким же важным рынком в коммерческом отношении, как и производство, что вызывает повышенный интерес к этой сфере ОАО «ГНИНГИ».

Как на научно-исследовательскую организацию, владеющую БД ИЭТР, на ОАО «ГНИНГИ» может быть возложена важнейшая функция по созданию, планированию и руководству системой СОиР МСНиО. Система СОиР – совокупность взаимосвязанных технических средств, специальной технической документации и исполнителей.

Планирование процессов СОиР предполагает [4]:

- разработку концепции СОиР;
- анализ и конкретизацию требований к изделию в части его обслуживания и ремонта;
- разработку и оперативную корректировку плана СОиР.

Требования к изделию в отношении СОиР могут содержаться в БД и уточняться по результатам реальной эксплуатации в различных условиях. Такие технологии уже существуют и могут быть легко адаптированы под СОиР МСНиО (Логист Анализ и др.).

На основе концепции СОиР и результатов анализа требований в автоматизированном режиме могут разрабатываться и реализовываться следующие мероприятия:

- создание единой системы управления СОиР;
- организация распределенной системы сбора и обработки статистической информации о значениях, заложенных в МСНиО показателей, а также данных о номенклатуре и количестве используемых запасных частей для эксплуатируемых систем, изделий и их компонентов;
- выполнение централизованного анализа накопленных эксплуатационных и логистических данных;
- проведение согласованной динамической корректировки планов СОиР;
- подготовка и переподготовка персонала с целью обеспечения перечисленных выше мероприятий.

Опыт использования БД способен эволюционировать в ИИС, в которой в реальном времени и с высокой надежностью обеспечивается циклическое повторение всех этапов исполнения различных контуров управления [7]:

- многоканальный сбор, первичная обработка и накопление поступающей с различных компонентов системы НГО разноплановой фрагментарной информации, отражающей состояние внешней среды и её текущее внутренне состояние;
- посредством компьютерной переработки собираемой и накапливаемой информации формирование из информационных фрагментов целостной картины, которая определяет текущее состояние всей системы в целом и её частей и является основой для выработки управляющих воздействий;
- выработка и доставка управляющих воздействий, таким образом структурированных при формировании общей модели, что управляющая информация каждого такого канала воздействия выстроена в соответствии с «компетенцией» соответствующего управляемого компонента.

В рамках пятого Международного военно-морского салона 1 июля 2011 года в Санкт-Петербурге состоялся PLM-Форум «Управление жизненным циклом изделий судостроения. Информационная поддержка». На форуме было отмечено, что внедрение технологий информационной поддержки изделий судостроения является важным направлением работ Объединенной судостроительной компании по эффективному выполнению этапа поддержки кораблей проекта «Мистраль».

Привлекательным является возможность участия ОАО «ГНИНГИ» в освоении данного проекта корабля с целью овладения информационными технологиями, применявшимися при проектировании и постройке кораблей данного проекта для сквозной интеграции всех стадий жизненного цикла корабля и осуществления задела внедрения ИПИ в свою деятельность.

Применение ИПИ-концепции может позволить получать приемлемые решения при минимальных затратах, разрешая существующий ряд следующих принципиальных противоречий [2]:

- между проведением широкого поиска технических решений, основанных на новых физических принципах, поиска возможностей использования результатов

современной фундаментальной науки в создании перспективных МСНиО и ограниченным финансированием в области навигационного приборостроения, в том числе и прикладных научных исследований в области военной навигации.

– между учетом индивидуальных требований к военной навигации со стороны конкретного типа корабля и ограничениями, связанными с требованиями унификации навигационных устройств в интересах максимального сокращения материальных затрат.

– между разработкой средств системы НГО на конкурсной основе, которая позволяет использовать механизм конкуренции для создания стимула для поисков наиболее прогрессивных технических и технологических решений по созданию перспективных МСНиО, и ограниченным финансированием поисковых работ.

– между проведением всесторонних испытаний технических средств в реальных условиях их предстоящего использования и невозможностью проведения таких испытаний в приемлемые сроки с допустимыми затратами.

– между созданием эффективной современной системы СОиР МСНиО, базирующейся на современных информационных технологиях, на понимании необходимости решения проблемы в целом и комплексно, и традиционным подходом к системе ремонта.

– между стандартизированным представлением с обменом информацией и коммерческой тайной хозяйствующих субъектов.

Таким образом, внедрение в деятельность ОАО «ГНИНГИ» ИПИ-концепции может стать эффективным научным инструментом обоснования направлений развития и программ создания новых МСНиО, испытаний, методов их применения; разработки интерактивных электронных руководств и правил для эффективного использования, сервисного обслуживания и ремонта МСНиО, а также создания учебно-тренажерных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области военно-морской деятельности на период до 2020 года: утверждены Указом Президента РФ 29 мая 2012 г., № Пр-1459 // Рос. Газ. – 2009, 27 марта
2. Основы теории навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения Военно-морского флота. Военно-научный труд. – СПб.: ГУНиО МО РФ, 2003. Ч. 1. С. 63–81.
3. Костин Н. С., Костина Г. П. CALS – современные технологии управления жизненным циклом проекта // Менеджмент в России и за рубежом. – 2005. – № 2. – С. 54
4. Судов Е. В., Левин А. И. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России: концепция/НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика». – М.: 2002. – 131 с.
5. Кабанов А. Г. и др. CALS-технологии для военной продукции. URL http://iso90002000.narod.ru/ISO9000/Article/docs/sk/za073_0.htm
6. Яблочников Е. И. и др. Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия: учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 188 с.
7. Затуливетер Ю. С. Компьютерный базис сетевидного управления. URL <http://zvt@ipu.rssi.ru>

IMPLEMENTATION OF INFORMATION SUPPORT FOR PROCESSES OF LIFE CYCLE OF PRODUCTS (ISP) AS ONE OF THE PRIORITIES FOR CURRENT TECHNICAL POLICY IN THE AREA OF NAVIGATION-HYDROGRAPHIC SUPPORT FOR MARITIME ACTIVITIES.

P. G. Brodsky, A. A. Lobanov (“GNINGI” OJSC), **G. D. Litvinov** (The Research Institute of the Operative-Strategic Investigations for the Navy Construction the Military Educational-Scientific Centre of the Navy, “N. G. Kuznetsov Naval Academy”).

The current views on the development ways for technical policy in the area of navigation-hydrographic support for maritime activities based on the concept of information support for processes of life cycle of products as a scientific tool for technological modernization of substantiation and following the processes at all life-cycle stages of high-tech systems are presented. The data on employment and effectiveness of CALS-technology in the US defense complex are given. The implementation of ISP in the “GNINGI” OJSC activities intended to create a novel scientific-production cluster in the structure of “Remvooruzheniye” JSC subholding is suggested.

УДК 656.6

БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ МОРСКОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ «КАМА-НС»

**А. Г. АНДРЕЕВ, В. С. ЕРМАКОВ, В. К. СТРУК,
М. Б. МАФТЕР** (ОАО «ПНППК»),
Г. А. ЛЕВИТ, М. Ю. СМИРНОВ (ОАО «ГНИНГИ»)

Описаны состав и технические характеристики первой отечественной бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) на волоконно-оптических гироскопах. Приведены результаты её испытаний на корабле.

По массогабаритным характеристикам и потребляемой мощности, а также по ряду точностных параметров эта БИНС имеет преимущества по сравнению с используемой на флоте Морской интегрированной малогабаритной системой навигации и стабилизации «Кама-НС».

В настоящее время задача создания морской интегрированной малогабаритной системы навигации и стабилизации (МИМСНиС) средней точности с учётом известных преимуществ бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) является достаточно актуальной.

Для решения этой задачи в ОАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ОАО «ПНППК») создана модификация МИМСНиС – малогабаритная морская БИНС на базе блоков трёхосных волоконно-оптических гироскопов БВОГ-120/3 и триад маятниковых акселерометров А-15 (Шифр «Кама-НС-В»).

«Кама-НС-В» (далее – «изделие»), предназначено для информационного обеспечения задач навигации, управления движением кораблей и судов ВМФ, а

также для выработки динамических параметров, используемых в системах корабельного вооружения.

Изделие обеспечивает в диапазоне широт от 75° южной широты до 85° северной широты и скоростей носителя до 400 уз. выработку и выдачу потребителям следующих навигационных и динамических параметров:

- географических координат места – широты φ и долготы λ ;
- курса географического в плоскости горизонта K ;
- угла бортовой качки Θ ;
- угла килевой качки Ψ ;
- угловых скоростей качки $\dot{\Theta}$, $\dot{\Psi}$ и изменения курса \dot{K} ;
- двух составляющих линейной скорости движения корабля относительно грунта в географической системе координат V_N и V_E ;
- трёх составляющих вектора мгновенной скорости движения корабля, являющейся суммой скорости лага и скорости, вызванной качкой и орбитальным движением корабля в месте установки изделия в географической системе координат $\tilde{V}_N, \tilde{V}_E, \tilde{V}_Z$;
- трёх составляющих вектора мгновенного линейного перемещения, вызванного качкой и орбитальным движением корабля в месте установки изделия в географической системе координат $\tilde{S}_N, \tilde{S}_E, \tilde{S}_Z$;
- полного угла наклона палубы корабля $\rho = \sqrt{\Psi^2 + \Theta^2}$.

Основным режимом работы изделия является обсервационный, при котором на входе линейного оптимального фильтра системы используется внешняя информация от глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). Информация от ГНСС используется также для коррекции данных лага и выработки оптимальных оценок дрейфа гироскопов. В случае отсутствия информации от ГНСС система работает в автономном режиме с использованием данных от лага. Предусмотрен ручной ввод параметров течения. Переход из обсервационного режима в автономный и обратно осуществляется автоматически в случаях перерыва или восстановления информации от ГНСС. Начальная выставка изделия обеспечивается при отсутствии внешней информации о курсе.

В состав базовой комплектации изделия входят:

- блок чувствительных элементов БЧЭ-1, являющийся источником инерциальной информации и включающий чувствительные элементы ИИБ 12.002 двух инерциальных систем – двух независимых каналов выработки выходной информации изделия и установочная плита;
- блок электронный БЭ-5, служащий для преобразования и совместной обработки инерциальной и внешней (от ГНСС и лага) информации, выработки выходной информации и номиналов вторичного питания;
- пульт оператора ПО-5, состоящий из планшетного персонального компьютера «Гранат» и установочного крепления, и служащий для индикации и управления режимами работы, а также ввода и вывода информации;
- блок бесперебойного питания ББП-1, служащий для преобразования напряжения судовой сети 220 В, частотой 50 Гц в постоянное напряжение 24 В для электропитания изделия, а также обеспечения использования аккумуляторов в случае

перебоев питания судовой сети и автоматического переключения питания бортовой сети с одного распределительного щита на другой;

- эксплуатационный одиночный комплект ЗИП;
- комплект эксплуатационных документов.

В зависимости от заказа в комплект поставки могут входить:

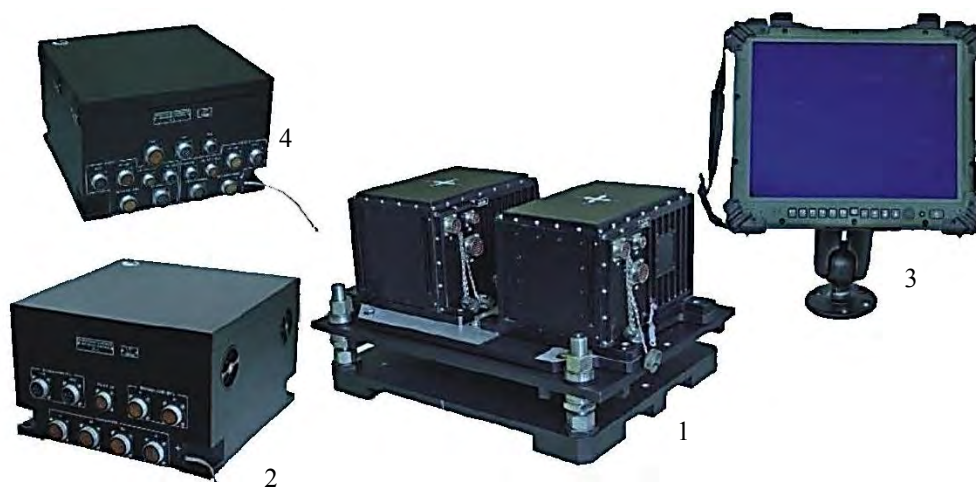
- приборы трансляции;
- репитеры;
- прибор документирования;
- пелорус 20КМ;
- пеленгаторный репитер 19ПМ/1;
- оптический пеленгатор ПГК-2.

Изделие выдает потребителям значения всех выходных параметров в цифровом коде в соответствии с ГОСТ 26765.52 и по интерфейсу RS-422/232 в соответствии с протоколом IEC 11621-1, а также обеспечивает автоматический прием информации от лага и ГНСС.

Электропитание изделия осуществляется от судовой сети переменного однофазного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В. Потребляемая мощность базовой комплектации, включающей блок чувствительных элементов БЧЭ-1, блок электронный БЭ-5 и пульт оператора ПО-5, не более 150 Вт в пусковом и не более 100 Вт в рабочем режиме.

Использование в составе изделия двух инерциальных систем повышает его надёжность. При отказе одной из инерциальных систем автоматически вырабатывается признак отказа, и признак основной присваивается другой инерциальной системе. Путем учёта весовых коэффициентов вырабатываемой навигационной информации двух систем в перспективе может быть достигнуто повышение точности.

Внешний вид основных приборов базовой комплектации изделия представлен на рисунке.



Основные приборы изделия «Кама-НС-В»:
1 – БЧЭ-1, 2 – БЭ-5, 3 – ПО-5, 4 – ББП-1

Некоторые из технических характеристик приборов изделия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Масса и габаритные размеры основных приборов базовой комплектации

Наименование прибора	Обозначение, шифр	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, кг, не более
БЧЭ-1	ИИБ12.002 (2 блока) ПИКВ.402132.071.	342×358×275	15,0
	Установочная плита ПИКВ.301314.029	530×420×210	35,0
БЭ-5	ПИКВ.468353.032	550×370×270	20,0
ПО-5	ПИКВ.411169.019	250×185×90	3,0
ББП-1	ПИКВ.565135.004	360×300×200	27,0

Разработке опытного образца изделия «Кама-НС-В» предшествовало создание его экспериментального образца (изделие «Кама-В»). Морские испытания последнего были проведены в 2011 г. на СКР «Ярослав Мудрый», оснащённом современными отечественными навигационными системами «Дельта» и приёмником ГНСС «Бриз-ПЛ». Эти системы использовались в качестве эталонных источников информации. Результаты испытаний и методики их проведения изложены в статье [1]. Экспериментальный образец изделия в основном подтвердил заявленные в ТУ характеристики. Это послужило стимулом для разработки опытного образца.

Типовые объектовые испытания опытного образца изделия были проведены на корабле проекта 667 БДРМ в период с 12 по 22 февраля 2012 года в г. Гаджиево Мурманской области и в Баренцевом море. В качестве эталона был использован более точный навигационный комплекс. Результаты швартовых и ходовых испытаний изделия (в том числе, при многократном резком маневрировании и при запуске на ходу) показаны в табл. 2. Для сравнения в таблице приведены требования ТУ на изделие «Кама-НС».

Таблица 2

Результаты испытаний изделия

Наименование контролируемых параметров	Допуски по ТУ на изделие «Кама-НС-В»	Результаты испытаний I канал/II канал	Допуски по ТУ на изделие «Кама-НС»
В базе			
1. Время готовности изделия к ускоренной выработке динамических параметров с заданной в ТУ точностью, мин.	Не более 03	2,5/2,7	3
2. Время готовности изделия к ускоренной выработке курса с погрешностью, не превышающей $\pm 1^\circ$, мин.	Не более 30	15/17	30
3. Время готовности изделия к выработке навигационных и динамических параметров с заданной точностью, мин.	Не более 60	30/28	90

Продолжение таблицы 2

Наименование контролируемых параметров	Допуски по ТУ на изделие «Кама-НС-В»	Результаты испытаний I канал/II канал	Допуски по ТУ на изделие «Кама-НС»
В море			
4. Время готовности изделия к ускоренной выработке динамических параметров с заданной точностью, мин.	Не предусмотрено	3/5	3
5. Время готовности изделия к ускоренной выработке курса с погрешностью не превышающей $\pm 1^\circ$, мин.	Не предусмотрено	28/30	30
6. Время готовности изделия к выработке навигационных и динамических параметров с заданной точностью, мин.	Не предусмотрено	51/60	90
Обсервационный режим			
7. Погрешность выработки координат места, м	100	60/50	30
8. Погрешность выработки курса K , угл. мин	12 через час	8/4 через час	24 через час, 12 через 5 часов
9. Погрешность выработки углов качки $\Delta\Theta$, $\Delta\Psi$, угл. мин	0,5–1,5	1,5/0,5 1,2/0,5	2,0
10. Погрешность выработки полного угла наклона палубы, угл. мин.	2,0	1,5/1,3	12
11. Погрешность выработки составляющих скорости V_N и V_E , м/с	0,2	0,25/0,03 0,2/0,15	0,3
Автономный режим с учетом течения			
12. Погрешность выработки координат места, м	5000 за 5 часов	2790 за 5 часов / 3010 за 5 часов 5160 за 12 часов / 5740 за 12 часов	5000 за 5 часов
13. Погрешность выработки курса K , угл. мин	12	12/0,5	24 через час, 12 через 5 часов
14. Погрешность выработки углов качки Θ , Ψ , угл. мин	0,5–1,5	1,0/1,5 0,5/1,4	2,0
15. Погрешность выработки полного угла наклона палубы, угл. мин.	2,0	1,8/1,4	12
16. Погрешность выработки составляющих скорости V_N , V_E , м/с	0,2	0,03/0,02 0,01/0,15	0,6
Автономный режим без учета течения			
17. Погрешность выработки координат места, м	5000 за 5 часов	4256 за 5 часов / 4760 за 5 часов 8543 за 10 часов / 9574 за 10 часов	5000 за 5 часов
18. Погрешность выработки курса K , угл. мин	12	6/1	24 через час/ 12 через 5 часов
19. Погрешность выработки углов качки Θ , Ψ , угл. мин	0,5–1,5	1,0/1,5 0,5/1,5	2
20. Погрешность выработки полного угла наклона палубы, угл. мин.	3,0	1,8/1,5	12
21. Погрешность выработки составляющих скорости V_N , V_E , м/с	0,2	0,2/0,03 0,2/0,1	0,6

В настоящее время ведутся работы по совершенствованию программного обеспечения. Их цель – приблизить точность выработки координат местоположения в обзорном режиме работы изделия к точности используемых средств коррекции.

Базовая комплектация изделия «Кама-НС-В» с двумя инерциальными системами имеет массу на 33% меньшую, чем одинарная базовая комплектация изделия «Кама-НС», и на 67% меньшую массы её сдвоенной комплектации. В рабочем и пусковом режимах она потребляет в семь раз меньше мощности электропитания, чем сдвоенная базовая комплектация изделия «Кама-НС», и в 2,5 раза меньше, чем одинарная. Следует ожидать, что и стоимость изделия «Кама-НС-В» будет ниже стоимости изделия «Кама-НС».

Проведённые морские типовые испытания опытного образца изделия «Кама-НС-В» показали, что он в основном соответствует требованиям ТУ, а по ряду технических характеристик превосходит изделие «Кама-НС». Отметим также, что пока отсутствует достаточный статистический материал о реальных погрешностях последнего на ходу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. Г., Ермаков В. С., Струк В. К., Мафтер М. Б., Смирнов М. Ю., Левит Г. А. Морская интегрированная малогабаритная система навигации и стабилизации на волоконно-оптических гироскопах. – Труды VII Российской научно-технической конференции. – СПб, 2011. – С. 168–172.

STRAP-DOWN MODIFICATION OF THE MARINE INTEGRATED SMALL-SIZE NAVIGATION AND STABILIZATION SYSTEM «KAMA-NS»

A. G. Andreyev, V. S. Yermakov, V. K. Struk, M. B. Mafter («Perm Device Engineering Company» OJSC), **G. A. Levitt, M. Y. Smirnov** («GNINGI» OJSC)

The composition and technical characteristics of the first domestic strap-down inertial navigation system based on the fiber-optic gyroscopes are described. The results of its shipboard tests are presented. By the characteristics of mass, dimensions and power consumption as well as some accuracy parameters, this system has advantages over the Marine integrated small-size navigation and stabilization system “Kama-NS” currently used in the Navy.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА РИСКОВ АДАПТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. Д. ГОЛЯКОВ, И. В. ФОМИНОВ
(ВКА им. А. Ф. Можайского)

Приведены методические основы анализа рисков применительно к адаптивным информационно-измерительным системам, которые используются для решения задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. Рассмотрены достоинства и недостатки качественных и количественных методов, которые могут найти применение при анализе рисков адаптивных информационно-измерительных навигационных систем.

Одним из перспективных направлений дальнейшего развития навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) морской деятельности является совершенствование информационно-измерительных навигационных систем (ИИНС). При этом, наряду с задачами повышения точности и быстродействия таких систем, возникает проблема, обусловленная необходимостью их адаптации (приспособления) к изменениям характеристик окружающей среды, включая различного рода помехи. Решение этой проблемы приобретает особое значение при возникновении таких ситуаций, которые могут привести к происшествиям, авариям и катастрофам [1], обусловленным возникновением метрологической неисправности ИИНС в процессе ее эксплуатации или отказами датчиков или преобразователей, входящими в состав адаптивных измерительных систем.

Как известно [2], под адаптивной измерительной системой понимается такая система, параметры или алгоритмы работы которой в процессе эксплуатации могут изменяться в зависимости от сигналов, содержащихся в ней преобразователей.

Появление ложного сигнала преобразователя может привести к ошибочному изменению параметров или алгоритмов работы адаптивной ИИНС, входящей в состав системы НГО, и, как следствие, к риску возникновения опасности нанесения вреда здоровью экипажа, материального или экологического ущерба. В связи с этим одной из главных задач в области внедрения и эксплуатации в системах НГО адаптивных ИИНС является разработка методических основ анализа рисков.

Согласно общему подходу к функциональной безопасности [3], анализ риска способствует формированию перечня возможных угроз и опасных событий, выяснению их причин и последствий, а также выбору и обоснованию средств и действий, позволяющих снизить риск до приемлемого уровня.

Анализ риска выполняется на всех стадиях жизненного цикла адаптивных ИИНС. В зависимости от состава, объема и достоверности имеющейся информации, а также требований к результатам анализа применяются различные методы, которые можно разделить на две группы – качественных и количественных.

Качественные методы характеризуются сравнительной простотой. Они находят применение при решении задач анализа возможных опасностей, поиска способов

парирования опасных отказов, выбора адаптивных ИИНС из альтернативных вариантов и т. п.

В группу качественных методов анализа риска адаптивных ИИНС входят:

- предварительный анализ опасностей;
- метод исследования опасности и работоспособности;
- метод анализа опасности и критических контрольных точек;
- метод анализа видов и последствий отказов;
- причинно-следственный анализ;
- метод анализа уровней защиты и др.

Метод предварительного анализа опасностей используется как на этапе разработки требований к адаптивной ИИНС, так и на последующих этапах её жизненного цикла. С помощью этого метода идентифицируются возможные опасности и опасные события, которые могут нанести ущерб в процессе эксплуатации усовершенствованных адаптивных ИИНС. Этот метод используется также при сравнительном анализе существующих адаптивных ИИНС.

Результатом применения метода является перечень возможных опасностей (угроз безопасному состоянию морского судна или окружающей среды), а также соответствующие рекомендации по предупреждению риска или снижению его последствий.

Достоинством метода анализа опасности и работоспособности является возможность его применения на самых ранних этапах жизненного цикла адаптивной ИИНС, а недостатком – невысокий уровень достоверности полученной с его помощью информации. Один из способов борьбы с этим недостатком состоит в последовательной коррекции полученных перечней опасностей по результатам испытаний и опытной эксплуатации адаптивной ИИНС.

Метод исследования опасности и работоспособности применяется на той стадии разработки, когда в схему адаптивной ИИНС или её программное обеспечение могут быть внесены необходимые изменения. В основе метода лежит разделение адаптивной ИИНС на части с последующим анализом каждой из них с целью обнаружения несоответствий, которые могут быть причиной нежелательных последствий. При этом анализу подвергаются изменения основных параметров составных части системы или процедуры её программного обеспечения при использовании специально подготовленных управляющих слов, например, «слишком рано», «слишком поздно», «слишком долго», «слишком быстро», «неправильное направление», «неправильное действие» и т. п.

Для реализации метода исследования опасности и работоспособности формируется группа специалистов, в которую включают экспертов в областях проектирования, производства, эксплуатации, надежности и безопасности адаптивных ИИНС. На своих заседаниях эта группа для каждой части системы, применяя управляющие слова, выявляет возможные несоответствия в работе адаптивной ИИНС, которые могут привести к возникновению опасных событий. При обнаружении таких ситуаций выясняются причины их возникновения, предлагаются обоснованные способы парирования, а также технические, программные или организационные меры для смягчения последствий опасных событий.

Важнейшее достоинство метода исследования опасности и работоспособности состоит в том, что благодаря привлечению в группу, выполняющую анализ функционирования адаптивной ИИНС, широкого круга специалистов, удается

обнаружить те причины несоответствий, которые обусловлены ошибками разработчиков и изготовителей исследуемой системы. К недостаткам этого метода можно отнести:

- сравнительно большую продолжительность проведения подобных исследований, которая обусловлена необходимостью глубокого изучения не только принципа действия адаптивной ИИНС, но и конструкторской, программной и технологической документации;

- невозможность исследовать влияние одновременного или последовательного отклонения параметров нескольких частей адаптивной ИИНС;

- зависимость успеха применения метода от субъективных факторов, в частности, способности и опыта руководителя группы специалистов, опыта и слаженности действий членов группы.

В отдельных случаях, наряду с методом исследования опасности и работоспособности, на практике используется альтернативный ему метод «что, если?», который отличается своей простотой и применяется для больших адаптивных ИИНС. Сущность его заключается в том, что руководитель группы экспертов на заседании, посвященном анализу адаптивной ИИНС, употребляет один единственный вопрос, в котором содержатся слова «что, если?», например, «что произойдет, если ...». В дальнейшем эксперты, входящие в группу, проводят исследования возможных сценариев развития событий.

Метод анализа опасности и критических контрольных точек направлен на решение задачи минимизации риска на основе анализа процессов производства адаптивных ИИНС. В качестве исходных данных, необходимых для применения этого метода, выступают технологические карты производственных процессов, информация о возможных опасностях и способах контроля риска.

В процессе применения этого метода, во-первых, определяются контрольные точки процесса производства адаптивной ИИНС, в которых можно либо устранить предполагаемую опасность, либо контролировать её появление для снижения последствий. Во-вторых, для каждой контрольной точки определяется один или несколько контролируемых параметров и диапазоны их допустимого изменения. В-третьих, устанавливаются конкретные действия при выходе контролируемых параметров за пределы заданных допусков.

К достоинствам метода относится способность воздействия на риск в процессе производства адаптивной ИИНС, возможность идентификации опасности, вызванной ошибками человека при производстве ИИНС, а также наличие конкретных рекомендаций при совершении ошибочного действия.

Метод анализа видов и последствий отказов находит применение на всех стадиях жизненного цикла аппаратных и программных средств адаптивной ИИНС, при идентификации видов последствий ошибок персонала, при эксплуатации адаптивных ИИНС в процессе морской деятельности, при планировании процедуры контроля в ходе технического обслуживания. Результаты этого метода могут служить исходными данными для других методов исследования адаптивных ИИНС, например, для метода анализа дерева неисправностей.

При применении метода анализа видов и последствий отказов производится деление адаптивной ИИНС на составные части и этапы функционирования с последующим анализом последствий всех предполагаемых отказов. Поэтому каждый

вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности – вероятности (или частоты) возникновения отказа и тяжести последствий при его появлении.

Расширенной версией этого метода является метод анализа видов, последствий и критичности отказов, в котором под критичностью понимается характеристика, учитывающая вероятность отказа в течение заданного времени эксплуатации адаптивной ИИНС и тяжесть возможных последствий. Под последней понимается качественная или количественная оценка вероятного ущерба от отказа адаптивной ИИНС или её части. Поэтому каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности – вероятности (или частоты) возникновения отказа и тяжести последствий при его появлении [1].

Преимуществом метода анализа видов и последствий отказов и метода анализа видов, последствий и критичности отказов является возможность идентификации видов отказов, причин их возникновения, а также анализа возникающих при этом последствий и критичности отказов. Применение этих методов на ранних стадиях разработки позволяет сократить расходы на последующую модернизацию адаптивных ИИНС.

К недостаткам метода можно отнести значительную его трудоёмкость и отсутствие возможности проведения анализа при возникновении нескольких отказов составных частей адаптивных ИИНС.

Причинно-следственный анализ является структурированным методом, который используется для идентификации возможных причин нежелательного события или предполагаемой проблемы. С помощью этого метода перечень обнаруженных причин одного следствия представляется в графическом виде, например, в виде «рыбьего скелета» (диаграмма Ишикавы). При этом причины группируются в категории, которые размещаются на ветвях диаграммы, а следствие на диаграмме размещается справа.

Преимущество метода заключается в применении простой и наглядной для восприятия формы. Недостатком метода является необходимость высокой компетентности экспертов, которые производят поиск причин при помощи «мозгового штурма».

Метод анализа уровней защиты направлен на определения достаточности мер для снижения риска путем выбора пар причин и последствий с целью идентификации уровней защиты, которые могут предотвратить опасное событие, обусловленное отказами датчиков адаптивных ИИНС. Для повышения достоверности полученных результатов этот метод применяют после метода исследования опасности и работоспособности или предварительного анализа опасности. В свою очередь, метод анализа уровней защиты обеспечивает основу при разработке требований к уровням полноты безопасности адаптивных ИИНС в соответствии с требованиями стандартов по функциональной безопасности [3].

К достоинствам этого метода относится его способность оказывать помощь при идентификации адаптивных ИИНС и режимов их функционирования с недостаточным уровнем защитных мер, а к недостаткам – отсутствие возможности проводить исследования сложных сценариев развития опасных событий с большим количеством пар причина-следствие.

Группа количественных методов анализа риска адаптивных ИИНС включает:

- метод анализа дерева неисправностей;
- метод анализа дерева событий;
- метод анализа причин и последствий и др.

Метод анализа дерева неисправностей основывается на графическом представлении, полученном логическим путём, последовательности событий, приводящих к опасному событию (или к появлению угрозы безопасности). Этот метод является дедуктивным, поскольку начинается с установления опасного события с последующим поиском возможных причин его появления, т. е. построение дерева осуществляется сверху вниз. Дерево неисправностей представляет собой совокупность соединённых между собой элементарных блоков. При этом используется два типа блоков – логические и функциональные. Логические блоки имеют, как правило, один выход и два или более входов. С помощью этих блоков реализуются логические операции типа «И», «ИЛИ» и т. п., а также операции голосования (например, два из трёх), приоритетные операции, процесс выполнения которых происходит при условии, что все входные события возникают в определённой (заранее установленной) последовательности, и другие логические операции. Логическими блоками, формирующими причинно-следственные связи в дереве неисправностей, соединяются функциональные блоки. При этом связи между блоками могут иметь детерминированный или стохастический характер.

Функциональные блоки характеризуют соответствующие события. Последние подразделяются на три группы: исходные, промежуточные и конечные события. Исходные обозначаются круглым блоком и характеризуются значением вероятности появления этого события. Функциональные блоки, описывающие промежуточные и конечные события, изображаются в виде прямоугольников. Конечное событие располагается на вершине дерева.

В соответствии с процедурой анализа методом деревьев отказов вначале устанавливается конечное (опасное) событие. В дальнейшем, путём логических рассуждений определяются возможные причины появления опасного события. Каждой причине ставится в соответствие промежуточное или конечное событие. В результате формируются ветви строящегося дерева.

В качестве промежуточных и конечных событий в этом методе выступают не только отказы аппаратных средств, обусловленные старением исследуемой ИИНС, но и ошибки в программном обеспечении, отсутствие или несвоевременность проведения необходимого технического обслуживания, а также ошибки специалистов при эксплуатации адаптивной ИИНС. Кроме того, учитываются отказы сопрягаемых объектов и вспомогательных систем, а также возмущающие воздействия окружающей природной среды. Поэтому деревья неисправностей могут иметь достаточно громоздкий вид.

Построение дерева неисправностей завершается на основании выбранного критерия. Одним из таких критериев является минимальное значение вероятности достаточно редких событий, которые не учитываются при оценивании безопасности адаптивной ИИНС. Исходные события в дереве неисправностей полагаются, как правило, независимыми, т. е. появление каждого исходного события не влияет на возможность появления другого события. Поэтому расчет вероятностей опасных событий производится по хорошо известным формулам теории вероятностей [1].

При построении деревьев неисправностей сложных ИИНС не всегда удаётся обеспечить независимость исходных событий. В частности, исходные события являются зависимыми при использовании в адаптивной ИИНС нагруженного резервирования, при котором отказ одного из резервных элементов приводит к росту интенсивности отказов работоспособных элементов. Зависимы они и при

необходимости учёта возмущающих факторов, обусловленных, например, воздействиями природной среды на ИИНС и способных привести к отказам нескольких её элементов.

Кроме того, в дерево неисправностей отдельных ИИНС вводятся взаимоисключающие исходные события, которые также являются зависимыми.

Метод анализа дерева неисправностей может быть использован при идентификации причин отказов, при выборе вариантов построения адаптивной ИИНС, а также при проведении анализа происшествий.

Достоинствами метода анализа дерева неисправностей являются возможность оценивания адаптивного ИИНС, допускающего подключение достаточно большого количества датчиков и взаимодействия с ними, а также логическая стройность и наглядность, что позволяет упростить понимание происходящих процессов. К недостаткам метода следует отнести трудности, обусловленные статическим характером дерева неисправностей, и отсутствие возможности проведения анализа при возникновении цепных реакций, связанных с отказами.

В основе *метода анализа дерева событий* лежит графическое представление возможных последовательностей событий, вызванных определённой угрозой безопасности, с оценкой вероятности каждого промежуточного события и определения вероятностей всех возможных последствий (конечных событий). В этом методе в отличие от метода деревьев неисправностей используется прямая логика анализа последовательности событий, или так называемый, «прямой подход». Поэтому этот метод относится к группе индуктивных методов.

Построение дерева событий начинается с установления инициирующего события (угрозы), способного привести адаптивную ИИНС к опасному состоянию. В дальнейшем определяются возможные варианты последующих событий в зависимости от состояний элементов ИИНС, факторов окружающей среды, ошибок операторов, эффективности и надёжности средств защиты и т. п.

Над деревом событий изображается цепочка, состоящая из элементов или блоков адаптивной ИИНС, способных привести её к опасному состоянию, средств защиты от возникшей угрозы, операторов (обслуживающего персонала), критических факторов окружающей среды и т. п. Последовательность расположения элементов в этой цепочке устанавливается таким образом, что каждый последующий участвует в развитии (или противодействует развитию) опасного процесса при условии выполнения (или не выполнения) заданных функций предыдущим элементом.

На каждой ветви дерева указывается вероятность невыполнения заданных функций (вероятность отказа или ошибки) элементом приведённой цепочки, либо вероятность противоположного события. В правой части дерева событий приводятся вероятности реализации соответствующей ветви дерева (вероятности последствий). Верхняя ветвь дерева характеризует, как правило, наиболее благоприятный сценарий развития инициирующего события, т. е. успешное противодействие угрозе безопасности [1].

Метод анализа дерева событий может применяться на всех этапах жизненного цикла адаптивной ИИНС, в том числе при необходимости моделирования или ранжирования различных сценариев возникновения происшествий, при необходимости анализа функций, предназначенных для снижения последствий отказа датчиков адаптивной ИИНС.

Преимущество метода анализа дерева событий состоит в том, что с его помощью удастся учесть фактор времени и цепные реакции, которые не удастся

исследовать методом анализа дерева неисправностей. Недостатком метода является необходимость выявления всех возможных угроз возникновения опасного события, поскольку отсутствие в дереве событий необнаруженных угроз может привести к излишне оптимистической оценке риска адаптивной ИИНС.

Метод анализа причин и последствий представляет собой сочетание двух методов: метода анализа дерева неисправностей и метода анализа дерева событий. Этот метод может использоваться при исследовании различных вариантов работы адаптивных ИИНС после возникновения опасного события в зависимости от состояния входящих в эту систему датчиков. С его помощью удастся провести анализ последовательности появления отказов. Метод позволяет также учесть время запаздывания при анализе последствий, что невозможно реализовать методом дерева событий. Однако диаграммы, полученные в результате применения метода анализа причин и последствий, имеют сложный вид.

Наряду с качественными и количественными методами, при анализе риска адаптивных ИИНС могут использоваться комбинированные методы, которые представляют собой количественную оценку, полученную с применением балльных оценок на основе порядковых шкал. Комбинированные методы базируются на расчетах индексов риска, построении матрицы последствий и вероятностей, оценке эффективности (анализ «затрат» и «выгод») и т. д.

Выбор метода анализа риска основан на сравнительной оценке достоинств и недостатков известных методов и зависит от ряда факторов, среди которых – стадия жизненного цикла адаптивной ИИНС, потребность качественного или количественного оценивания риска, ответственность решаемых системой для НГО задач и последствий опасного отказа, уровень её сложности, опыта и квалификации экспертов и т. п. Результаты проведенных исследований показали, что наибольший эффект при анализе риска адаптивных ИИНС достигается при использовании определенных комбинаций этих методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Ю. В., Белов В. П., Голяков А. Д. и др. Надёжность и безопасность информационно-управляющих систем (методы оценивания и контроля). – СПб.: ОАО «НИИ ТМ», 2004. – 326 с.
2. ГОСТ Р 8.673-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2010. – 18 с.
3. Голяков А. Д. Общий подход к обеспечению функциональной безопасности. Основные положения // Навигация и гидрография – 2009. – №28. – С. 48–54.

THE METHODOLOGICAL BASIS OF THE ANALYSIS OF RISKS FOR ADAPTIVE INFORMATION-MEASURING NAVIGATION SYSTEMS

A. D. Golyakov, I. V. Fominov (Mozhaisky Military-Space Academy)

The methodological foundations of risk analysis as applied to adaptive information-measuring systems that are used to solve the problems of navigation-hydrographic support for maritime activities are presented. The advantages and disadvantages of qualitative and quantitative methods which can find application in the analysis of risks of adaptive information-measuring navigation systems are considered.

УДК 656.61.052.4:629.12.014.6

ГРАДИЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОГРАММНОГО ДВИЖЕНИЯ СУДНА

А. А. МИРОНЕНКО

(ФГБОУ ВПО ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова)

Рассмотрен новый подход к заданию маршрута движения судна в стесненных условиях плавания. Предлагаемая модель может найти применение при разработке математического обеспечения современных навигационных комплексов, лоцманских планшетов, обучающих тренажерных комплексов судоводителей.

В соответствии с требованиями Международной морской организации (ИМО) (Резолюция А.893(21), SOLAS 74, STCW 78) разработка плана рейса (перехода) очень важна для надлежащего судовождения, обеспечения безопасности человеческой жизни на море и защиты морской окружающей среды. Качественно проработанный план рейса (перехода) как минимум должен учитывать данные о маневренности соответствующего судна, включая ограничения; необходимые изменения скорости на пути; точки изменения курса с учетом циркуляции судна и т. д.

С 2012 по 2018 г. электронные картографические навигационно-информационные системы (ECDIS) на морских судах становятся обязательными. Это способствует автоматизации решения традиционных навигационных задач и позволяет качественно изменить подход к процессу судовождения. Тем не менее, как показывает анализ источников [1–5] и руководство по функциям ECDIS [6, 7], техника прокладки маршрута остается практически «ручной» и основывается на представлении пути судна отрезками прямых, сопрягаемых дугами окружностей постоянного радиуса, следовательно, при этом:

- не учитывается режим изменения скорости судна при движении по траектории;
- задается движение некоторой точки судна без учета угла дрейфа и режима его изменения;
- принимается, что в процессе поворота курс судна изменяется равномерно;
- принимается, что криволинейная траектория в точках сопряжения прямых линий с дугами окружностей (точках начала и конца поворота) имеет разрывы, поскольку первая и вторая производные не существуют;
- не учитывается изменение радиуса кривизны траектории на маневренном и эволюционном периодах циркуляции;
- в расчет не принимается как процесс одерживания поворота судна, так и точка его начала (величина и время перекладки руля на противоположный борт);
- за маршрутные (путевые) точки (точки изменения положения руля, частоты вращения движителя и т. п.), которые по определению должны располагаться на пути судна, принимаются точки пересечения прямолинейных отрезков пути, которые могут не располагаться на судоходной части.

Вместе с тем возможности ECDIS позволяют разрабатывать и применять новые автоматизированные подходы к планированию маршрута движения судна. В частности, [8, 9] на основании анализа лоцманских проводок судов, обосновывается и доказывается возможность представления траекторий и режимов изменения кинематических параметров движения судна по маршруту (курс, угол дрейфа, скорость относительно грунта) через соответствующие градиенты (1):

$$\begin{aligned} SOG_{S_i} &= SOG_0 + \Delta SOG_i^u; \\ HDG_{S_i} &= HDG_0 + \int \nabla HDG_{S_i} dS; \quad \nabla HDG_{S_i} = \nabla HDG_0 + \nabla HDG_i^u; \\ COG_{S_i} &= COG_0 + HDG_{S_i} + \alpha_{S_i}; \quad \alpha_{S_i} = \alpha_0 + \Delta \alpha_i^u; \\ u &= (\delta, n), \end{aligned} \quad (1)$$

где Δ , ∇ – знаки приращений и градиентов соответствующих параметров; HDG – истинный курс судна, град.; COG – направление вектора перемещения точки управления судна относительно грунта, град.; SOG – скорость относительно грунта по COG , м/с; α – угол дрейфа, град.; u – индекс управляющего воздействия, вызвавшего изменение соответствующего параметра; δ – угол перекладки руля, град.; n – частота вращения винта, об/мин; S – расстояние, м; $0, I$ – индексы начальных и текущих значений.

Рассматриваемый ниже подход раздельного задания режимов изменения кинематических параметров как функций от расстояния, пройденного по предполагаемой траектории (по сути градиентов), соответствует практическим приемам раздельного управления кинематическими параметрами движения судна в различных судоводительских задачах [3–5]. Кроме того, в дальнейшем, подобный подход позволит упростить и процессы управления по запланированной траектории.

На основе анализа источников [5, 10, 11], проведенных исследований и результатов моделирования в пакете MatLab обосновывается целесообразность использования сигмо-подобных функций [8, 9], для аппроксимации кинематических параметров и их градиентов в выражениях (1), обладающих следующими отличительными свойствами:

1. Поведение функции соответствует реальному характеру изменения кинематических параметров (изменению скорости, угла дрейфа, курса судна).
2. Коэффициенты функции учитывают режимы изменения кинематических параметров.
3. Характерные точки перегиба функции (точки смены направления производных) соответствуют точкам подачи команд на органы управления: руль, телеграф, следовательно, могут быть соотнесены с маршрутными (путевыми) точками.
4. Функции являются гладкими, непрерывными (первая и вторая производные непрерывны), изменяются в определенном (заданном) диапазоне в соответствии с физическим процессом (имеют естественные ограничения).
5. Сигмоподобные функции также широко используются в системах управления [11].

По проведенным исследованиям [8, 9] реальных маневров судов в стесненных водах; анализам маневренных элементов; экспериментам, поставленным на

навигационном тренажере; моделированию в пакете MatLab предложены математические выражения, которые задают изменения кинематических параметров движений судна по маршруту перехода (1) на основе градиентов (2):

$$\nabla HDG_i^u = \frac{\nabla HDG_{\max}^u}{1 + \exp\left(4\left(S_{\nabla HDG_{\max}^u}^u - S_i\right) \frac{\nabla \nabla HDG_{\max}^u}{\nabla HDG_{\max}^u}\right)};$$

$$\Delta \alpha_i^u = \frac{\Delta \alpha_{\max}^u}{1 + \exp\left(4\left(S_{\Delta \alpha_{\max}^u}^u - S_i\right) \frac{\nabla \Delta \alpha_{\max}^u}{\Delta \alpha_{\max}^u}\right)};$$

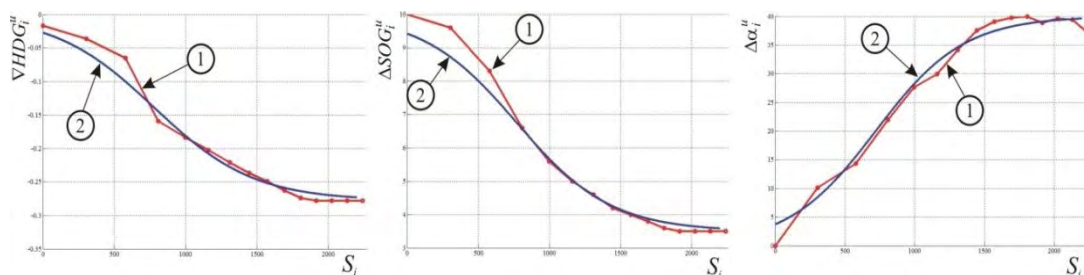
$$\Delta SOG_i^u = \frac{\Delta SOG_{\max}^u}{1 + \exp\left(4\left(S_{\Delta SOG_{\max}^u}^u - S_i\right) \frac{\nabla \Delta SOG_{\max}^u}{\Delta SOG_{\max}^u}\right)},$$
(2)

где max – индекс максимального значения параметра, от текущего силового воздействия; $\nabla \nabla HDG_{\max}^u$ – наибольшее значение скорости ∇HDG от соответствующего силового воздействия, град/м².

Дальнейшие исследования выражений (1), (2) и результаты моделирования в пакете MatLab выявили некоторые закономерности в поведении функциональных зависимостей выражений (2), требующие более детального рассмотрения и совершенствования рассмотренных [8, 9] методов:

1. При постоянном значении коэффициента наклона сигмо-подобных функций (2) моделируемые значения кинематических параметров на начальном периоде маневра не соответствуют экспериментальным, и, как следствие, не позволяют получить нулевое значение градиентов в начальной точке маневра (рис. 1).

2. Градиенты кинематических параметров изменяются равномерно, что не соответствует реальному (физическому) процессу маневра (рис. 1).



**Рис. 1. Экспериментальные данные и моделирование по выражениям (2):
1 – экспериментальные данные, 2 – моделирование по выражениям (2)**

3. В выражениях (2) не учитывается смещение точки перегиба сигмоподобной функции при изменении коэффициента усиления в зависимости от условий плавания и неизменном коэффициенте наклона.

4. По экспериментальным данным установлено, что градиенты кинематических параметров достигают своего максимума не в средней части переходного процесса, что не соответствует максимальному значению коэффициента наклона в точке перегиба (средней точке) сигмоподобных функций (2).

Первые два недостатка, присущие сигмоподобным функциям вида (2) компенсируются подстановкой в степень экспоненты выражения (2) экспоненциальной зависимости, моделирующей переменную величину коэффициента кривизны (соответствующей изменению радиуса кривизны в процессе маневра) (3). Данная зависимость предложена на основе анализа исследований [10, 11], результатов моделирования по экспериментальным данным [8] и показана на рис. 2:

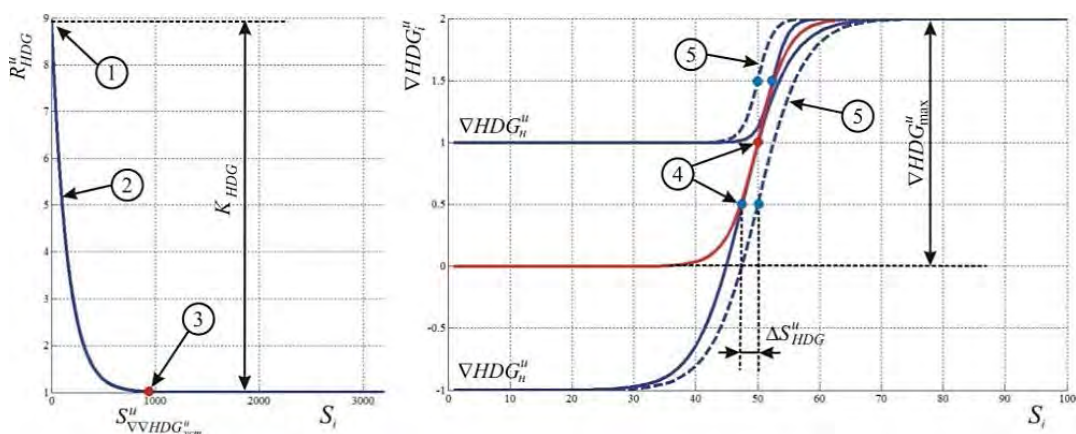


Рис. 2. Результаты моделирования по выражениям (3), (4):

1 – точка приложения силового воздействия; 2 – изменение множителя R в течение переходного периода; 3 – начало установившегося периода; 4 – точки перегиба (средние точки) сигмоподобных функций; 5 – смещение сигмоподобной функции при увеличении коэффициента усиления

$$\begin{aligned}
 R_{HDG}^u &= \left(\frac{K_{HDG}^u}{S_{\nabla HDG_{cp}^u}^u} \exp \left(- \frac{S_i}{S_{\nabla HDG_{cp}^u}^u} \right) + 1 \right); \\
 R_{\alpha}^u &= \left(\frac{K_{\alpha}^u}{S_{\nabla \alpha_{cp}^u}^u} \exp \left(- \frac{S_i}{S_{\nabla \alpha_{cp}^u}^u} \right) + 1 \right); \\
 R_{SOG}^u &= \left(\frac{K_{SOG}^u}{S_{\nabla SOG_{cp}^u}^u} \exp \left(- \frac{S_i}{S_{\nabla SOG_{cp}^u}^u} \right) + 1 \right),
 \end{aligned} \tag{3}$$

где R – множитель, определяющий процесс изменения коэффициента наклона (радиуса кривизны) сигмоподобной функции; K – коэффициент, определяющий «мертвый промежуток» (изменение коэффициента наклона) после силового воздействия, м; cp – индекс значения параметра в средней точке переходного периода маневра, вызванного силовым воздействием.

Третий недостаток компенсируется найденной опытным путем поправкой, учитывающей смещение сигмоподобной функции в соответствии с условиями маневра (при текущих ненулевых значениях кинематических параметров на момент приложения силового воздействия) (рис. 2), для этого предлагаются выражения (4):

$$\begin{aligned}
 \Delta S_{HDG}^u &= \frac{\nabla HDG_{max}^u - \nabla HDG_n^u}{2 * \nabla \nabla HDG_{cp}^u}; \\
 \Delta S_{\alpha}^u &= \frac{\Delta \alpha_{max}^u - \Delta \alpha_n^u}{2 * \nabla \alpha_{cp}^u}; \\
 \Delta S_{SOG}^u &= \frac{\Delta SOG_{max}^u - \Delta SOG_n^u}{2 * \nabla \nabla SOG_{cp}^u},
 \end{aligned} \tag{4}$$

где n – индекс начального значения параметра при изменении величины (направления) текущего силового воздействия.

Для устранения четвертого недостатка в числителе показателя степени экспоненты вместо максимального значения градиента предлагается использовать его значение в средней части переходного периода (процесса).

Таким образом, выражения (1), (2), описывающие движение судна на траектории и допустимую полосу движения (область крайних/экстремальных траекторий), корректируются введением соответствующих поправок (3), (4) в элементы сигмоподобных функций (5), аппроксимирующих режимы движения:

$$\nabla HDG_i^u = \frac{\nabla HDG_{\max}^u + \nabla HDG_{\text{H}}^u}{1 + \exp\left(4\left(S_{\nabla HDG_{\text{cp}}}^u + \Delta S_{HDG}^u - S_i\right) \frac{\nabla \nabla HDG_{\text{cp}}^u}{\nabla HDG_{\max}^u + \nabla HDG_{\text{H}}^u} R_{HDG}^u\right)};$$

$$\Delta \alpha_i^u = \frac{\Delta \alpha_{\max}^u + \Delta \alpha_{\text{H}}^u}{1 + \exp\left(4\left(S_{\nabla \alpha_{\text{cp}}}^u + \Delta S_{\alpha}^u - S_i\right) \frac{\nabla \alpha_{\text{cp}}^u}{\Delta \alpha_{\max}^u + \Delta \alpha_{\text{H}}^u} R_{\alpha}^u\right)};$$

$$\Delta SOG_i^u = \frac{\Delta SOG_{\max}^u + \Delta SOG_{\text{H}}^u}{1 + \exp\left(4\left(S_{\nabla SOG_{\text{cp}}}^u + \Delta S_{SOG}^u - S_i\right) \frac{\nabla SOG_{\text{cp}}^u}{\Delta SOG_{\max}^u + \Delta SOG_{\text{H}}^u} R_{SOG}^u\right)}.$$
(5)

Подобный подход позволяет точнее описать реальный физический процесс (неравномерное изменение градиентов кинематических параметров), а именно их быстрое увеличение до максимального значения в течение маневренного и эволюционного периодов и дальнейшее их плавное уменьшение до нулевого значения, что соответствует установившемуся периоду маневра (рис. 3).

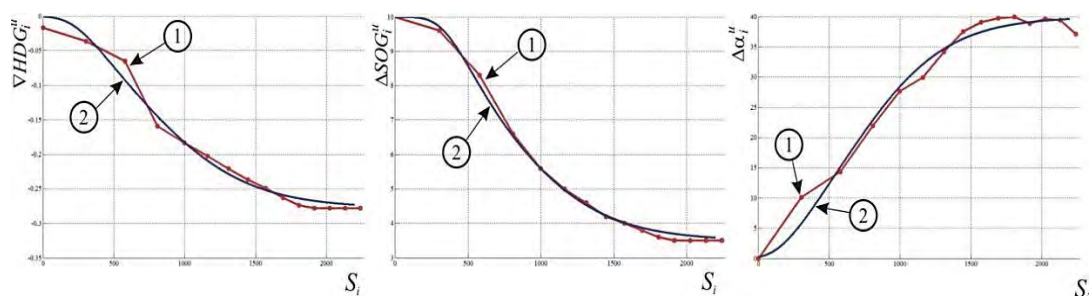


Рис. 3. Экспериментальные данные и моделирование по выражениям (5):
1 – экспериментальные данные, 2 – моделирование по выражениям (5)

Работоспособность предлагаемых математических выражений (1), (5) подтверждается многократным моделированием в пакете MatLab и сравнениями с экспериментальными данными маневров судна (циркуляции, маневры зигзаг, разгон, торможение и др.). Типовую криволинейную траекторию судна предлагается задавать посредством суммы уравнений (5) с коэффициентами (параметрами), соответствующими перекладам руля в трех точках: точке начала поворота (ТНП), точке одержания поворота (ТОП) и точке конца поворота (ТКП) (рис. 4).

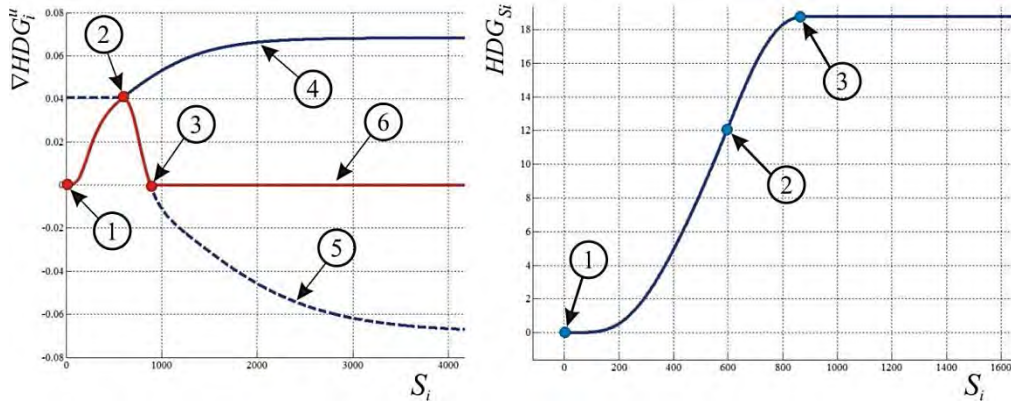


Рис. 4. Результаты моделирования по выражениям (1), (6):
1 – ТНП, 2 – ТОП, 3 – ТКП, 4 – ∇HDG на циркуляции по экспериментальным данным (3), 5 – ∇HDG одержания поворота (3), 6 – ∇HDG на повороте судна по выражениям (6)

Очевидно, что для построения подобной траектории достаточно рассмотреть только выражения по параметрам ∇HDG и $\Delta \alpha$ (2), которые определяют COG . Тогда с учетом предложенных поправок (3), (4) выражения, описывающие криволинейную траекторию судна (режимы изменения курса и угла дрейфа) при ступенчатых кладках руля в ТНП, ТОП, ТКП, примут вид (6):

$$\nabla HDG_i^\delta = \sum_{k=1}^N \left(\min \left(\nabla HDG_{mp}^\delta, \frac{\nabla HDG_{\max}^\delta + \nabla HDG_H^\delta}{1 + \exp \left(4 \left(S_{\nabla HDG_{cp}^u}^u + \Delta S_{HDG}^\delta + S_k^\delta - S_i \right) \frac{\nabla \nabla HDG_{cp}^\delta}{\nabla HDG_{\max}^\delta + \nabla HDG_H^\delta} R_{HDG}^\delta \right)} \right) \right);$$

$$R_{HDG}^\delta = \left(\frac{K_{HDG}^\delta}{\left(S_{\nabla HDG_{cp}^u}^u + \Delta S_{HDG}^\delta \right) / 3} \exp \left(- \frac{S_i - S_k^\delta}{\left(S_{\nabla HDG_{cp}^u}^u + \Delta S_{HDG}^\delta \right) / 3} \right) + 1 \right);$$

$$\Delta \alpha_i^\delta = \sum_{k=1}^N \left(\min \left(\Delta \alpha_{mp}^\delta, \frac{\Delta \alpha_{\max}^\delta + \alpha_H^\delta}{1 + \exp \left(4 \left(S_{\nabla \alpha_{cp}^u}^u + \Delta S_\alpha^\delta + S_k^\delta - S_i \right) \frac{\nabla \alpha_{cp}^\delta}{\Delta \alpha_{\max}^\delta + \alpha_H^\delta} R_\alpha^\delta \right)} \right) \right);$$

$$R_\alpha^\delta = \left(\frac{K_\alpha^\delta}{\left(S_{\nabla \alpha_{cp}^u}^u + \Delta S_\alpha^\delta \right) / 3} \exp \left(- \frac{S_i - S_k^\delta}{\left(S_{\nabla \alpha_{cp}^u}^u + \Delta S_\alpha^\delta \right) / 3} \right) + 1 \right);$$

(6)

где N – количество переключений руля; mp – требуемое значение параметра; \min – операция, определяющая множество значений, меньших требуемых; S_k^δ – расстояние, пройденное по маршруту до соответствующей переключки руля, соответствующее (ТНП, ТОП, ТКП).

При дополнении математических выражений (1), (3), (6) выражениями, учитывающими динамические особенности судна, обладающего устойчивостью на курсе [9], возможно построение градиентной модели программного движения судна, которая позволит на современном уровне подойти к планированию маршрута судна средствами ECDIS и управлению по предлагаемой траектории для любых условий плавания и маневренных качеств судна. Данный подход может найти применение при разработке математического обеспечения современных навигационных комплексов, интеллектуальных систем, использоваться при разработке новых схем маневрирования в стесненных водах, войти в состав лоцманских планшетов, обучающих тренажерных комплексов судоводителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л. Л. Судовые навигационно-информационные системы. – Одесса. Фенікс, 2004. – 302 с.
2. Гагарский Д. А. Электронные картографические системы в современном судовождении. – СПб, ГМА им. Адм. Макарова С. О., 2007. – 124 с.
3. Вагущенко Л. Л., Цымбал Н. Н. Системы автоматического управления движением судна. – Одесса: Латстар, 2002. – 310 с.
4. Таратынов В. П. Судовождение в стесненных районах. – М.: Транспорт, 1980. – 128 с.
5. Васьков А. С. Методы управления движением судна и конфигурацией зоны навигационной безопасности. – Новороссийск: НГМА, 1997. – 248 с.
6. Multifunction by Design Mantadigital Ecdis (URL <http://www.kelvinhughes.com/upload/pdf/brochures/ecdis.pdf>)
7. Chartpilot 1100/ The Ecdis Solution (URL <http://www.sam-electronics.de/dateien/navigation/broschueren/3.047.pdf>)
8. Мироненко А. А. Программирование траектории и режимов движения судна в стесненных водах // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012. – № 3. – С. 49–55.
9. Мироненко А. А. Динамический синтез программного движения судна // Эксплуатация морского транспорта. – 2012. – №1 (67). – С. 7–11.
10. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т. Т.: Анализ и статистическая динамика систем автоматического управления / Под ред. Н. Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 748 с.
11. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. Под ред. А. Пегат. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.

THE GRADIENT MODEL OF THE PROGRAMMED VESSEL'S MOVEMENT

A. A. Mironenko (Admiral Ushakov Maritime State University)

A new approach to setting the vessel's route for sailing under the congested navigation conditions is considered. The suggested model can be applied when developing the mathematical software for the present-day navigation complexes, pilot's plotting sheets, training simulators for ship navigators.

УДК 629.12

**О ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ В
СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ****Е. Н. КАРТАШЕВ, В. С. КРАСОВСКИЙ**
(ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

Широкое внедрение информационных технологий является важнейшей составляющей инновационного развития предприятий, разрабатывающих наукоемкие изделия. Рассмотрены состояние и проблемы использования специализированных программных продуктов для автоматизации процессов проектирования и производства изделий (на примере ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»). Показаны организационные предпосылки и технические условия, определяющие возможность создания единого информационного пространства в судостроительной отрасли, предложены общие принципы его формирования.

Необходимость активизации деятельности по интеграции процессов проектирования и производства изделий и кораблей (судов) на основе формирования единого информационного пространства обусловлена рядом объективных причин, наиболее существенными из которых являются:

- постепенный неуклонный переход всех государственных структур, в том числе являющихся государственными заказчиками изделий военного назначения, на электронный документооборот,
- реальные шаги по созданию в Объединенной судостроительной корпорации единого органа системной обработки электронной документации – корабельного интегратора [1],
- проведение в настоящее время государственными заказчиками подготовительных мероприятий для создания электронных баз данных (архивов) результатов научно-технической деятельности, полученных при выполнении бюджетных работ, выполняемых в рамках федеральных целевых программ и государственного оборонного заказа [2],
- необходимость разработки технической документации в электронном виде с применением зарубежных стандартов при поставке на экспорт продукции военного назначения, поскольку данное требование в настоящее время является одним из главных условий заключения контрактов.

В связи с этим перед отечественными приборостроительными и судостроительными предприятиями, особенно экспортерами продукции военного назначения, сегодня встает вопрос создания в ближайшей перспективе единого информационного пространства в судостроительной отрасли. Использование при проектировании наукоемких изделий современных информационных технологий позволяет значительно повысить качество продукции, существенно уменьшить сроки разработки и снизить на 30–40% производственные затраты [3]. Внедрение специализированных программных продуктов для обработки информации во всех

сферах деятельности промышленных предприятий дает не меньший экономический эффект, чем финансовые вложения в модернизацию технологического оборудования.

Поэтому процесс проектирования сложных в техническом отношении изделий навигации, связи и гидроакустики, к которым относится практически вся номенклатура продукции ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», немыслим без интенсивного внедрения информационных и коммуникационных технологий, обеспечивающих переход на безбумажные технологии.

Ниже рассмотрены состояние и проблемы в области использования современных информационных технологий при проектировании и производстве продукции военного, двойного и гражданского назначения на примере нашего предприятия, имеющего пятнадцатилетний опыт применения современных специализированных программных средств различного назначения. Это позволяет оценить наличие реальных предпосылок и готовность приборостроительных предприятий судостроительной отрасли к созданию единого отраслевого информационного пространства.

Ключевую роль в управлении жизненным циклом изделий играют специализированные программные средства, интегрируемые в единую информационную среду, и в основе которых лежат различные информационные технологии. В статье основной упор сделан на двух проблемных вопросах, касающихся создания единого информационного поля в отрасли: внутренние проблемы предприятий по совершенствованию автоматизации процессов разработки и производства изделий и внешние проблемы, касающиеся информационного взаимодействия с бюро-проектантами кораблей и проектными подразделениями судостроительных заводов.

Сначала коснемся состояния, особенностей и проблем информатизации процесса разработки и производства на предприятии, которые в целом идентичны проблемам, имеющимся у всех приборостроительных и судостроительных организаций. Опыт поэтапных мероприятий, проводимых в данной сфере, показывает, что основными факторами, ограничивавшими возможность быстрого решения задачи автоматизации процессов проектирования и производства, являются:

- различие степени сложности проектируемых изделий (от микромеханического гироскопа до перископных и гидроакустических комплексов),
- многоплатформенность информационных систем и специализированных программных средств и их разноплановость, обуславливающие необходимость определенного времени для освоения и внедрения,
- отсутствие отечественных единых стандартов, регламентирующих обмен информацией в электронном виде, и необходимость учета требований международных стандартов (сейчас в мире действуют более 25 национальных организаций, координирующих вопросы развития информационных технологий).

Зачастую серьезной проблемой является приобретение отдельных зарубежных специализированных программных средств, которая связана не столько с финансовыми затратами, сколько с организационными трудностями – в первую очередь, с режимом экспортного контроля соответствующих государств. При этом российский аналог – пакет программ с требуемыми функциями – не всегда имеется на отечественном рынке. Необходимо отметить, однако, что в настоящее время отечественные программные продукты уже достаточно качественны, ориентированы на российского пользователя и используются для решения отдельных задач

предприятий. Но в целом доля зарубежных специализированных программных средств, используемых на предприятии, несмотря на необходимость их адаптации, преобладает и составляет более 60%.

На данный момент решены основные организационные и технические задачи, без которых невозможно создание сквозной технологии проектирования и производства изделий на современном предприятии [4]:

- созданы электронные архив и базы данных нормативно-справочной документации, установлены серверы хранения и резервного копирования информации; построена корпоративная вычислительная сеть, обеспечивающая информационную связь по выделенным защищенным каналам со всеми филиалами предприятия;

- разработаны более 30-ти отдельных стандартов предприятия, которые регулируют отношения в рассматриваемой сфере деятельности,

- внедрены системы автоматизированного проектирования изделий, системы управления проектными и инженерными данными, корпоративная информационная система, что обеспечивает эффективность осуществления процессов планирования и управления производством, закупки материалов и комплектующих, в том числе на этапах технологической экспертизы (на основе моделирования технологических процессов) и выбора технологических процессов (с учетом требуемых сроков, специфики и состава технологического оборудования).

При этом до сих пор существует ряд общих для всех предприятий объективных трудностей, влияющих на эффективность автоматизации процесса проектирования и обмена документацией в электронном виде в отрасли, к которым относятся:

1. Использование разнородных автоматизированных систем, реализованных на разных программных платформах, но выполняющих одинаковые функции, что повышает вероятность искажения и даже потери информации при передаче ее потребителям. Отсутствие в договорной документации с потребителями, приобретающими продукцию, конкретных требований в отношении специализированных программ, которые должны использоваться при разработке технической документации.

2. Программная нестабильность, обусловленная необходимостью периодического обновления (модернизации) используемых программных продуктов, их несовместимостью с предыдущими версиями или невозможностью интеграции с программными приложениями других разработчиков, в том числе из-за терминологических особенностей. Кроме того, «моральное старение» установленных аппаратно-программных средств, приводит к необходимости замены части персональных компьютеров и серверов при применении программных продуктов нового поколения.

3. Особенности в создании так называемых интерактивных технических руководств (электронных версий разработанной документации, поставляемых иностранным заказчиком), для разработки которых необходимо изучение емких по содержанию зарубежных стандартов и внедрение специализированных программ [5].

4. Технические трудности при конвертации электронных моделей из одного формата данных в другой, вызванные отсутствием универсальных программ конвертации, необходимостью ручного контроля в электронном архиве за версиями форматов, а также возможностью в настоящее время реализации процедуры выпуска

«опубликованных версий» технической документации только в одном формате из нескольких общепринятых форматов.

Однако в целом на большинстве приборостроительных, проектных и судостроительных предприятий, имеющих различные формы собственности, уже созданы организационные предпосылки и технические условия, необходимые для органичной интеграции в единое информационное пространство на отраслевом уровне. Обсуждая вопрос создания единого отраслевого информационного пространства, необходимо учитывать, что его важнейший аспект заключается в построении неоднородных территориально-распределенных и защищенных информационных систем при формировании общих требований доступа к информационным ресурсам.

В качестве базовых принципов создания единого отраслевого информационного пространства можно выделить следующие [6]:

- разработку нормативно-методического и организационного обеспечения процесса создания единого отраслевого информационного пространства, разработку механизмов обеспечения доступа к отраслевым информационным ресурсам и защиты от несанкционированного доступа к хранимой и передаваемой конфиденциальной информации;

- создание отраслевых электронных архивов и порталных решений, внедрение электронного документооборота между предприятиями различных форм собственности и создание отраслевого центра сертификации, обеспечивающего функционирование электронного документооборота с юридически значимой электронно-цифровой подписью;

- создание центров обработки заявок и электронных каталогов для формирования статистической и коммерческой информации о деятельности и продукции промышленных предприятий.

Мероприятия по созданию и оптимизации единого отраслевого информационного пространства, учитывая существующий и планируемый на среднесрочную перспективу значительный объем государственного оборонного заказа, несомненно, должны проводиться под эгидой Министерства промышленности и Торговли РФ и Объединенной судостроительной корпорации, которая должна не просто инициировать, а активно реализовывать этот процесс.

Таким образом, анализ состояния и планомерное решение на предприятиях проблемных вопросов, связанных с внедрением современных программных средств проектирования и производства, управления потоками конструкторской, программной, эксплуатационной и технологической документации, показывает следующее.

1. В настоящее время уже имеются реальные организационные и технические предпосылки для создания в ближайшей перспективе единого информационного пространства в судостроительной отрасли, основанного на внедрении во всех сферах деятельности предприятий современных информационных и коммуникационных технологий.

2. Федеральные целевые программы, в том числе по развитию оборонно-промышленного комплекса, должны содержать отраслевые мероприятия по стандартизации и оптимизации процессов интеграции в области информационных технологий. При этом в технических заданиях на выполнение работ по созданию продукции, в том числе в рамках государственного оборонного заказа, целесообразно

предъявлять конкретизированные идентичные требования к специализированным программным продуктам, которые могут быть использованы в процессе разработки как отдельных изделий, так и их носителей (судов и кораблей).

3. Единое отраслевое информационное пространство в области проектирования и производства, учитывая опыт взаимодействия предприятий судостроительной отрасли, должно строиться на единой адаптированной информационной платформе управления данными, имеющей необходимые модернизационные возможности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альянс под инновации. // ОСК. Строим флот сильной страны. – СПб: Объединенная судостроительная корпорация, 2012. – №4(12). – С. 36–39.
2. Ващенко О. А. Порядок использования предприятиями оборонно-промышленного комплекса результатов интеллектуальной деятельности, созданных в рамках государственного оборонного заказа, в том числе содержащие государственную тайну. // Сборник материалов деловой программы XVI международной выставки средств обеспечения безопасности государства «Интерполитех-2012». Научно-практическая конференция «Практические и теоретические вопросы в сфере интеллектуальной собственности, создаваемой (используемой) при выполнении ГОЗ». Под ред. Н. С. Маричева. – М: ВВЦ, 2012. – С. 265–268.
3. Левин А. И., Судов Е. В. Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции. // Сборник «Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса». Под ред. А. Г. Братухина. – Киев: Техника, 2001. – С. 612–625.
4. Красовский В. С. Формы реализации инновационных научно-технических проектов в области навигации и связи. // Санкт-Петербург. – Труды VII Российской научно-технической конференции «НГО-2011». – СПб, ОАО «ГНИНГИ», 2011. – С. 113–116.
5. Васильев А. П., Красовский В. С. Инновационные разработки двойного назначения. // Навигация и гидрография. – 2006. – №20–21. – С. 184–189.
6. Воробьев А. М., Щеглов Д. К., Никитин В. А., Федоров Д. А., Погорелов В. И., Охочинский М. Н., Карташев Е. Н., Данилова Л. Г. Исследования и подготовка предложений по разработке проекта Концепции информатизации Роскосмоса и РКП //НТО №851-2112/09-1.6-1024-116/65-09, гос. рег. №40836. – СПб, ОАО «КБСМ», 2009. – С.41–137.

ON UNIFIED INFORMATION SPACE IN SHIPBUILDING BRANCH

E. N. Kartashev, V. S. Krasovsky («Concern» CRI «Electropribor» JSC)

The extensive introduction of information technologies is the most important component of innovation development of the enterprises designing the science-intensive products. The state and problems of using the specialized program products intended to automate the design processes and production of products (using the («Concern» CRI «Electropribor» JSC as an example) are considered. The organizational prerequisites and technical conditions determining the possibilities to create the unified information space in the shipbuilding branch are presented; the general principles of its formation are suggested.

УДК 356:656.052.1

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА (ОБЕСПЕЧЕНИЕ) ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ МОРСКИХ СРЕДСТВ НАВИГАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К НОВОМУ ОБЛИКУ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С. В. ТРАВИН (ОАО «ГНИНГИ»),
А. Н. СОЛНЦЕВ (ОАО «780 РЗ ТСК»),
С. И. БИДЕНКО (СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича)

Анализируются направления информационного обеспечения функционирования системы технического обслуживания и ремонта морских средств навигации.

Поддержание технической готовности морских средств навигации (МСН) кораблей и судов Военно-Морского Флота (ВМФ) является важной предпосылкой обеспечения успешного решения задач его Гидрографической службы [1]. Исправность МСН во многом определяет саму возможность выхода в море кораблей и судов ВМФ.

С целью обеспечения готовности МСН в ВМФ была создана система технического обслуживания и ремонта (СТОиР) МСН. Окончательно она сформировалась в середине 70-х годов XX века, когда на флоте появились сложные навигационные комплексы атомных подводных лодок. Однако из-за произошедших за последние годы изменений в экономике и структуре Вооруженных Сил, а также в состоянии самих МСН, эффективность СТОиР заметно снизилась.

Сложившаяся к настоящему времени система обслуживания и ремонта не соответствует:

- сложности современных образцов вооружения и военной техники (ВВТ);
- конкурсным механизмам размещения заказов на обслуживание и ремонт; современным мобилизационным заданиям;
- условиям рыночной экономики и многообразию форм собственности;
- сокращению количества личного состава, привлекаемого к проведению ремонтных работ, и снижению уровня его квалификации;
- потребности в полномасштабном участии предприятий промышленности в сервисном обслуживании и ремонте как новых ВВТ (в силу их сложности), так и старых ВВТ (в силу их изношенности).

В 2010 г. была принята и начала реализацию Концепция адаптации системы обслуживания и ремонта вооружений и военной техники к новому облику Вооруженных Сил Российской Федерации (приказ МО РФ от 6 апреля 2010 г. № 320) [2]. На ее основе разработано Положение НЯДИ.000.0420.00.029 – «Корабли и суда ВМФ. Порядок выполнения работ по сервисному обслуживанию в процессе их эксплуатации» [3].

Новая система обслуживания и ремонта ВВТ включает две основных компоненты: подсистему заводского сервисного обслуживания и ремонта в установленном порядке на предприятиях промышленности и сервисных центров; подсистему войскового сервисного обслуживания и ремонта в ремонтно-

восстановительных органах бригад, оперативных и оперативно-стратегических командований, а также в установленном порядке в подразделениях сервисных центров.

Ремонт с устранением сложных поломок, неисправностей ВВТ предполагается осуществлять выездными или стационарными бригадами в сервисных центрах. Ремонт должен проводиться в местах постоянной дислокации войск агрегатно-узловым методом в стационарных (полустационарных) условиях.

В результате проводимых преобразований в СТОиР резко возрастает роль и ответственность предприятий, осуществляющих сервисное обслуживание и техническую готовность ВВТ. Для её обеспечения возникает необходимость:

- постоянного мониторинга технического состояния ВВТ и принятия оперативных мер при снижении ее технической готовности (ТГ) или отказах;
- выстраивания оптимальных логистических цепочек, а также организации комплексных центров сервисного послегарантийного обслуживания и ремонта ВВТ в районах, приближенных к местам дислокации;
- формирования базы учета технического состояния каждого изделия в целях определения потребности в мероприятиях технического обслуживания и ремонта для поддержания изделий в установленной степени готовности к использованию по назначению и прогнозирования на этой основе объема необходимых ресурсов на краткосрочную и среднесрочную перспективу;
- основанного на сочетании экономических и административных механизмов формирования эффективной системы контроля объема и качества работ, проводимых в рамках сервисного обслуживания и ремонта;
- формирования системы планирования ТОиР, интегрированной логистической поддержки изделия на всех стадиях его жизненного цикла и постепенного перехода от «календарного» принципа планирования ТОиР к планированию ТОиР на основе данных о реальном техническом состоянии изделия.

С учетом требований Концепции были пересмотрены и подходы к обеспечению ТГ МСН кораблей ВМФ. Указом Президента РФ от 31 декабря 2010 года №1656 единственным исполнителем по ремонту и сервисному обслуживанию МСН на всех кораблях ВМФ, включая навигационные комплексы АПЛ, было определено ОАО «780 Ремонтный завод технических средств кораблевождения» (ОАО «780 РЗ ТСК»), входящее в структуру ОАО «Ремвооружение». Это обстоятельство поставило перед заводом новые серьезные задачи, в несколько раз увеличив нагрузку на специалистов непосредственно работающих на кораблях ВМФ, и потребовало создания ремонтно-технических центров на каждом стратегическом направлении, а также групп технического обслуживания надводных кораблей (НК) и подводных лодок (ПЛ) в местах базирования сил флота. Новая структура СТОиР МСН представлена на рис. 1.

Реализация вышеперечисленных задач требует от предприятия осуществления постоянного мониторинга технического состояния МСН и принятия оперативных мер при снижении ТГ или отказах, более гибкого подхода к планированию своих ресурсов. Оптимальным способом, позволяющим решить данную задачу, является создание Системы информационного обеспечения ТОиР и единого информационного пространства, охватывающего Предприятие и его обособленные удаленные подразделения.

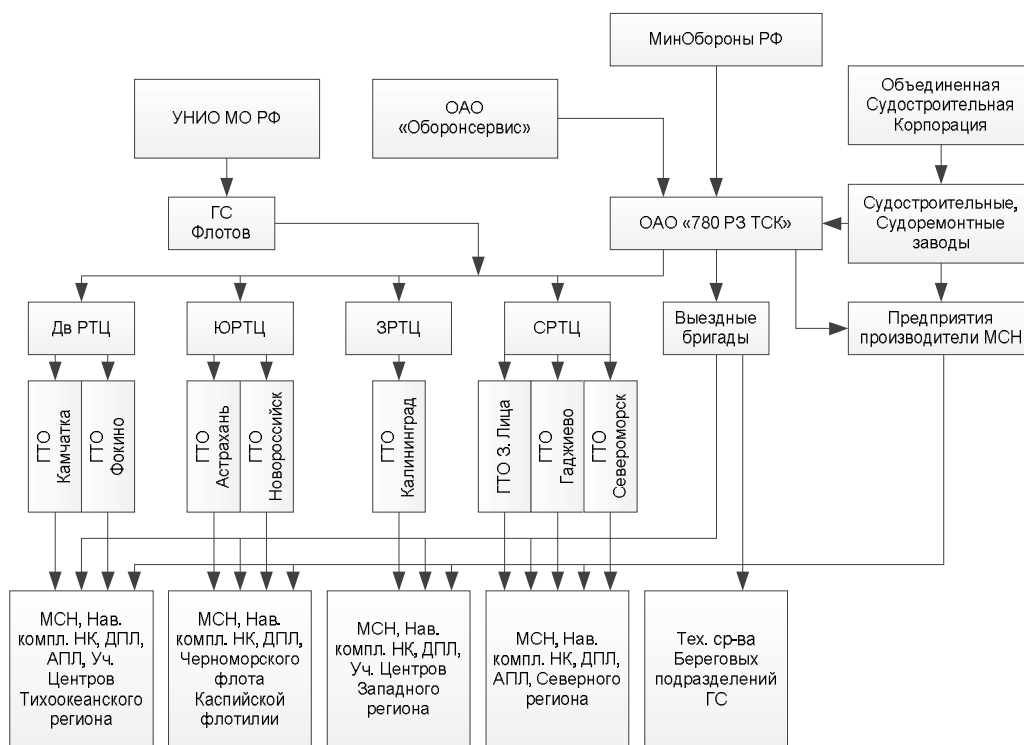


Рис. 1. Актуальная структура СТОиР

На Систему информационного обеспечения ТОиР возлагается решение следующих основных задач:

- оперативного контроля технического состояния МСН на объектах ВМФ, запасах ЗИП на объектах ВМФ и складах предприятия;
- информационного обеспечения планирования и проведения работ по техническому обслуживанию и восстановлению технической готовности, модернизации, ремонту МСН на кораблях ВМФ и в условиях завода;
- планирования производственных мощностей и материальных ресурсов для обеспечения технической готовности МСН;
- поддержки оперативных работ при внеплановом ремонте.

Для организации взаимодействия между ремонтными подразделениями различных уровней необходимо организовать *Единое информационное пространство* (ЕИП) СТОиР.

Информационное пространство СТОиР может быть определено как множество единиц информации (данных), упорядоченное в организационном, оперативном и технологическом отношениях в целях поддержки функционирования системы обеспечения технической готовности.

В нашем случае под единицами информации (объектами) понимаются МСН, а также сведения о процессах, происходящих с ними. Совокупность этих сведений будет составлять Базу данных Морских средств навигации (БД МСН).

Также необходимо создать Базу данных производственных мощностей и ресурсов предприятия, в которую войдут данные об оборудовании, используемом

при ТОиР, специалистах, осуществляющих работы, документы (схемы, чертежи, и пр.), необходимые при ТОиР МСН, и другая информация, связанная с этими процессами.

Для обеспечения распределённого доступа и удобства работы с Базой данных различных специалистов используются Системы управления БД (СУБД), в международной классификации называемые PDM-системы (*Product Data Management*) [4].

СУБД – организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии. При этом в качестве изделий могут рассматриваться различные сложные технические объекты (корабли и автомобили, самолёты и ракеты, компьютерные сети и др.).

С помощью СУБД осуществляется отслеживание больших массивов данных и инженерно-технической информации, которые необходимы на этапах проектирования, производства или строительства, а также поддержка эксплуатации, сопровождения и утилизации технических изделий. Такие данные, относящиеся к одному изделию и организованные СУБД, называются цифровым макетом. СУБД работают не только с текстовыми документами, но и с графическими моделями, необходимыми для отображения автоматических линий, станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и др.

Структура Системы информационного обеспечения подразделений ОАО «780 РЗ ТСК», непосредственно занятых в процессе ТОиР МСН, представлена на рис. 2.

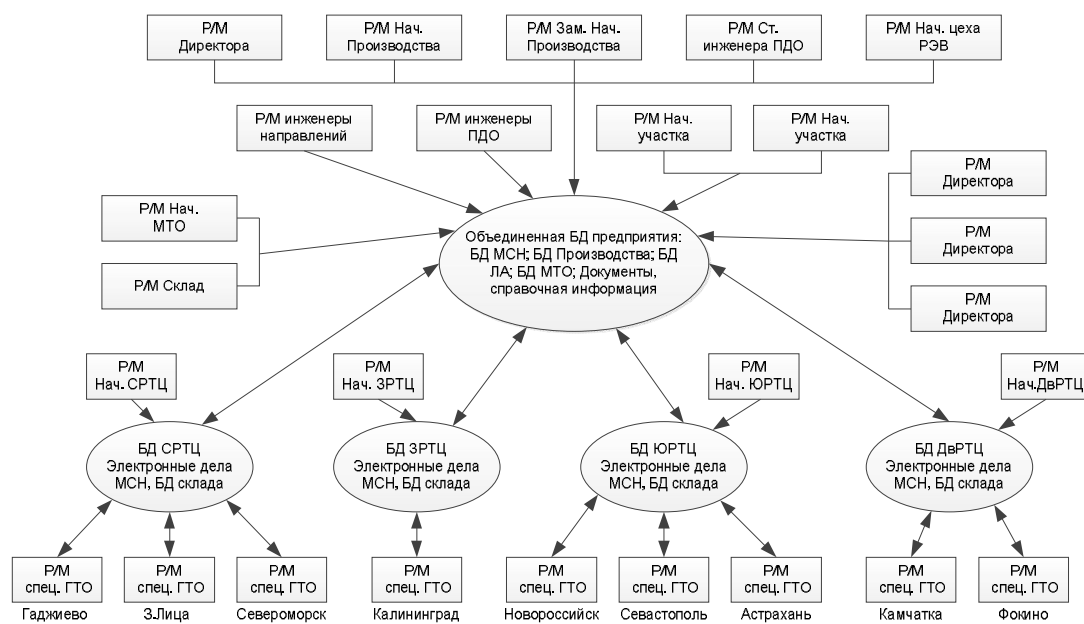


Рис. 2. Структура Системы информационного обеспечения ТОиР МСН.

Р/М – рабочее место

В основу построения системы информационного обеспечения СТОиР МСН положены технологии, позволяющие сопровождать изделие на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ). Они получили в мире название CALS-технологий (*Continuous Acquisition and Life cycle Support* – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта). В русскоязычном варианте в специальной литературе предлагается термин ИПИ-технология – информационная поддержка изделия (ИПИ) [5].

Одной из составляющих ИПИ-технологии, играющей особую роль на стадии эксплуатации изделия, является *Интегрированная логистическая поддержка* (ИЛП), направленная на создание и эффективный обмен эксплуатационными и логистическими данными об изделии между его участниками и оптимизирующая всю систему эксплуатации в целом;

ИЛП (*Integrated Logistic Support, ILS*) – совокупность видов инженерной деятельности, реализуемых посредством управленческих, инженерных и информационных технологий, ориентированных на обеспечение высокого уровня готовности изделий (в том числе показателей, определяющих готовность – безотказности, долговечности, ремонтпригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности и др.) при одновременном снижении затрат, связанных с их эксплуатацией и обслуживанием [5].

ИЛП включает следующие основные процессы: анализ логистической поддержки, планирование процессов технического обслуживания и ремонта изделия, планирование и управление материально-техническим обеспечением, обеспечение персонала электронной эксплуатационной и ремонтной документацией, поддержку программного обеспечения и вычислительных средств, мониторинг технического состояния изделия и процессов эксплуатации и технического обслуживания;

Международные и российские стандарты, определяющие требования к ИЛП ЖЦИ предусматривают понятие уровней ТОиР [6]. В условиях требований Приказа МО РФ [2] по организации сервисного обслуживания ВВТ на флоте целесообразно создать трехуровневую модель построения СТОиР на основе ИЛП. Каждому уровню должны соответствовать: свой набор задач, требования к численности и квалификации обслуживающего и ремонтного персонала, к количеству и номенклатуре запасных частей и заменяемых агрегатов, к составу специального оборудования и т. д. (рис. 3).

На первом уровне – на корабле – личный состав осуществляет эксплуатацию МСН и контроль их технического состояния. В соответствии с инструкциями по эксплуатации (в перспективе – с интерактивными электронными техническими руководствами (ИЭТР)), проводит регламентные работы, ведет учёт наработки, отказов, расходе и пополнении ЗИПа. В случае необходимости привлечения специалистов ремонтных служб подается заявка в район ГС, как это предусмотрено Руководством по эксплуатации и ремонту МСН [1].

Главная задача личного состава – обеспечить сохранность, правильную эксплуатацию и боевое применение вверенной им ВВТ в строгом соответствии с электронной технической документацией (ЭТД), а также «своевременное оповещение закрепленных за ними сервисных центров о необходимости внеплановых работ и обеспечения условий для их проведения (допуск к объекту, обеспечение транспортом, связью и т. д.)» [1].

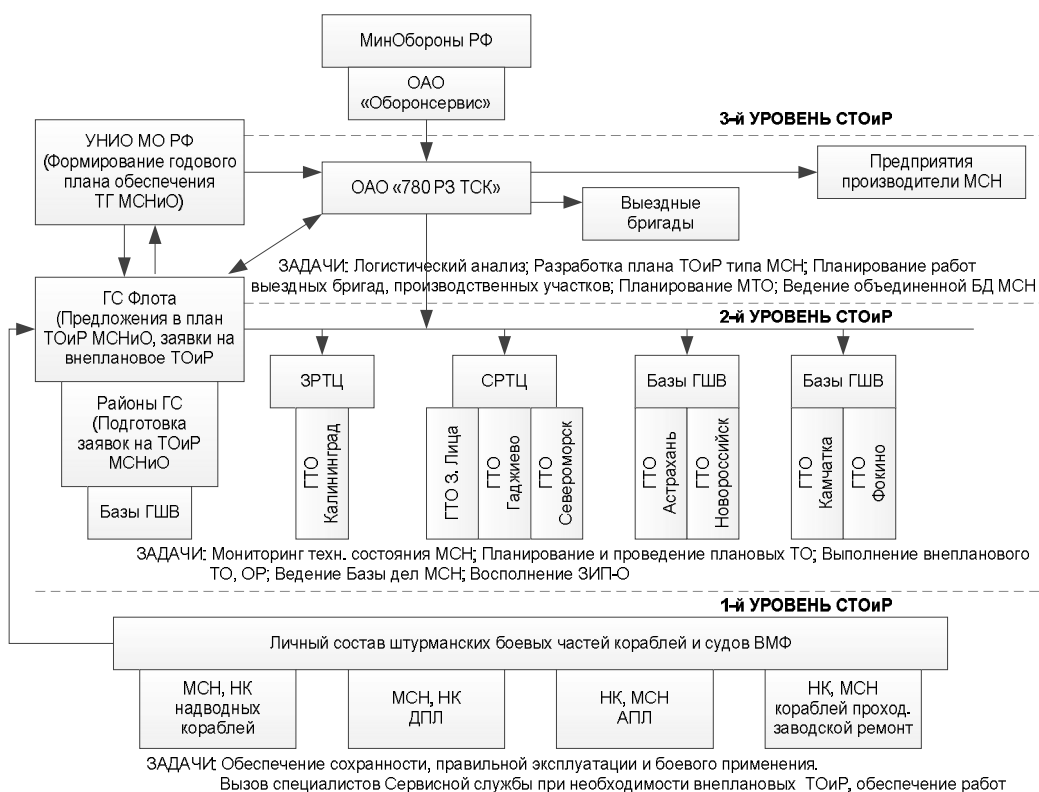


Рис. 3. Структура трехуровневой системы ТОиР МСН

Второй уровень СТОиР МСН является частью подсистемы войскового сервисного обслуживания и ремонта, введенной «Концепцией», куда наряду с ремонтно-восстановительными структурами флота в установленном порядке входят и подразделения сервисных центров. Применительно к МСН на данном уровне находятся региональные ремонтно-технические центры (РТЦ) ОАО «780 РЗ ТСК» с входящими в них группами технического обслуживания (ГТО) и мастерские гидрографическо-штурманского вооружения (ГШВ).

Специалисты ГТО должны осуществлять мониторинг технического состояния МСН на кораблях, находящихся в зоне их ответственности, проводить сервисное обслуживание техники по разработанному РРТЦ графику и осуществлять внеплановое ТОиР по указанию РРТЦ при поступлении такой заявки из района гидрографической службы (РГС). Силами специалистов этого уровня проводятся сложные виды ТО, текущий и оперативный ремонт.

В процессе обслуживания специалисты ГТО получают информацию о состоянии и ресурсах МСН, наличии ЗИП на кораблях, проводят записи в формулярах изделий о проведенных работах, выявленных и устраненных неисправностях и другие отметки, определенные ремонтной документацией (РД). Вся эта информация должна также заноситься в специальное «Электронное эксплуатационное дело изделия».

Электронное эксплуатационное дело изделия (ЭДИ) – совокупность данных, описывающих функциональную структуру изделия (ФСИ) и характеризующих события, происходящие с изделием в процессах эксплуатации и ТОиР (наработка, изменения в составе ФСИ, изменения характеристик изделия и его составных частей, отказы и их устранение и т. д.) [7].

Третий уровень СТОиР МСН является «подсистемой заводского сервисного обслуживания и ремонта в установленном порядке на предприятиях промышленности» [1]. В нашем случае это ОАО «780 РЗ ТСК» и его контрагенты.

Модель сервисного обслуживания МСН на основе ИЛП ЖЦИ представлена на рис. 3.

Внедрение информационных технологий в систему ТОиР МСН позволит автоматизировать процесс сбора, обработки и оперативного учёта информации о фактическом состоянии МСН, разработать план ТО по обеспечению заданной готовности МСН. По оценкам различных международных организаций и отечественных специалистов [8–11] при внедрении ИПИ ЖЦИ средняя продолжительность ТО сокращается на 15–30%, среднее время восстановления после отказа – на 15–30%, средняя стоимость ТОиР снижается до 30%, при этом на 8–10% повышается коэффициент технического использования и на 10–15% – коэффициент готовности.

Конечно, для повышения эффективности существующей сегодня системы ТОиР МСН и для приведения её в соответствие с принципами Концепции необходимо провести много организационных и технических мероприятий. В первую очередь необходимо развивать регионально-технические центры и группы технического обслуживания, вооружая их новым диагностическим оборудованием и повышая квалификацию специалистов, а также *создать единый склад по хранению ЗИП для ремонта и восстановления МСН*. Это в значительной мере повысит качество ТО и сократит время устранения отказов.

Решение этих задач связано:

- с формированием электронных баз данных МСН и производства, в которых будут храниться и вестись электронные дела на все МСН и производственное оборудование, используемое при проведении ТОиР;
- с созданием единого информационного пространства предприятия, куда будут включены все участники процесса обслуживания МСН при обеспечении их каналами передачи информации и едиными правилами обмена данными;
- с разработкой СУБД, отвечающей требованиям предприятия по функциональности, удобству интерфейса и организации распределённого доступа в БДБД всех участников.

Такая работа проводится сегодня в ОАО «780 РЗ ТСК». Результаты внедрения информационных технологий на заводе и в системе ТОиР МСН планируется осветить в следующих публикациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по эксплуатации и ремонту МСН кораблей и судов ВМФ. – СПб: Изд-во ГУНиО МО РФ, 2004. – 92 с.
2. Приказ МО РФ от 6 апреля 2010 г. №320 «О Концепции адаптации системы обслуживания и ремонта вооружений и военной техники к новому облику Вооруженных Сил Российской Федерации».

3. НЯДИ.000.0420.00.029 – «Корабли и суда ВМФ. Порядок выполнения работ по сервисному обслуживанию в процессе их эксплуатации»
4. Фуфаев Э. В. Базы данных: учеб. пособие для студ. сред. проф. образования. 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 320 с.
5. ГОСТ Р 53394-2009 Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения. – М.: Госстандарт РФ, 2011. – 48с.
6. Интегрированная логистическая поддержка наукоемких изделий. Концепция. – М.: Минпромнауки России. – 2002. – 10 с.
7. Р50.1.028 – 2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – М.: Госстандарт РФ, 2001. – 78 с.
8. Судов Е. В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. – М.: ООО Издательский дом МВМ, 2003. – 263 с.
9. Судов Е. В., Левин А. И. «Концепция развития CALS-технологий», М., 2002. – 129с.
10. Солнцев А. Н. Пути совершенствования технического обслуживания МСН на основе внедрения интегрированной логистической поддержки их жизненного цикла // Записки по гидрографии. – 2006. – №247а. – 120 с.
11. Давыдов А. Н. Стратегия и результаты внедрения CALS-технологий в оборонной промышленности России – М.: Министерство промышленности, науки и технологий РФ, 2003. – 27 с.

INFORMATION SUPPORT FOR TECHNICAL READINESS OF MARINE AIDS TO NAVIGATION IN THE CONDITIONS OF TRANSITION TO THE NEW ASPECT OF THE RF ARMED FORCES

S. V. Travin («GNINGI» OJSC), **A. N. Solntsev** («780 Navigation Technical Means Repair Plant» OJSC), **S. I. Bidenko** (Bonch-Bruевич St.Petersburg State University of Telecommunications)

The directions of information support for operation of the technical maintenance and repairs system of the marine aids to navigation are presented.

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

УДК 528.92

МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ КРИТИЧЕСКИХ ТОЧЕК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Ю. Н. ЖУКОВ (ОАО «ГНИНГИ»)

В статье излагается метод оценки репрезентативности (значимости) критических точек рельефа. Метод основан на представлении гладкой непрерывной поверхности рельефа дна деревом Кронрода-Риба.

Рельеф на карте описывается гладкой поверхностью. Форма этой поверхности существенно связана с наличием особых точек поверхности: точек локальных экстремумов (минимумов, максимумов) и седловых точек. Совокупность таких точек, их местоположение и высота являются важными характеристиками в отображении формы поверхности рельефа, так как они играют роль дискретной структуры, репрезентативно представляющей непрерывную поверхность.

Построение поверхности рельефа на ЭВМ по данным измерений всегда связано с наличием в исходных данных вычислительных и измерительных погрешностей, приводящих к искажениям в форме поверхности. Погрешности приводят как к искажению местоположения репрезентативных присутствующих в реальной поверхности рельефа критических точек, так и к появлению нерепрезентативных ложных критических точек. Поэтому актуальна задача выявления репрезентативных критических точек в вычисленной поверхности. Решение этой задачи является необходимым условием для проведения фильтрации шумов и сглаживания вычисленной поверхности.

Решение поставленной задачи должно опираться на некоторую количественную характеристику, определяющую значимость критической точки для конкретной рассматриваемой поверхности. Пусть задан некоторый допустимый уровень значимости, а критические точки упорядочены в порядке убывания их величин значимости. Тогда репрезентативными будут те критические точки, которые имеют большую значимость, чем допустимый уровень. Цель статьи состоит в математической формулировке понятия «значимости» критических точек поверхности и разработке алгоритма его количественной оценки.

Величины абсолютной высоты (глубины) критических точек не позволяют судить, какие из них более репрезентативные, а какие нет, за исключением только точек с наибольшим значением минимума и максимума. Для определения понятия значимости критической точки поверхности в качестве подходящей основы

воспользуемся широко применяемым в зарубежной картографии понятием «топографической значимости» (topographic prominence) [1, 2].

Топографическая значимость – это перепад высот между вершиной и самой высокой седловой точкой, которая отделяет эту вершину от любой более высокой вершины. Однако прямое использование этого понятия в наших целях невозможно. Дело в том, что, во-первых, оно рассматривает только точки локальных максимумов и седловые точки, но не включает в рассмотрение точки локальных минимумов рельефа, и, во-вторых, оно не опирается на математические понятия, что не гарантирует от логических и алгоритмических ошибок. Последнее проявляется, например, в том, что определение топографической значимости не позволяет сделать однозначный выбор седловой точки, относительно которой отсчитывается высота вершины.

Заметим, что в отечественной географии существует схожее по смыслу понятие – «относительная высота», однако оно не совпадает с понятием «топографическая значимость». Относительная высота – это топографическое превышение какой-либо точки земной поверхности относительно другой точки, отсчитываемое по вертикали, равное разности абсолютных высот этих точек (например, высота горной вершины над уровнем дна ближайшей долины); расстояние по вертикали от указанного исходного уровня до уровня, точки или объекта, принятого за точку. Следовательно, понятие «относительная высота» имеет разный смысл в зависимости от контекста, что не позволяет им воспользоваться.

Мы обобщим понятие топографической значимости путем включения в него локальных минимумов рельефа и построим однозначный метод выявления для каждой седловой точки соответствующей ей точки минимума или максимума. Главная проблема на этом пути состоит в определении алгоритма выявления соответствия между седловыми точками и точками экстремумов. Будем искать эффективный метод оценки значимости, используя математические инструменты описания гладких функций, к которым относится картографическое представление поверхности рельефа [3].

Картографическое представление рельефа есть аналог математического объекта – невырожденной функции Морса. Такая функция имеет только простые критические точки: седла, минимумы и максимумы, ее топологические свойства описаны, например, в работе [4]. Для функций этого типа разработаны методы выявления и упорядочивания критических точек поверхности с использованием топологических характеристик. В вычислительной топологии этот метод носит название топологической значимости (topological persistence) [5]. Естественно воспользоваться аналогом этого метода для решения нашей задачи нахождения соответствия между седловыми точками и точками экстремумов поверхности.

Не загружая текст математическими подробностями и деталями, приведем неформальное описание метода, адаптированное к нашей задаче, на примере получения интервалов устойчивости (persistence intervals) для одномерной кривой (рис. 1). Пусть дана гладкая одномерная кривая. Возьмем горизонтальную прямую, секущую данную кривую. На некотором уровне сечение кривой представляет собой набор несвязных горизонтальных интервалов (отрезков). Грубо говоря, целое число интервалов определяет топологический тип сечения на данном уровне. Рассмотрим, как изменяется топологический тип сечений кривой на каждом уровне при перемещении секущей прямой от минимального уровня кривой до максимального.

При увеличении уровня сечения число интервалов меняется только в момент прохождения секущей через точку, соответствующую либо максимуму, либо минимуму. В диапазоне уровней между двумя последовательными экстремумами число интервалов сечения не меняется. Поэтому динамика числа интервалов сечения в процессе увеличения уровня сечения изменяется в соответствии со следующим простым правилом: если встречается минимум, то число интервалов увеличивается на единицу, если встречается максимум, то число интервалов уменьшается на единицу. В этом процессе всегда есть минимум, который создает интервал, и существует некоторый максимум, который этот интервал уничтожает. Более конкретно: текущий максимум является парой последнему предыдущему встреченному минимуму. Последовательные максимум и минимум являются сопряженной парой экстремумов. Сопряжение пары критических точек обусловлено собственно топологическими свойствами рассматриваемой кривой.

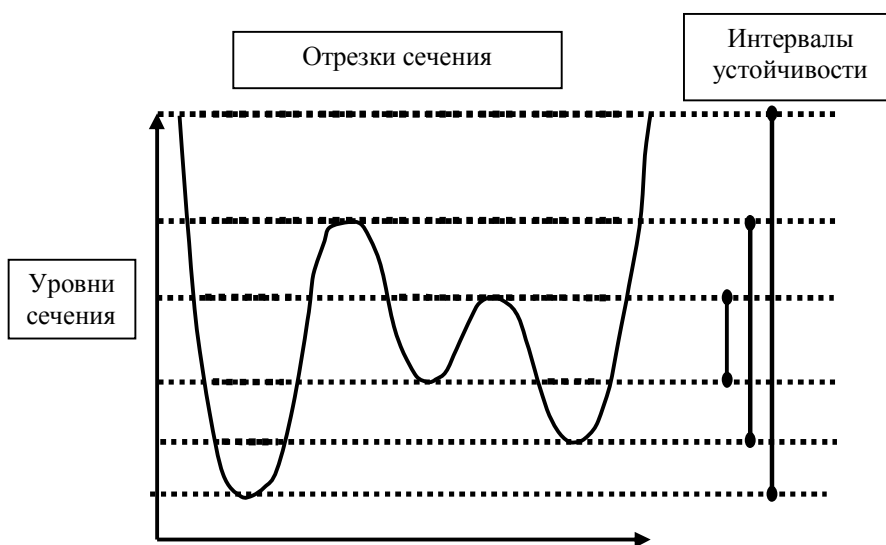


Рис. 1. График кривой и ее интервалы устойчивости

Указанная процедура позволяет однозначно получить множество пар минимумов-максимумов, определяемых топологией кривой. Величина абсолютной разности высот критических точек $\Delta = |h_{\min} - h_{\max}|$, составляющих сопряженную пару, определяет количественную оценку интервала устойчивости и соответствующих сопряженных точек. Полученные указанным методом интервалы устойчивости являются искомыми объектами для одномерного случая.

Приведенный пример для одномерного случая дает основание ввести понятие «значимость» критической точки поверхности рельефа как меры топологической устойчивости той сопряженной пары критических точек, в которую она входит. Количественный критерий значимости ε определим следующим образом. Множеству пар критических точек Π сопоставим множество разностей высот критических точек $\Pi \equiv \{\Delta_i\}$ ($i = 1, \dots, N$, N – число пар). Значимость конкретной пары критических точек в данном множестве пар Π определим как отношение

$\varepsilon_i = \Delta_i / \Delta_{\max}$, где Δ_{\max} – максимальное значение среди $\{\Delta_i\}$. Таким образом, каждая точка в паре имеет одну и ту же величину значимости. Величина ε всегда нормирована и лежит в диапазоне $(0,1]$.

Реализация аналогичной процедуры для двумерной поверхности значительно сложнее. Среди критических точек двумерной поверхности появляются седловые точки, которых нет в одномерном случае. Эти точки существенно осложняют дело, так как в седловых точках тоже происходит смена топологического типа горизонтального сечения поверхности [4], так же, как и в точках экстремумов. Кроме того, седловые точки на вертикальной оси всегда лежат между наибольшими максимумом и минимумом. При подъеме плоскости сечения точки седел могут встречаться в любой последовательности по отношению друг к другу и неосновным экстремумам.

В двумерном случае пара критических точек, образующих интервал устойчивости, всегда состоит либо из седла и минимума, либо из седла и максимума. Каждой такой паре критических точек сопоставим величину абсолютной разности высот критических точек $\Delta = |h_s - h_e|$, составляющих пару. Здесь h_s – высота седловой точки, h_e – высота точки экстремума, минимума или максимума.

Хотя принципиального различия между двумерным и одномерным случаями нет, однако автору не известен какой-либо алгоритм прямого нахождения пар критических точек для двумерной плоскости. Для вычисления множества пар критических точек для двумерных гладких поверхностей обычно применяют вспомогательный математический аппарат – дерево Кронрода-Риба (дКР) [3]. Картографическое описание рельефа можно представить математическим объектом – функцией Морса, для которой дКР является дискретным аналогом, однозначно описывающим положение, высоту точек седел и локальных экстремумов, и главное, дКР описывает связь между ними, которая определяется топологией рассматриваемой поверхности. Каждой поверхности однозначно соответствует некоторое дКР. К настоящему времени разработаны алгоритмы вычисления дКР для всех типов представления поверхности в ЭВМ [6–8], поэтому на процедуре его вычисления останавливаться не будем. Отметим важное практическое обстоятельство: вершины дКР естественным образом оснащаются координатами местоположения и высотой соответствующих критических точек.

Пример поверхности и соответствующее ей дКР показаны на рис. 2, 3. В табл. 1 представлены интервалы устойчивости и величины значимости, вычисленные по дКР. Отметим, что в процессе вычисления дКР его вершины оснащаются пространственными и высотными координатами соответствующих критических точек, что дает возможность отображать дКР в плоскости изучаемой функции и в высотном изображении (рис. 3).

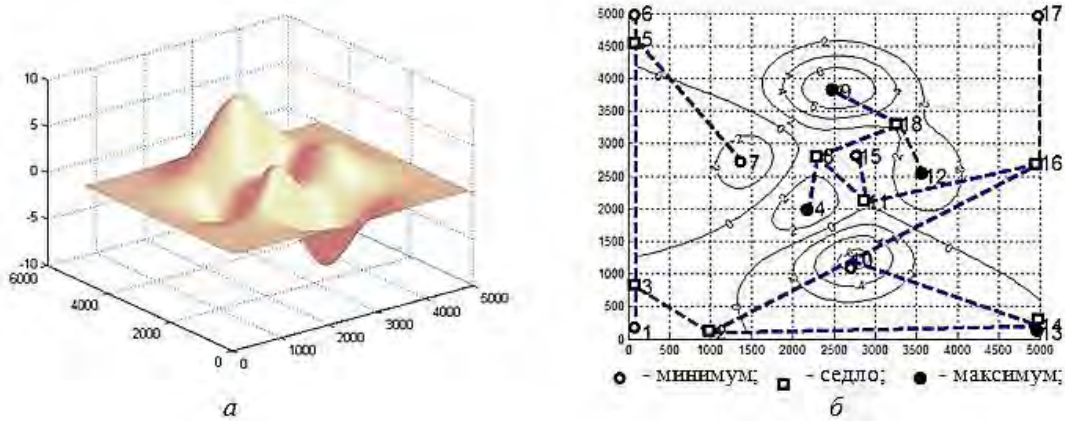


Рис. 2. График поверхности: *a* – соответствующие изолинии высот и ДКР (пунктирные линии); *б* – 18 критических точек

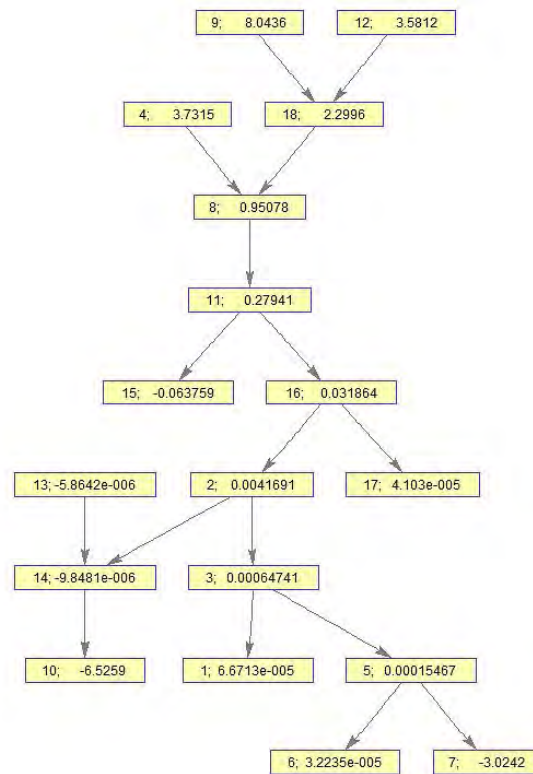


Рис. 3. Вертикальное представление ДКР для поверхности (рис. 2*a*).
Первая цифра в прямоугольнике – номер критической точки на рис. 2*б*,
вторая – высота критической точки

Алгоритм вычисления пар критических точек по дКР очевиден, но достаточно громоздок, чтобы его приводить полностью. В алгоритме используется представление, что точки дКР, соответствующие седлам, являются точками тройного ветвления, а точки, соответствующие минимумам и максимумам, являются точками с одним примыкающим ребром. Приведем только основную схему алгоритма. Ключ алгоритма состоит в использовании динамически меняющегося дКР в соответствии с последовательностью выявляемых пар критических точек. Последовательно просматривается снизу вверх список упорядоченных по высоте критических точек, начиная со второй снизу. Если точка является минимумом или максимумом, то ищется ближайшее к ней в дКР седло. Они образуют пару седло – экстремум. Вершины экстремумов, седел и связывающее их ребро удаляются из дКР, а нарушенные удалением связи восстанавливаются в соответствии с порядком вершин до удаления. Если вершина является седлом и имеет двух нижележащих потомков, то выбирается ближайший по высоте минимум, и они образуют пару критических точек. Соответствующие вершины и ребра удаляются из дКР с последующим восстановлением связей. В результате такого процесса окончательное дКР будет иметь только две вершины, соответствующие наибольшему минимуму и максимуму, и одно соединяющее их ребро. Эта пара критических точек образует наиболее значимую пару с Δ_{\max} .

Заметим, что приведенный метод оценки значимости форм рельефа включает понятие топографической значимости, но, в отличие от последнего, дает однозначный алгоритм получения пар точек седло – экстремум.

Для поверхности, представленной на рис. 2, в соответствии с её дКР вычислены пары критических точек и их значимость. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Таблица значимости критических точек для поверхности, изображенной на рис. 2

Порядковый номер появления в списке пар	Тип точки	Номер точки	Номер точки	Тип точки	Величина интервала устойчивости	Величина значимости пары	Порядковый номер значимости пары
1	Седло	18	12	Макс.	1,28	0,08796	4
2	Седло	8	4	Макс.	2,78	0,19086	3
3	Мин.	1	3	Седло	0,0007	0,00003	7
4	Мин.	17	16	Седло	0,03	0,00218	6
5	Мин.	6	5	Седло	0,0001	0,000008	8
6	Седло	14	13	Макс.	0,0000	0,0000003	9
7	Мин.	15	11	Седло	0,34	0,02355	5
8	Мин.	7	2	Седло	3,03	0,20785	2
9	Мин.	10	9	Макс.	14,57	1	1

Примечание. Номер точки соответствует номеру критических точек на рис. 2б.

Продemonстрируем применение введенного понятия значимости на простейшем примере влияния шума в исходных данных на вычисленную форму поверхности.

Например, из табл. 1 следует, что для некоторых критических точек их значимость чрезвычайно мала и составляет менее процента. Это признак того, что соответствующие критические точки являются результатом вычислительного шума при расчете поверхности. Эти нерепрезентативные критические точки можно удалить из дКР, оставив только значимые. На рис. 4 показано дКР после удаления.

Введем случайный равномерный на интервале $[-0,5, 0,5]$ шум в высотные координаты функции, изображенной на рис. 2а. Результаты построения изолиний такой поверхности и вычисленное для нее дКР представлены на рис. 5.

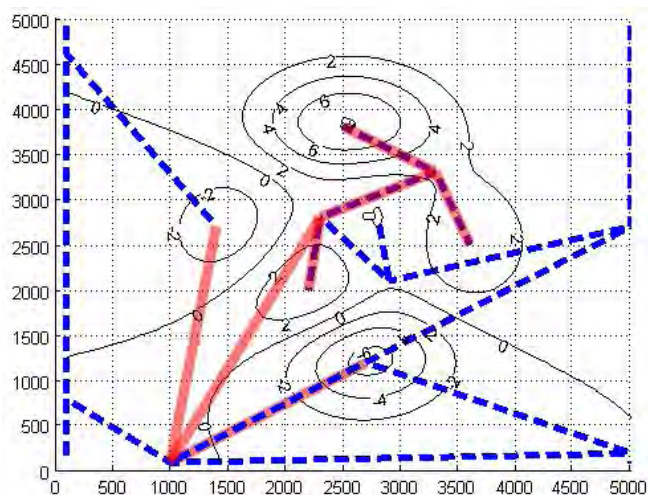


Рис. 4. Дерево Кронрода-Риба (сплошная широкая полоса) для репрезентативных точек поверхности, изображенной на рис. 2а

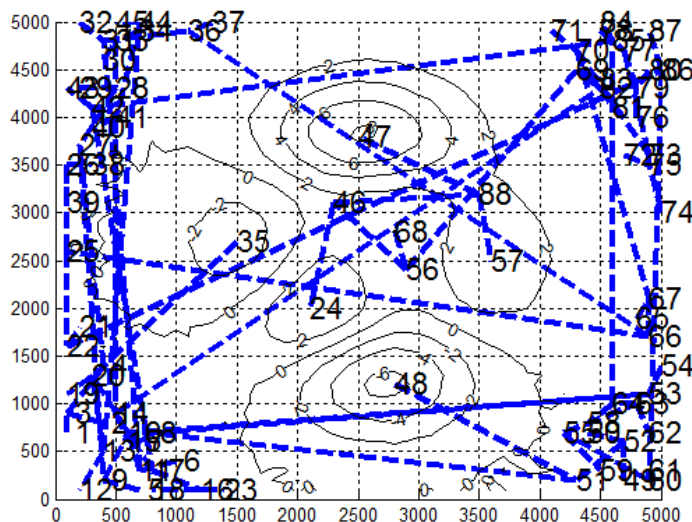


Рис. 5. Дерево Кронрода-Риба (пунктирные линии) для зашумленной поверхности, изображенной на рис. 2а (88 критических точек)

Из последнего примера ясно, что предложенный метод чувствителен к шумовой составляющей. Поэтому он может быть эффективным инструментом в алгоритме предварительного сглаживания поверхности рельефа дна, полученной по измеренным глубинам. Однако проблема сглаживания является отдельной темой для исследований.

Кроме того, приведенные примеры показывают, что подобие двух поверхностей одного участка рельефа можно в первом приближении установить, используя значимые критические точки. Если значимость и пространственные координаты имеют достаточно близкие (с точки зрения решаемой задачи) значения, то соответствующие поверхности подобны. Другие, более тонкие, методы сравнения следует применять после проверки этого соответствия. Для иллюстрации этого утверждения на рис. 6 отображены два дКР для репрезентативных критических точек поверхностей, изображенных на рис. 2 и рис. 5, а в табл. 2 представлены величины значимости для репрезентативных точек этих поверхностей. Последние незначительно меняются под действием шума (табл. 2).

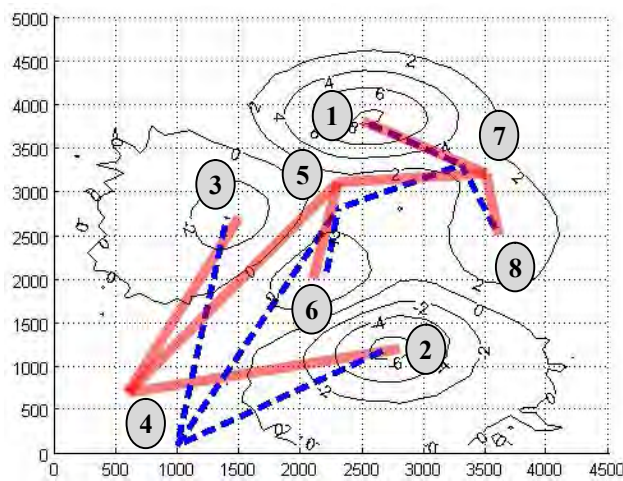


Рис. 6. Дерево Кронрода-Риба (пунктирные линии) для поверхности, изображенной на рис. 2а и дерево Кронрода-Риба (сплошные линии) для зашумленной поверхности

Таблица 2

Величины интервала устойчивости и значимости для репрезентативных критических точек

Номер точки	Величина интервала устойчивости критической точки	Величина интервала устойчивости критической точки	Величина значимости критической точки	Величина значимости критической точки
	Без шума	С шумом	Без шума	С шумом
1	14,57	14,64	1	1
2	14,57	14,64	1	1
3	3,03	3,03	0,20786	0,20691
4	3,03	3,03	0,20786	0,20691
5	2,78	2,67	0,19086	0,18200

Продолжение таблицы 2

Номер точки	Величина интервала устойчивости критической точки	Величина интервала устойчивости критической точки	Величина значимости критической точки	Величина значимости критической точки
6	2,78	2,67	0,19086	0,18200
7	1,28	1,30	0,08796	0,08897
8	1,280	1,30	0,08796	0,08897

Таким образом, показано, что определение репрезентативных критических точек представляет практическую ценность с точки зрения выявления шумовых возмущений в поверхности и сравнения двух поверхностей между собой. Дерево Кронрода-Риба является основным инструментом и структурой представления топологических и геометрических особенностей репрезентативных критических точек поверхности рельефа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Christopherson G. L. Using ARC/GRID to Calculate Topographic Prominence in an Archaeological Landscape. // Arc/INFO User Conference, 2003. – 15 p.
2. Podobnikar T. Method for Determination of the Mountain Peaks // 12th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Leibniz Universität Hannover, Germany, 2009. P. 1–8
3. Жуков Ю.Н Математические инструменты описания картографического отображения рельефа Земли // Навигация и океанография. – 2011. – №32. С. 60–69.
4. Милнор Дж. Теория Морса. – М.: Издательство ЛКИ, 2011. – 184 с.
5. Bauer U. Persistence in discrete Morse theory. Dissertation zur Erlangung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Doktorgrades Doctor rerum naturalium der Georg-August-Universität Göttingen, 2011. – 109 p.
6. Doraiswamy H., Natarajan V. Efficient Algorithms for Computing Reeb Graphs // Computational Geometry: Theory and Applications. – August. 2009. – Vol. 42. – Issue 6–7. – P. 606–616.
7. Kunii T. L. Constructing a reeb graph automatically from cross sections. // IEEE Comput. Graph. Appl. 11, 6 (1991). – P. 44–51.
8. Pascucci V. Loops in Reeb graphs of 2-manifolds. // Discrete and Computational Geometry. – 2004. – Vol. 32, 2. – P. 231–244.

METHOD OF FINDING THE REPRESENTATIVE CRITICAL POINTS FOR THE EARTH'S SURFACE

Y. N. Zhukov («GNINGI» OJSC)

The method of estimating the representativeness (significance) for the critical points of the relief is presented. The method is based on presenting the smooth continuous surface of the bottom relief by means of Kronrod-Reeb tree.

УДК 528.92

**МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ФОРМ ПОВЕРХНОСТИ
РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ****Ю. Н. ЖУКОВ** (ОАО «ГНИНГИ»)

В статье излагается метод оценки основных форм рельефа. Метод основан на параметризации гладкой поверхности кривизной, учитывает формат данных, описывающих поверхность рельефа.

Всё многообразие неровностей, из которых складывается рельеф земной поверхности, можно в основном свести к следующим пяти элементарным формам: гора, котловина, хребет, лощина, седловина [1]. Вершина горы, дно котловины, точка седловины являются характерными точками рельефа; линия водораздела хребта, линия водослива лощины, линия подошвы горы или хребта, линия бровки котловины или лощины являются характерными линиями рельефа. Для оконтуривания основных форм рельефа целесообразно применить мощности ЭВМ, что, в свою очередь, требует использования методов и алгоритмов, специализированных для этих целей. В этой статье излагается метод вычисления на ЭВМ основных форм рельефа с учетом принятых форматов представления рельефа в электронном виде. Теоретической базой служат элементы дифференциальной геометрии [2, 3, 4] (указаны в порядке возрастания абстракции изложения предмета).

Для изложения необходимо ввести некоторый минимальный набор математических понятий. Начнем с формализации наиболее часто применяемого в гидрографии понятия «уклон».

Уклон (крутизна) склона участка рельефа определяется как угол, образуемый направлением склона с горизонтальной плоскостью и выражаемый обычно в угловой мере [5]. В этом описании уклона отсутствуют два необходимых параметра: направление, в котором рассматривают изменение глубин (высот) поверхности рельефа, и координаты точки, к которой следует отнести величину уклона. Приведенное понятие «уклона» является эклектическим аналогом производной в точке по некоторому направлению для непрерывной гладкой поверхности, а именно гладкой поверхностью представляется рельеф на картах.

Ограничимся небольшим куском поверхности Φ и оставим его граничные точки без рассмотрения (рис. 1). Рассмотрим точку P поверхности и все кривые на этой поверхности, проходящие через точку P . В дифференциальной геометрии доказывается, что касательные, которые можно провести к этим кривым в точке P , лежат в одной плоскости, называемой вследствие этого касательной плоскостью T_P . Максимальный вектор в касательной плоскости называется градиентом \mathbf{g} . Именно поле градиентов полностью характеризует изменчивость склонов рельефа. Градиент как вектор в точке P характеризуется значением – уклоном и направлением. Отметим, что зачастую неявно предполагают, что уклон представляет собой градиент. Однако это является смешением понятий. Уклон – скаляр, а градиент – вектор. Именно из последнего следует, что для полного отображения изменчивости

склонов рельефа необходимо построение в каждой точке поверхности двух характеристик: уклона как величины градиента, и направления градиента. Заметим, что и в сравнении с англоязычными терминами присутствует некоторая путаница. В англоязычной литературе касательная поверхность – slope, gradient – уклон, направление градиента – aspect.

Единичный вектор \mathbf{n} , перпендикулярный к касательной плоскости в точке P поверхности, называется нормалью к поверхности в точке P . Кривые, образующиеся при пересечении поверхности плоскостями, проходящими через нормаль к поверхности, называются нормальными сечениями. Вектор нормали однозначно соответствует касательной плоскости и, естественно, градиенту в точке P плоскости.

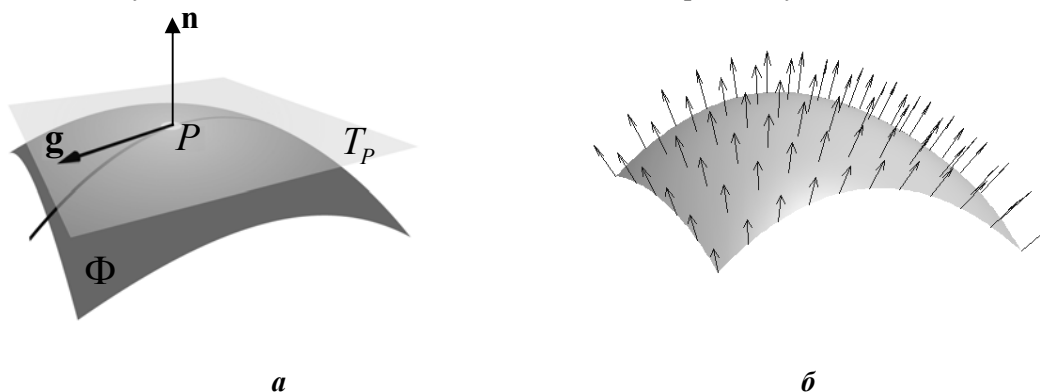


Рис. 1. Иллюстрация понятия «касательная плоскость» (а) и поля нормалей (б) к гладкой поверхности

Очевидно, что градиента как характеристики крутизны склонов недостаточно для выявления основных форм поверхности рельефа. Для этого необходимо иметь информацию о локальных значениях скорости и направлении изменения градиента в окрестности точки P , которые характеризуют свойства выпуклости и вогнутости поверхности в точке P . Действительно, вблизи линии резкого изменения крутизны (например, линии хребта) будет наблюдаться большая скорость изменения градиентов. Необходим параметр, описывающий скорость изменения производной по направлению в точке P поверхности. В дифференциальной геометрии в качестве такого параметра используется кривизна поверхности в точке P . Практическая значимость этого математического понятия состоит в том, что каждому значению кривизны соответствует определенная элементарная форма поверхности. Затем эти элементарные формы можно сопоставить с основными формами рельефа. Другими словами, все возможные значения кривизны можно классифицировать по основным формам рельефа, что позволяет, вычислив значение кривизны в точке поверхности, отнести ее к той или другой основной форме рельефа.

В дифференциальной геометрии понятие «кривизна» является собирательным названием ряда количественных (скалярных, векторных, тензорных) характеристик, описывающих отклонение того или иного геометрического «объекта» (кривой, поверхности, риманова пространства и т. д.) от соответствующих «плоских» объектов (прямая, плоскость, евклидово пространство и т. д.). Обычно кривизна определяется для каждой точки на «объекте» и выражается как значение

некоторого дифференциального выражения второго порядка. Как правило, тождественное обращение в нуль кривизны во всех точках влечёт локальное совпадение изучаемого «объекта» с «плоским» объектом.

Прежде чем определить кривизну для поверхности, необходимо дать определение кривизны для плоской кривой. Пусть $\gamma(t)$ – регулярная кривая в

двумерном евклидовом пространстве, параметризованная длиной t . Тогда $k = \left| \ddot{\gamma}(t) \right|$

называется кривизной кривой γ в точке $P = \gamma(t)$, здесь $\ddot{\gamma}$ обозначает вторую

производную по t . Вектор $\mathbf{k} = \ddot{\gamma}(t)$ называется вектором кривизны γ в точке $P = \gamma(t)$. Очевидно, это определение можно переписать через вектор касательной

$\tau(t) = \dot{\gamma}(t)$: $\mathbf{k} = \dot{\tau}(t)$, где одна точка над буквой означает первую производную по t .

Чтобы кривая γ совпадала с некоторым отрезком прямой или со всей прямой, необходимо и достаточно, чтобы кривизна (или вектор кривизны) тождественно равнялась нулю. Величина, обратная кривизне кривой ($r = 1/k$), называется радиусом кривизны; он совпадает с радиусом соприкасающейся окружности в данной точке кривой. Центр этой окружности называется центром кривизны (рис. 2а).

Таким образом, кривизна кривой $\gamma(t)$ в точке P измеряет нормальную компоненту ускорения с единичной скоростью, проходящей через P . Отметим смысл знака $k(P)$: если $k(P) > 0$, то в точке P кривая поворачивает в сторону своей нормали $\mathbf{n}(P)$, если же $k(P) < 0$, то кривая поворачивает от $\mathbf{n}(P)$, то есть удаляется от $\mathbf{n}(P)$ (рис. 2б).

Теперь задача состоит в том, чтобы перенести понятие кривизны для кривой на поверхность. В случае кривых кривизна характеризует отклонение кривой от своей касательной в рассматриваемой точке. Поставим теперь аналогичный вопрос о поведении поверхности по отношению к своей касательной плоскости.

Пусть Φ – регулярная поверхность в трёхмерном евклидовом пространстве, P – точка Φ , T_P – касательная плоскость к Φ в точке P , \mathbf{n} – единичная нормаль к Φ в точке P , а π_e – плоскость, проходящая через \mathbf{n} и некоторый единичный вектор e в T_P . Кривая γ_e , получающаяся как пересечение плоскости π_e с поверхностью Φ , называется нормальным сечением поверхности Φ в точке P в направлении e . Величина $k_e = \mathbf{k} \cdot \mathbf{n}$, где « \cdot » обозначает скалярное произведение, а \mathbf{k} – вектор кривизны, γ_e в точке P называется нормальной кривизной поверхности Φ в направлении e . С точностью до знака нормальная кривизна равна кривизне кривой γ_e .

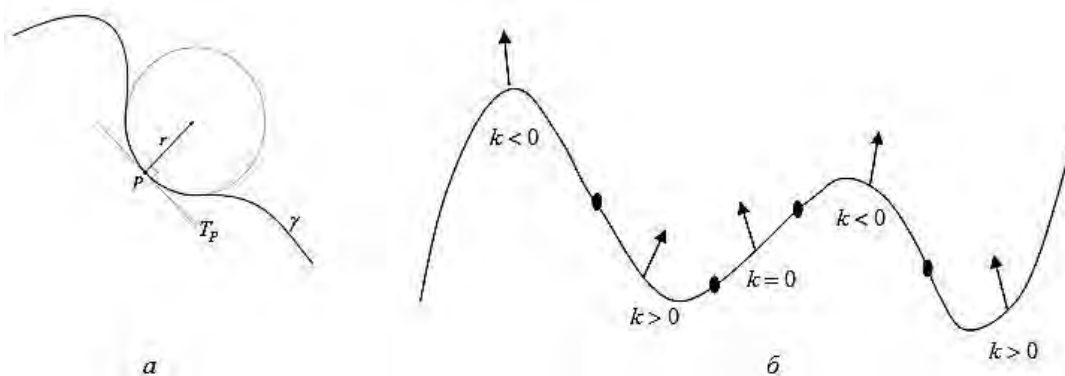


Рис. 2. Иллюстрация к понятию кривизны плоской кривой: а – радиуса кривизны; б – кривизна γ положительна в точках, где γ искривляется в сторону своей нормали, и отрицательна, где γ отклоняется от своей нормали (точки – границы участков кривой с одинаковым знаком кривизны)

В касательной плоскости T_P существуют два перпендикулярных направления e_1 и e_2 такие, что нормальную кривизну в произвольном направлении можно представить с помощью так называемой формулы Эйлера: $k_e = k_1 \cos 2\alpha + k_2 \sin \alpha$, где α – угол между e_1 и e , величины k_1 и k_2 нормальные кривизны в направлениях e_1 и e_2 , называемые главными направлениями поверхности в точке P . На главных направлениях значения кривизны являются экстремальными (далее полагаем, что $k_1 > k_2$) для соответствующих нормальных сечений (рис. 3).

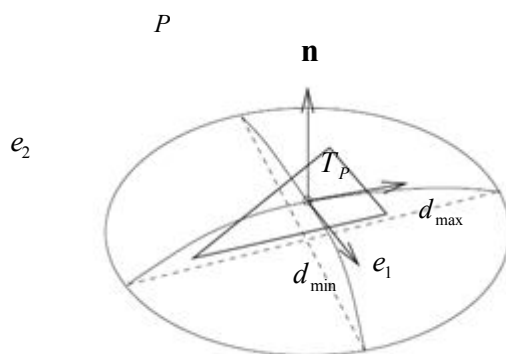


Рис. 3. Главные направления для поверхности эллипсоида вращения (d_{\min} и d_{\max} – полуоси соответствующего эллипса)

Величина $H = k_1 + k_2$ (иногда $(k_1 + k_2)/2$) называется средней кривизной поверхности. Величина $K = k_1 k_2$ называется гауссовой кривизной поверхности.

Рассмотрим практические методы вычисления кривизны на ЭВМ для поверхности рельефа. Метод будет определяться форматом исходных данных, представляющих поверхность рельефа. Основных форматов два: глубины (высоты) в нерегулярной сети точек (TIN) и глубины (высоты) в регулярной сети точек (GRID). Заметим, что глубины в регулярной сети точек, в свою очередь, могут иметь две различных интерпретации, которые часто явно не оговариваются. В одной трактовке значения глубины представляют как постоянные значения глубин в регулярной ячейке. Такая интерпретация, например, принята в базе ИВСАО, где каждое значение глубины в регулярном наборе является средним значением в ячейке размером $2,5 \times 2,5$ км [6]. Для такой интерпретации гладкость поверхности отсутствует – градиенты равны нулю во всех точках, за исключением граничных точек ячеек, где градиент не существует. В этой интерпретации характеристики изменчивости, описанные выше, неприменимы. В другой – глубины, заданные на регулярной сетке, соответствуют глубинам в центре ячеек. Здесь можно рассматривать линейное изменение глубин, и изложенное выше – применимо.

Наиболее общий способ оценки кривизны поверхности в точке использует представление глубин в нерегулярной сети точек (TIN). Для каждой вершины триангуляции v (рис. 4) вычисляются значения гауссовой и средней кривизны:

$$K(v) = \frac{2\pi - \sum_{i=1}^k \alpha_i}{A/3}, \quad H(v) = \frac{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^k m_i \|e_j\|}{A/3},$$

где $m_j = \begin{cases} \beta_i & \text{если ребро } e_j \text{ выпуклое} \\ 0 & \text{если ребро } e_j \text{ плоское} \\ -\beta_j & \text{если ребро } e_j \text{ вогнутое} \end{cases},$

$A = \sum_{i=1}^k f_i$ – сумма площади всех треугольных граней инцидентных вершине v , а α_i и β_i , как определено на рис. 4, знак $\|\cdot\|$ определяет евклидову норму.

Отсюда можно вычислить k_1 и k_2 :

$$k_1(v) = H(v) + \sqrt{H^2(v) - K(v)}, \quad (1)$$

$$k_2(v) = H(v) - \sqrt{H^2(v) - K(v)}. \quad (2)$$

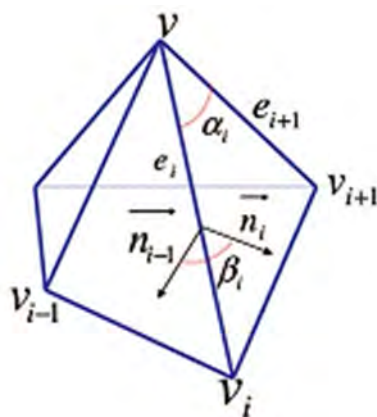


Рис. 4. Иллюстрация параметров вычисления гауссовой и средней кривизны для одной вершины v триангуляции. Здесь α_i – угол треугольника f_i (границы триангуляции) при вершине v , вычисляемый как угол между соответствующим ребром, образованным векторами e_i и e_{i+1} ; β_i – угол между смежными треугольными гранями, вычисляемый как угол между соответствующими нормальными

Для данных о рельефе, представляющих массив регулярных точек, используются специализированные методы. Они представляют собой оценку кривизны для некоторой точки сетки $\{i, j\}$. Здесь i – номер строки, а j – номер столбца сетки. Гауссова и средняя кривизна оцениваются по формулам:

$$K = \frac{h_{xx}h_{yy} - h_{xy}^2}{1 + h_x^2 + h_y^2},$$

$$H = \frac{h_{xx} + h_{yy} + h_{xx}h_y^2 + h_{yy}h_x^2 - 2h_xh_yh_{xy}}{2(1 + h_x^2 + h_y^2)^{3/2}},$$

где $h_x, h_y, h_{xx}, h_{yy}, h_{xy}$ означают первые, вторые и смешанные производные по x и y , которые вычисляются в конечных разностях по строкам (x) и столбцам (y).

Аналогичным способом (формулы (1) и (2)) можно вычислить $k_1(i, j)$ и $k_2(i, j)$.

Рассмотрим плоскость всевозможных значений $\{k_1, k_2\}$. В работе [7] показано, что каждой возможной элементарной форме гладкой поверхности соответствует некоторая пара значений $[k_1, k_2]$. Учитывая поворотную и зеркальную симметрии элементарных форм поверхности, можно ввести в рассмотрение два новых параметра: индекс формы s (shape index) и искривленность c (curvedness), определяемые через величины k_1 и k_2 :

$$s = \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{k_2 + k_1}{k_2 - k_1} \right),$$

$$c = \sqrt{\frac{k_1^2 + k_2^2}{2}}.$$

Величины значений индекса формы s лежат в интервале от -1 до $+1$. Некоторым значениям s можно поставить в соответствие четкие элементарные формы искривленной поверхности (рис. 5). В интервалах между этими значениями элементарные формы имеют переходные черты. Между «сферической чашкой» и «долиной» лежат «корытообразные формы», между «сферическим куполом» и «хребтом» лежат «куполообразные формы». При $s = 0$ располагается «симметричное седло».

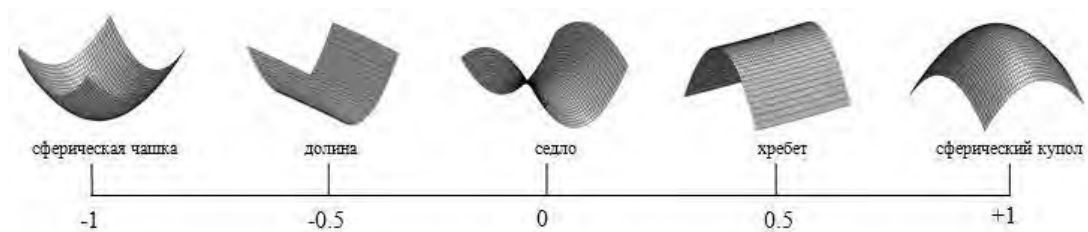


Рис. 5. Соответствие между индексом формы s и элементарными искривленными формами поверхности

Этим элементарным формам соответствуют основные формы рельефа: «сферическому куполу» – гора (или холм) как возвышенность конусообразной формы; «сферической чашке» – котловина как углубление конусообразной формы; «хребту» – хребет как вытянутая и постепенно понижающаяся в одном направлении возвышенность; «долине» – лощина как вытянутое и открытое с одного конца постепенно понижающееся углубление, «седлу» – седловина как небольшое понижение между двумя соседними горами.

Очевидно, что существуют разновидности названий перечисленных основных форм, определяемые масштабом рассматриваемой формы рельефа, например, разновидности лощины: долина, овраг, каньон, промоина, балка и т. д. Иногда разновидности названий основных форм характеризуют особенности рельефа конкретного участка местности, например, в горах бывают пики – остроконечные вершины гор, ущелья, теснины, щеки, плато, перевалы и т. д.

Величины значений искривленности c лежат в интервале от $-\infty$ до $+\infty$. Значение c характеризует степень искривленности элементарной формы поверхности – чем выше значение c , тем более поверхность искривлена (остра), чем ниже значение c , тем более она плоская (рис. 6). Этот параметр позволяет выявлять области с «острыми» формами рельефа, то есть определять местоположение линий хребтов и долин.



Рис. 6. Соответствие между искривленностью c и формой поверхности

Для иллюстрации были вычислены параметры s и c для массива регулярных точечных глубин в Северном Ледовитом океане с пространственным разрешением около 150 км (рис. 7). Результаты вычислений представлены на рис. 8, 9.

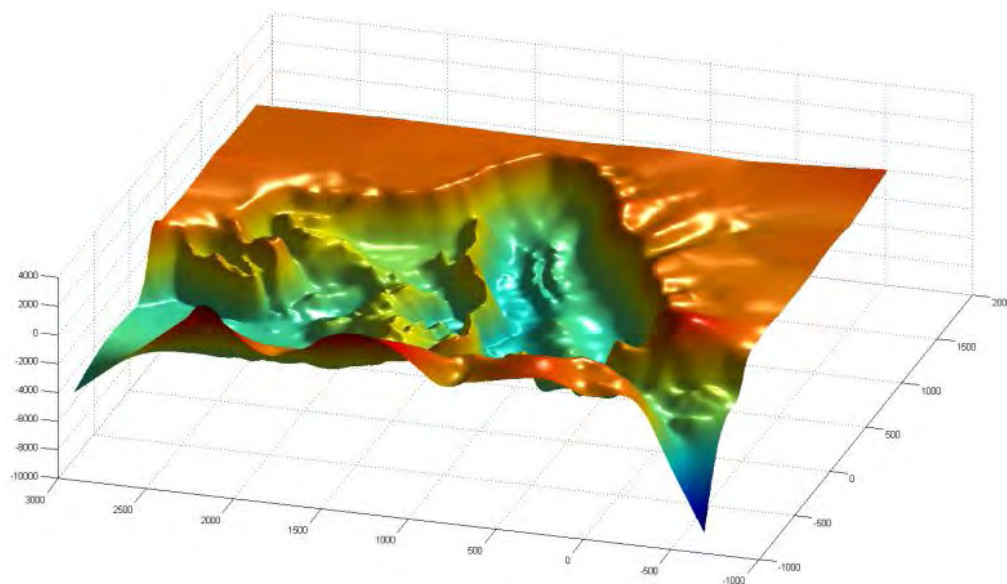


Рис. 7. График поверхности рельефа Северного Ледовитого океана, построенный по регулярной сетке глубин (стереографическая проекция)

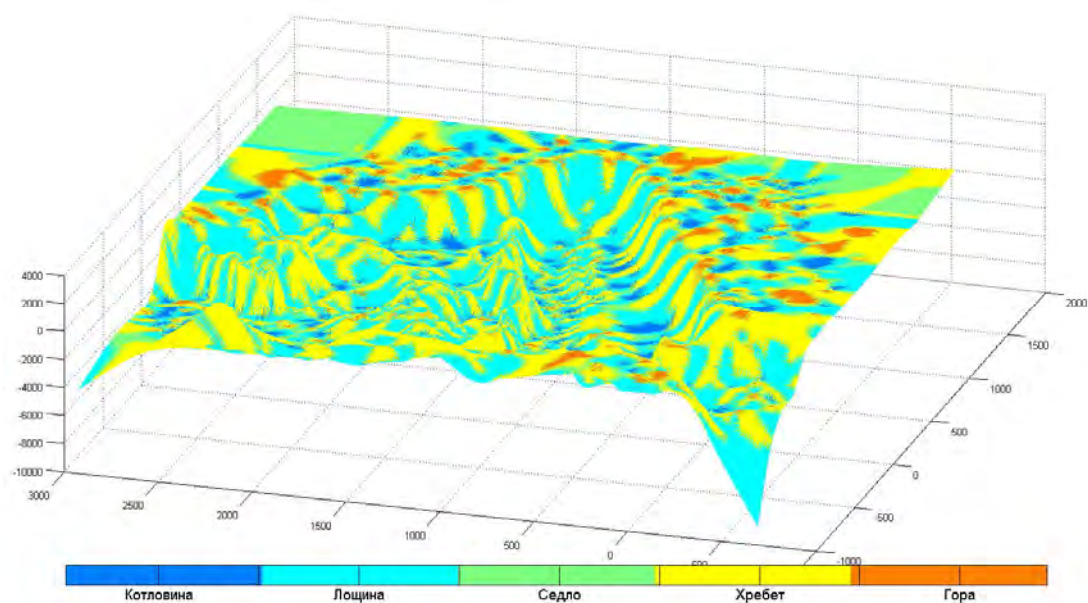


Рис. 8. График значений искривленности c поверхности рельефа Северного Ледовитого океана (рис. 7) в стереографической проекции. Более темным участкам соответствуют участки поверхности рельефа с большими значениями искривленности c

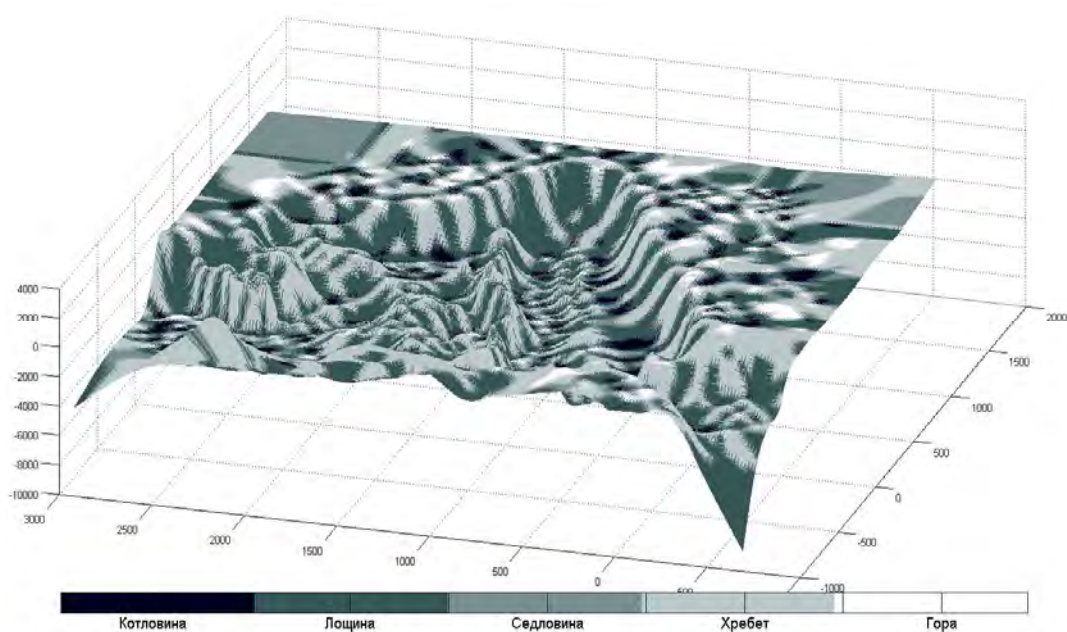


Рис. 9. График значений индекса формы s поверхности рельефа Северного Ледовитого океана (рис. 7) в стереографической проекции

Здесь необходимо сделать несколько замечаний.

В зарубежных работах, посвященных обработке регулярных массивов данных о рельефе (GRID) с использованием понятия кривизны поверхности, применяются другие вычислительные методы. Конкретное описание этих методов можно найти в работах [8, 9].

Следует всегда иметь в виду, что все конкретные параметры изменчивости поверхности рельефа существенным образом зависят от картографического масштаба (пространственного разрешения) используемых для вычислений данных о рельефе. Это обстоятельство диктует необходимость указывать этот масштаб при публикации материалов вычислений, а также учитывать искажения в значениях кривизны (уклона), которые вносятся при каких-либо преобразованиях исходных данных.

Полученные результаты вычислений убедительно свидетельствуют о том, что изложенный метод позволяет в первом приближении автоматизировать технологию нахождения основных форм рельефа дна по массивам точечных измерений глубин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев О. К., Рычагов Г. И. Общая геоморфология. – М.: Высш. шк., 1979. – 287 с.
2. Гильберт Д., Кон-Фоссен С. Наглядная геометрия. – М.: Нука, 1981. – 344 с.
3. Лорд И. А., Уилсон С. Б. Введение в дифференциальную геометрию и топологию. Математическое описание вида и формы. – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 304 с.
4. Торп Дж. Начальные главы дифференциальной геометрии. – М.: Мир, 1982. – 360 с.
5. Белобров А. П. Гидрография моря. – М.: Транспорт, 1964. – 515 с.
6. Jakobsson M., Macnab R, International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO). Beta Version. Technical Reference and User's Guide. – Stockholm University, Geological Survey of Canada, 2008. – 16 p.
7. Koenderink J. J., van Doorn A. J. Surface shape and curvature scales. // Image and Vision Computing. – 1992. – October. 10(8). – P. 557–565.
8. Kringer K.S. Geomorphometric Analysis of Airborne Laserscanning data for Soil Mapping in an Alpine Valley Bottom. – School: Institute of Geography, University of Innsbruck, 2010. – 136 p.
9. Wilson M.F.J., O'Connell B., Brown C., Guinan J.C., Grehan A.J. Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope. // Marine Geodesy, 2007. – Vol. 30. – P. 3–35.

METHOD OF CALCULATING THE MAIN FORMS OF THE EARTH'S RELIEF SURFACE

Y. N. Zhukov («GNINGI» OJSC)

The method used to estimate the main forms of the relief is presented. The method is based on parametrization of the smooth surface by means of curvature. It takes the format of data describing the surface of relief into account.

УДК 551.446.7

ОБЛАСТЬ ВЛИЯНИЯ БЕЛОГО МОРЯ В ЗАДАЧЕ О ДИНАМИКЕ ПРИЛИВОВ В СОСЕДНИХ ОКРАИННЫХ МОРЯХ

Б. А. КАГАН (СПБФ ИО РАН),
Е. В. СОФЬИНА (СПБФ ИО РАН, РГГМУ),
Э. Х. А РАШИДИ (РГГМУ)

Приводятся результаты расчета усредненной (за приливный цикл) средней квадратической абсолютной разности приливных колебаний уровня в окраинных морях Северо-Европейского бассейна с Белым морем и без Белого моря. Если эту разность отождествлять со средней квадратической абсолютной векторной ошибкой расчета приливных колебаний уровня, полученной в рамках той же модели в Баренцевом море, то область влияния Белого моря на приливы в соседних окраинных морях распространяется только на некоторую окрестность открытой границы Белого моря, включающую, главным образом, так называемое Печорское море.

Первое упоминание влияния Белого моря на приливы в соседних окраинных морях Северо-Европейского бассейна содержится в работах [1, 2], где сообщается, что игнорирование Белого моря (отказ от описания в нем приливов) приводит к заметной реорганизации поля плотности баротропной приливной энергии, сопровождающейся двукратным увеличением амплитуд и трансформацией фаз поверхностных приливов в Карском море, природа которых пока не установлена. Предположительно можно заключить, что они обусловлены распространением волны Кельвина из Баренцева моря через пролив Карские Ворота. Но это – всего лишь догадка, никак не вытекающая из представленных ниже результатов численных экспериментов. Их сравнение с данными наземных мареографных измерений уровня и с наблюдаемыми значениями параметров эллипсов баротропной (средней по вертикали) скорости приливного течения свидетельствует о том, что область влияния Белого моря не охватывает Норвежское и Гренландское моря, ближе расположенные к источнику генерации полусуточных приливов, каковым является Северная Атлантика, и ограничена только восточной частью Баренцева моря. Из имеющихся данных наземных измерений уровня и скорости приливного течения иных сведений на этот счет извлечь не удастся. Мы видели свою цель в том, чтобы по возможности точнее установить местоположение области влияния Белого моря, конкретизируя районы, в которых это влияние либо сказывается существенным образом, либо проявляется слабо.

За основу была принята модифицированная версия трехмерной конечно-элементной гидростатической модели QUODDY-4. Во избежание повторений мы ограничимся лишь перечислением работ, в которых приводятся необходимые сведения о модели (см. подробную документацию и описание метода интегрирования уравнений модели [3–8]) и указанием ее параметров применительно к условиям рассматриваемой системы окраинных морей. Модификация модели сводится к учету

эффектов статического прилива. Базисные и пробные функции дискретизируются простыми призматическими конечными элементами с разрешением ~ 1 км вблизи береговой линии континента и островов и ~ 83 км – в открытых частях морей. По вертикали море делится на 40 слоев переменной толщины со сгущением их в придонном слое. Шаг по времени полагается равным 9,8 с, приливная частота – соответствующей приливной гармонике M_2 .

Для описания топографии дна привлекаются банки данных ИВСАО для Норвежского, Гренландского и Баренцева морей и ETOPO-5 – для Белого моря. На открытой границе исследуемой области приливные колебания уровня задаются по результатам вычислений, полученным с использованием высокоразрешающей арктической приливной модели [9], ассимилирующей всю имеющуюся эмпирическую информацию о приливах и, в том числе, данные альтиметрических измерений уровня, полученные спутниками TOPEX/Poseidon и ERS. Коэффициент горизонтальной турбулентной вязкости рассчитывается по известной формуле Смагоринского [10]. Напряжение придонного трения аппроксимируется квадратичным законом сопротивления с коэффициентом сопротивления, равным числовой константе (0,005). Его отличие от стандартного значения (0,003) связано с применением трехмерной приливной модели.

Модельные уравнения в предположении «однородного моря» включают так называемое обобщенное волновое уравнение для приливных колебаний уровня, непреобразованные эволюционные уравнения движения (в гидростатическом и Буссинесковом приближениях), в которых скорость приливного течения определяется как сумма баротропной и бароклиной (отклонение скорости от баротропной) составляющих, а также уравнение неразрывности, служащее для оценки вертикальной скорости, и трехмерные транспортные уравнения для характеристик турбулентности, фигурирующих в 2,5-уровневой схеме турбулентного замыкания [11]. Перечисленные уравнения интегрируются до установления квазипериодического режима. Последний считается установившимся, когда относительные изменения во времени плотности баротропной приливной энергии становятся равными 5%. Принятое условие выполняется за 17 приливных циклов после состояния покоя, задаваемого в начальный момент времени. После установления квазипериодического режима интегрирование уравнений продолжается еще в течение одного приливного цикла, после чего оно прекращается, и посредством гармонического анализа определяются амплитуды и фазы приливных колебаний уровня и параметры эллипсов баротропной скорости приливного течения.

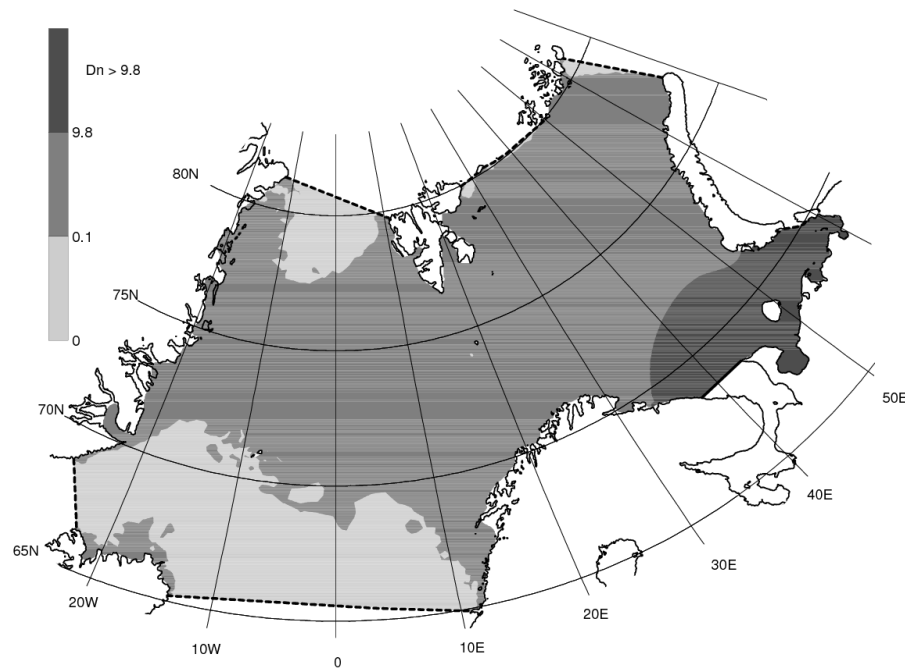
Ниже представлены результаты двух численных экспериментов. В первом из них влияние Белого моря на приливы в остальных окраинных морях Северо-Европейского бассейна учитывается непосредственно. Во втором эксперименте считается, что Белое море не оказывает никакого влияния на приливы в Норвежском, Гренландском и Баренцевых морях (на открытой границе между Белым и Баренцевым морями ставится условие непротекания). В результате вычисляется усредненная (за приливный цикл) средняя квадратическая абсолютная разность приливных колебаний уровня в экспериментах 1 и 2. Она определяется в любой n -ой узловой точке как

$$D_n = \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T [A_{1n} \cos(\sigma t - \phi_{1n}) - A_{2n} \cos(\sigma t - \phi_{2n})]^2 dt \right\}^{1/2} =$$

$$= 2^{-1/2} [A_{1n}^2 + A_{2n}^2 - 2A_{1n}A_{2n} \cos(\phi_{1n} - \phi_{2n})]^{1/2}$$

где A_{1n} , ϕ_{1n} и A_{2n} , ϕ_{2n} – амплитуды и фазы приливных колебаний уровня в экспериментах 1 и 2, σ – приливная частота, $T = 2\pi/\sigma$ – приливный период, t – время.

Результирующее поле разности приводятся на рисунке. Как видно, если границу области влияния Белого моря совместить с изолинией 0,1 см, то виртуальная область влияния распространяется практически на все Баренцево море и на значительную часть Норвежского и Гренландского морей. Однако почти всюду, кроме юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море), значения разности невелики (меньше средней квадратической абсолютной векторной ошибки вычислений приливных колебаний уровня в Баренцевом море, полученной в рамках той же модели и составляющей 9,8 см), т. е. не выходят за пределы уровня шума принятой модели. Более высокие значения разности, нежели уровень шума модели, обнаруживаются преимущественно в Печорском море. Именно эта область, граница которой совпадает с изолинией 9,8 см, и есть реальная область влияния Белого моря.



Поле усредненной (за приливный цикл) средней квадратической абсолютной разности (в сантиметрах) приливных колебаний уровня в экспериментах 1 и 2. Пунктиром показаны участки открытой границы исследуемой области, где значения приливных колебаний уровня считаются заданными, сплошная линия – твердая граница в эксперименте 2

Обратим внимание на одну особенность (см. рисунок) – распространение области влияния Белого моря на некоторые прибрежные районы Кольского полуострова, т. е. в направлении, не совпадающем с генеральным направлением горизонтального волнового переноса баротропной приливной энергии. Это является следствием принятого здесь определения области влияния Белого моря. Последняя определяется как область, в пределах которой усредненная (за приливный цикл) средняя квадратическая разность приливных колебаний уровня в двух сравниваемых экспериментах больше или равна средней квадратической абсолютной векторной ошибке расчета приливных колебаний уровня в Баренцевом море, найденных с использованием той же модели. Все зависит от определения области влияния Белого моря. При другом ее определении (другой средней квадратической ошибке расчета приливных колебаний уровня, отвечающих случаям проницаемой и непроницаемой открытой границы с Белым морем) иной будет и область влияния Белого моря.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.0639 и в рамках гранта РФФИ (проект 12-05-00110).

ЛИТЕРАТУРА

1. Kowalik Z., Proshutinsky A. Yu. The Arctic Ocean tides. In: Johannessen O. M. et al. (Eds.) «The Polar Oceans and Their Role in Shaping» // Geophysical Monograph Series. – 1991. – Vol. 85. – 37–158.
2. Прошутинский А. Ю. Полусуточные приливы в Северном Ледовитом океане по результатам моделирования. // Труды ААНИИ. – 1993. – Вып. 429. – С. 29–44.
3. Ip J. T. C., Lynch D. R. QUODDY-3 User's manual: Comprehensive coastal circulation simulation using finite elements: Nonlinear prognostic time-stepping model. – Thayer School of Engineering, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, 1995. – Report Number NML 95–1.
4. Lynch D. R. Three-dimensional diagnostic model for baroclinic wind-driven and tidal circulation in shallow seas. FUNDY-4 User's Manual. – Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, 1990. – Report Number NML 90–2.
5. Lynch D. R., Gray W. G. A wave equation model for finite element tidal computations // Computer and Fluids. – 1979. – No 7. – P. 207–228.
6. Lynch D. R., Werner F. E. Three-dimensional hydrodynamics on finite elements. Part I: Linearized harmonic model // Int. J. Numer. Methods in Fluids. – 1987. – No 7. – P. 871–909.
7. Lynch D. R., Werner F. E. Three-dimensional hydrodynamics on finite elements. Part II: Nonlinear time-stepping model. // Int. J. Numer. Methods in Fluids. – 1991. – No 12. – P. 507–533.
8. Lynch D. R., Werner F. E., Greenberg D. A., Loder J. W. Diagnostic model for baroclinic and wind-driven circulation in shallow seas. // Cont. Shelf Res. – 1992. – No 12. – P. 37–64.
9. Padman L., Erofeeva S. A barotropic inverse tidal model for the Arctic Ocean // Geophys. Res. Lett. – 2004. – Vol. 31. doi: 1029/2003 GL019003
10. Smagorinsky J. General Circulation experiments with the primitive equations I. The basic experiment // Monthly Weather Review. – 1963. – Vol. 91. – No. 3. – P. 99–164.
11. Mellor G.L., Yamada T. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems // Rev. of Geophys. Space Phys. – 1982. – Vol. 20. – P. 851–875.

THE INFLUENCE DOMAIN OF THE WHITE SEA IN THE TIDAL DYNAMICS PROBLEM IN ADJACENT SEAS

B. A. Kagan (IO RAS), E. V. Sofina (IO RAS; RSHU), E. H. A. Rashidi (RSHU)

Calculation results for the averaged (over tidal cycle) root mean square (rms) absolute difference between tidal elevations in marginal seas of the North-European basin with and without the White Sea are presented. If this difference is identical to the rms absolute vector error in predicted tidal elevations found in the frames of the same model in the Barents Sea, the influence domain of the White Sea extends for some vicinity of the open boundary of the White Sea only, including the so-called Pechora Sea.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 556.11

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ И НА РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ СОЛЕННОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Ф. Г. АГАЕВ

(Институт космических исследований природных ресурсов, г. Баку),

Ф. Ф. ГУЛИЕВ

(Национальное аэрокосмическое агентство Азербайджана),

Х. Г. АСАДОВ

(НИИ аэрокосмической информатики, г. Баку)

Предложен новый показатель сбалансированности глобального гидрологического и биохимического цикла. Показаны условия достижения предложенным показателем его максимальной величины.

Проанализировано влияние ветра на точность измерения солёности морской поверхности (SSS). Показано, что влияние ветра двояко: с одной стороны, с ростом скорости ветра увеличивается яркостная температура поверхности моря; с другой – с ростом скорости ветра уменьшается температура морской поверхности (SST).

Показано, что при использовании известных диаграмм (солёность морской поверхности (SSS), температура морской поверхности (SST), яркостная температура) возможна взаимная компенсация влияния разнополярных приращений SST и яркостной температуры на результаты измерений солёности морской воды.

Хорошо известно, что важнейшими показателями циркуляции океана и взаимодействия «воздух – море» являются такие параметры как солёность морской поверхности (SSS) и температура морской поверхности (SST) [1]. Первый спутник Европейского космического агентства (ESA), предназначенный для исследования солёности океана (SMOS) был запущен в ноябре 2009 г. и предназначен для получения информации, необходимой для построения усовершенствованных моделей циркуляции океана, а также климатических моделей.

Следует отметить, что спутниковые измерения SSS основываются главным образом на пассивных микроволновых измерениях яркостной температуры в L диапазоне (1,4 ГГц).

Согласно работе [1], существует определенная линейная зависимость между $E - P$ (где E – эвапорация; P – осадки) и SSS,

$$SSS = k(E - P) \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности, $k = const$.

Из выражения (1) имеем

$$k_1 \cdot SSS + P = E, \quad (2)$$

где $k_1 = \frac{1}{k}$.

Согласно работе [2] глобальный объем эвапорации равен $409,152 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{год}$. При этом среднеквадратичное отклонение этой оценки достигает $10,236 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{год}$, в то время как тренд увеличения этого показателя составляет всего лишь $0,768 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{год}$. Такое соотношение данных позволяет в первом приближении принять показатель E за постоянную величину, т. е. имеем

$$k_1 \cdot SSS + P = C; C = const \quad (3)$$

Отметим, что условие (3) хорошо подтверждается результатами экспериментальных исследований, приведенных в работе [1]. На рис. 1 показана временная динамика изменения параметров SSS и P .

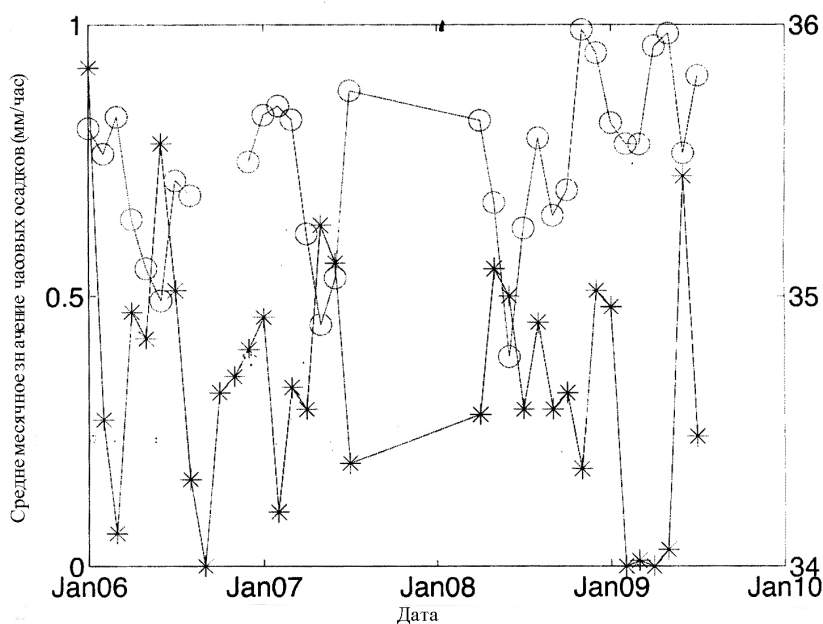


Рис. 1. Временная динамика изменения среднемесячной величины часовых осадков в (мм/час) и солёности морской воды (SSS) с января 2006 г. по июль 2009 г. в зоне $38^\circ \text{ W}, 4^\circ \text{ N}$ [1]

Как отмечается в работе [2], глобальный гидрологический и биохимический цикл играет важнейшую роль в поддержании окружающей среды и экосистем в состоянии сбалансированности. В этом смысле всякий дисбаланс между

составляющими $k_1 \cdot SSS$ и P в уравнении (3) неприемлем, и здесь должны быть выработаны специальные показатели, отображающие уровень сбалансированности этих показателей. В качестве такого критерия сбалансированности можно предложить мультипликативный показатель γ , определяемый как

$$\gamma = k_1 SSS \cdot P \quad (4)$$

Для исследования характера этого показателя проанализируем его экстремальные свойства. Задачу исследования сформулируем следующим образом: при ограничении (3) найти условия, при которых вновь введенный индекс сбалансированности достигает максимальной величины.

Для решения этой задачи запишем условие (3) в следующем виде:

$$(k_1 \cdot SSS + P)^2 = C^2 = C_1, \quad (5)$$

где $C_1 = const$

Из выражения (5) получаем:

$$k_1^2 \cdot SSS^2 + 2k_1 \cdot SSS \cdot P + P^2 = (k_1^2 SSS^2 - k_1 SSS \cdot P + P^2) + 3k_1 SSS \cdot P = C_1 \quad (6)$$

При учете выражения (6), а также условия постоянства C_1 становится очевидным, что условие

$$3k_1 \cdot SSS \cdot P \rightarrow \max,$$

т. е. достижение вторым суммируемым членом на левой стороне выражения (6) максимальной величины эквивалентно условию достижения многочленом, указанным в скобке в формуле (6), минимальной величины:

$$k_1^2 SSS^2 - k_1 SSS \cdot P + P^2 \rightarrow \min \quad (7)$$

Для решения сформулированной оптимизационной задачи наиболее подходящим можно считать метод штрафных функций [3]. Общая идея этого метода состоит в построении последовательности целевых функций с помощью функции штрафа и изменяемого множителя, условно названного «параметром штрафа». Постепенное изменение параметра штрафа позволяет последовательно приблизиться к решению оптимизационной задачи, и в пределе появляется возможность получения ее окончательного решения. В качестве штрафной функции примем следующее выражение:

$$M = \beta (k_1 \cdot SSS + P - C), \quad (8)$$

где β – параметр штрафа.

С учетом выражений (5), (6) и (8) функционал F оптимизации по методу штрафной функции определим следующим образом:

$$F = (k_1 SSS + P)^2 - 3k_1 \cdot SSS \cdot P + \beta(k_1 SSS + P - C) \quad (9)$$

Вычислив частные производные выражения (9) по SSS и P , и далее приравняв полученные выражения к нулю, нетрудно получить следующие выражения для SSS и P :

$$SSS = \frac{3 \cdot \beta \cdot 3k_1 \cdot C - 3k_1 \cdot P - 2\beta \cdot 3k_1 \cdot P}{2 \cdot 9k_1^2 + 2 \cdot \beta \cdot 9k_1^2}, \quad (10)$$

$$P = \frac{2 \cdot 9k_1^2 \cdot \beta \cdot C}{3 \cdot 9k_1^2 + 4 \cdot 9 \cdot k_1^2 \cdot \beta} \quad (11)$$

Из выражений (10) и (11) при $\beta \rightarrow \infty$ можно получить следующее решение:

$$P = \frac{C}{2}; \quad 3k_1 \cdot SSS = \frac{C}{2} \quad (12)$$

Таким образом, показано, что вновь введенный мультипликативный показатель достигает максимальной величины при равенстве параметров P и $3k_1 \cdot SSS$.

Далее рассмотрим вопрос о влиянии ветра на точность измерения SSS .

Как отмечено в работе [4], для измерения и картирования SSS используются самолеты, снабженные микроволновыми радиометрами, способные за четырехчасовой полет осуществить картирование SSS в зоне с площадью 3000 км² с разрешением один километр.

В этих целях используются самолетные низкочастотные сканирующие микроволновые радиометры (*SLFMR*). Работа *SLFM* основана на анализе влияния солености воды на ее проводимость, а, следовательно, на микроволновую излучаемость. *SLFM* измеряет физическую температуру и микроволновую яркость морской поверхности, на основе которых определяется излучаемость. Последняя, в свою очередь, является функцией поверхностной температуры и солености. Графики взаимосвязи между соленостью, поверхностной температурой и яркостной температурой показаны на рис. 2.

Как указывается в работе [4], более совершенной измерительной системой является «Дистанционный сканер солености, температуры и шероховатости поверхности моря» (*STARSS*) (США), в состав которой входят радиометр L диапазона, а также радиометр инфракрасного (ИК) диапазона. При этом радиометр L диапазона используется для измерения яркостной температуры, а ИК радиометр – для измерения поверхностной температуры.

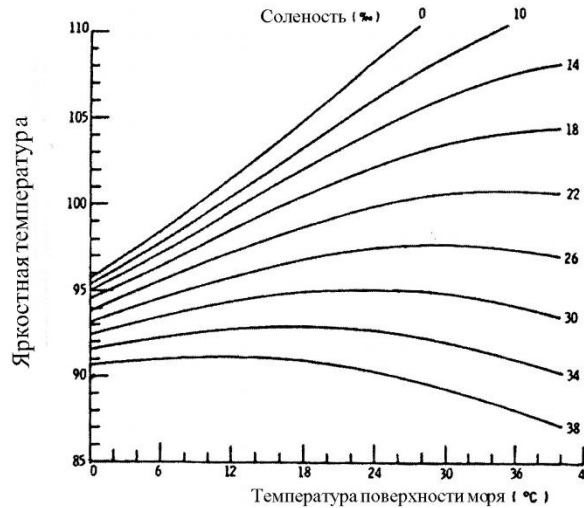


Рис. 2. Изменения яркостной температуры в зависимости от солености и поверхности температуры

Однако эта система имеет некоторые недостатки, которые, в частности, заключаются в следующем:

1. Появление шероховатости морской поверхности при ветре приводит к появлению погрешности измерений.

2. Использование для измерения температуры поверхности воды ИК-радиометров приводит к появлению специфической погрешности, возникающей по причине того, что поверхностная температура морской воды в граничном слое воды толщиной 1 мм отличается от температуры расположенного ниже слоя, и эта разница температур значительно изменяется под воздействие ветра.

Для учета влияния возникающей из-за ветра шероховатости моря в статье [5] предложена полуэмпирическая модель излучаемости для оценки солености морской поверхности. Согласно этой работе в соответствии с предложенной в ней полуэмпирической моделью поляризованная яркостная температура ($T_{B.P.}$) определяется суммой двух компонентов

$$T_{B.P.} = T_{B.F.P.} + \Delta T_{B.r.p.} \quad (13)$$

В выражении (13) первая составляющая $T_{B.F.P.}$ представляет излучение плоской поверхности (модель Клейна и Свифта, показанная на рис. 2), а вторая $\Delta T_{B.r.p.}$ — влияние шероховатости морской поверхности, возникающей под воздействием ветра на яркостную температуру. При этом используются следующее эмпирическое выражение для оценки приращения яркостной температуры для случая горизонтальной поляризации:

$$\Delta T_{B.r.p.} = 0,25 \left(1 + \frac{\theta_i}{118^\circ} \right) \cdot U_{10} \quad (14)$$

где θ_i – угол падения луча; U_{10} – скорость ветра (м/с).

Проанализируем погрешность ИК радиометра, возникающую из-за охлаждения тонкого поверхностного слоя моря под воздействием ветра.

Как отмечается в [5], ветер оказывает охлаждающее воздействие на величину SST , что непосредственно отражается на результате измерения ИК радиометра. На рис. 3 приведены результаты измеренных величин разности между SST и температурой воздуха ($T_{\text{воздух}}$) при разных скоростях ветра.

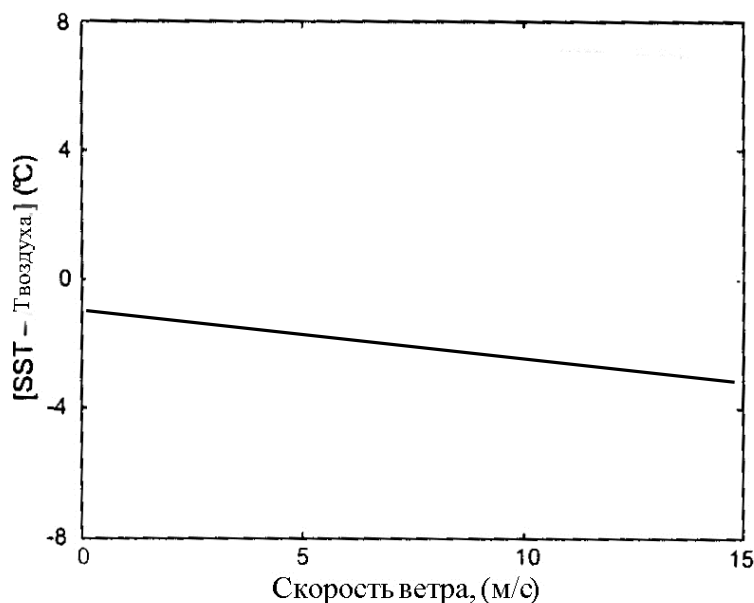


Рис. 3. Регрессионная линия зависимости между разностью ($SST - T_{\text{воздух}}$) и скоростью ветра [5]

Как видно на рис. 3, зависимость показателя $SST - T_{\text{воздух}}$ от скорости ветра может быть аппроксимирована выражением

$$SST - T_{\text{воздух}} = -k_2 U_{10}, \quad (15)$$

где k_2 – крутизна аппроксимирующей линии.

Из выражения (15) находим

$$SST = T_{\text{air}} - k_2 U_{10} \quad (16)$$

Сравнивая выражения (13) и (16), можно прийти к выводу о том, что приращения яркостной температуры и SST из-за двух причин, рассмотренных выше, разнополярны. Следовательно, условие отсутствия влияния ветра на результат измерения SST с использованием диаграмм, приведенных на рис. 2, может быть записано следующим образом:

$$\Delta T_{B.r.p.} = k_2 U_{10} k_3, \quad (17)$$

где k_3 – крутизна используемой кривой номограммы, показанной на рис. 2.

С учетом выражений (17) и (14) имеем

$$0,25 \left(1 + \frac{\theta_i}{118^\circ} \right) = k_4, \quad (18)$$

где $k_4 = k_2 \cdot k_3$.

Так, например, при $k_4 = 0,3$ имеем $\theta_i = 0,2 \cdot 118 = 23,6^\circ$

Как видно из графиков, приведенных на рис. 3, такая компенсация возможна при солёности ниже 26, так как при более высоких значениях k_3 принимает отрицательное значение.

Следовательно, появляется возможность вычислить оптимальную величину угла падения θ_i , при котором две рассмотренные составляющие погрешности измерения SSS компенсируют друг друга.

В заключение сформулируем основные выводы и положения проведенного исследования:

1. Предложен новый показатель сбалансированности глобального гидрологического и биохимического цикла. Показаны условия достижения предложенным показателем его максимальной величины.

2. Проанализировано влияние ветра на точность измерения SSS . Показано, что влияние ветра двояко: (1) с ростом скорости ветра увеличивается яркостная температура поверхности моря; (2) с ростом скорости ветра уменьшается SST .

3. Показано, что при использовании известных диаграмм (SST , SSS , яркостная температура) возможна взаимная компенсация влияния разнополярных приращений SST и яркостной температуры на результаты измерений солёности морской воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gommenginger Ch. P., Banks Ch., Srokosz M. A., Snaith H. M. Observations of atmosphere-ocean freshwater input with in situ and satellite measurements of surface salinity and rain // Ocean Obs'09, 21–25 September 2009.
2. Syed T. H., Famiglietti J., Chambers D. P., Willis J. K., Hilburn K. Satellite-based global-ocean mass balance estimates of interannual variability and emerging trends in continental freshwater discharge. Proc Natl Acad Sci USA. 2010 Oct 19; 107(42): 17916–21. Epub 2010 Oct 4. URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20921364>
3. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач. – М., «Наука», 1988. – 550 с.
4. Klemes V. Remote sensing of sea surface salinity: an overview with case studies // Journal of Coastal Research, 2011. – Vol. 27. – No 5. – P. 830–838.
5. Gabarro C., Font J., Miller J., Camps A., Burrage D., Wesson J., Piola A. R. The use of a semi-empirical emissivity model for a rough estimation of sea surface salinity from an airborne microwave radiometer // Scientia Marina, 2008. – Vol. 72. – No. 2. – P. 329–336.
6. Oda R., Kanda M. Cooling effect of sea surface temperature of Tokyo bay on urban air temperature / The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June – 3 July, 2009, Yokohama, Japan. URL http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/375843-1-090518085335-004.pdf

FEATURES OF EFFECT OF METEOROLOGICAL PARAMETERS ON BALANCED CONDITION OF MARITIME ECOSYSTEMS AND RESULTS OF SEA SURFACE SALINITY MEASUREMENTS

F. G. Agayev (Institute of Space Investigations for Natural Resources), **F. F. Guliyev** (National Aerospace Agency), **H. H. Asadov** (Research Institute of Aerospace Informatics)

The new parameter representing the balance between the global hydrological and biochemical cycles is suggested. The conditions at which this parameter reaches its maximum value are found. The effect of wind on accuracy of SSS measurements is analyzed. It is shown that the effect of wind has a double feature: (1) the increase of wind speed leads to the increase of brightness temperature of sea surface; (2) the increase of wind speed leads to the decrease of sea surface temperature. It is shown that when using the known diagrams (SST, SSS, brightness temperature) it is possible to achieve the mutual compensation of effect of SST and brightness temperature increments on results of sea water salinity measurements.

УДК 556.11

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЕВЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

**А. В. ДИКИНИС, В. А. КУЗЬМИН,
А. Г. СУРКОВ, Д. В. ШИЛОВ (РГГМУ),
И. А. ГАЛКИН (ВУНЦ ВМФ «ВМА»)**

Рассмотрена новая технология автоматизированной поддержки принятия решений по обеспечению безопасности и эффективности функционирования морских судов и береговой инфраструктуры морского транспорта и, в частности, морских портов на основе ансамблевых гидрометеорологических прогнозов. Эта технология является замыкающим элементом автоматизированных систем специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения морского транспорта.

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г. [1] определены основы государственной транспортной политики. В частности, в ней отмечается необходимость совершенствования системы управления транспортом и формирования законодательно-правовой базы, регламентирующей транспортную деятельность. Особое внимание уделяется необходимости технологической модернизации отрасли, направленной на повышение её эффективности и безопасности.

Одним из направлений такой модернизации является разработка автоматизированных систем (АС) специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения (СГМЭО) как отрасли в целом, так и её отдельных элементов. Не является исключением и морской транспорт, эффективность и безопасность функционирования которого существенно зависит от погодно-климатических факторов.

Для снижения гидрометеорологической уязвимости морских судов и объектов береговой инфраструктуры необходимо разрабатывать и внедрять системы СГМЭО, которые всецело отражали бы производственные потребности конкретного пользователя – отрасли, компании, отдельного предприятия.

Несколько таких автоматизированных систем (от макетов и пилотных версий до полностью готовых к использованию) разработано в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ). Все разработанные АС СГМЭО имеют общую отличительную черту – их замыкающим элементом является подсистема автоматизированной поддержки принятия административных решений (АППР), которой и посвящена эта статья. Подсистема АППР фактически преобразует гидрометеорологические и экологические прогнозы в прогнозы принятия решений. Во-первых, они более понятны лицам, ответственным за принятие решений, а во-вторых, отличаются меньшей неопределённостью, чем вероятностные (в частности, ансамблевые) гидрометеорологические прогнозы. Главным функциональным элементом подсистемы АППР является разработанная в РГГМУ технология «Predefined Decision», суть которой заключается в предопределении секторов многомерной матрицы возможных решений.

В связи с тем, что технология «Predefined Decision» в русскоязычной научной периодике до сих пор не освещалась, рассмотрим её контент более подробно.

Как следует из рис. 1, подсистема АППР преобразует данные гидрометеорологического и экологического мониторинга в информационную продукцию для руководителей и других лиц, ответственных за принятие решения на основе полученных сведений.

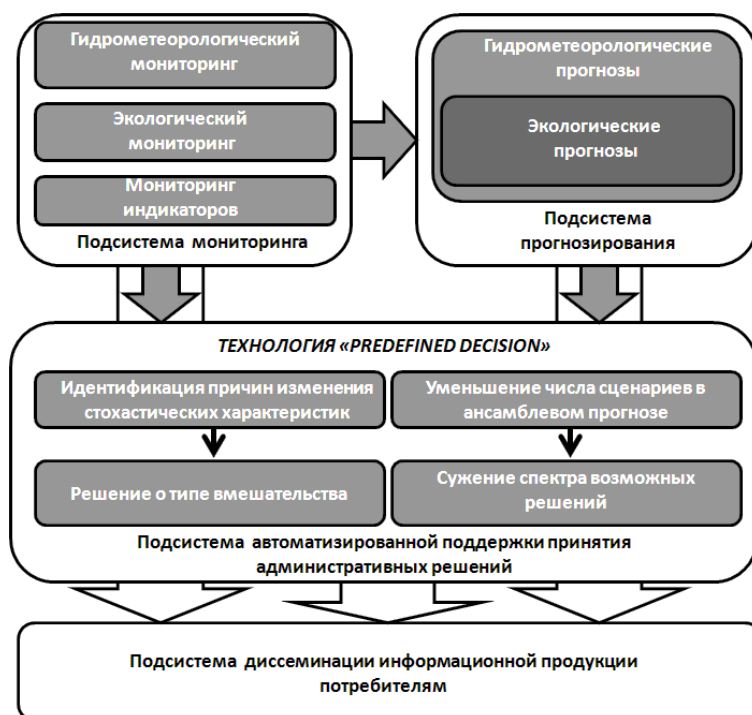


Рис. 1. Положение подсистемы АППР в автоматизированной системе специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения

Подсистема АППР обеспечивает выполнение следующих двух процедур.

1. Осуществление статистического контроля входящих гидрометеорологических и экологических данных, а также данных об индикаторах, позволяющих судить о степени безопасности или эффективности функционирования (например, морского порта), а также определение типа необходимого вмешательства в организацию работы порта, если будут обнаружены значимые изменения стохастических свойств наблюдаемого процесса;

2. Сужение спектра возможных решений на основе анализа и уменьшения числа сценариев ансамблевых прогнозов тех или иных гидрометеорологических переменных, полей или процессов, в результате чего происходит десубъективизация процесса принятия решений и повышается их эффективность, что очень важно в стрессовых условиях природных катастроф или экологических чрезвычайных ситуаций.

Первая из этих процедур основана на использовании классических принципов статистического управления процессами, предложенных ещё в 1924 г. американским инженером Уолтером Шухартом. В основе подхода Шухарта – синхронный мониторинг процессов-факторов и процесса-результата, благодаря которому определяется причина нарушения стохастических свойств последнего и способ решения проблемы – либо *локальное вмешательство* со стороны технического персонала, либо *вмешательство в систему* со стороны руководства [2–4].

Вторая процедура представляет собой способ перехода от прогноза того или иного гидрометеорологического или экологического процесса к прогнозу действия администрации (например, морского порта). На рис. 2 показан простой одномерный пример перехода от ансамблевого прогноза силы ветра к прогнозу возможной реакции администрации на то или иное значение в момент времени T_i : все спрогнозированные сценарии изменения силы ветра находятся в двух секторах (или кластерах) решений; в одном из них ничего предпринимать не нужно, а в другом рекомендуется повысить частоту выпуска или получения прогноза (или, например, радарных данных). В самом деле, менеджеру неважно, будет ли скорость ветра равна 1 м/с или 1,5 м/с, ему интересно знать, к принятию каких мер он должен подготовиться.

По мере уменьшения неопределенности прогноза становится понятно, через какие кластеры может пройти пучок возможных траекторий, а через какие – нет. Это позволяет заранее исключить из рассмотрения все меры или решения, через кластеры которых не проходит ни один сценарий. По мере уменьшения заблаговременности таких секторов становится всё меньше и меньше, что позволяет в конце концов принять одно наиболее эффективное решение до наступления или в момент наступления прогнозируемого события.

На практике подобные одномерные переходы встречаются довольно редко. Чаще всего решение зависит не от одного фактора, а от целого комплекса факторов (например, N). В этом случае приходится иметь дело с $(N+1)$ -мерной матрицей возможных решений. Анализировать такие (многомерные) прогнозы и выносить решения на их основе довольно трудно, особенно в условиях стресса, вызванного гидрометеорологическими и экологическими катастрофами или чрезвычайными ситуациями. Именно поэтому процесс принятия решения не должен быть субъективным.

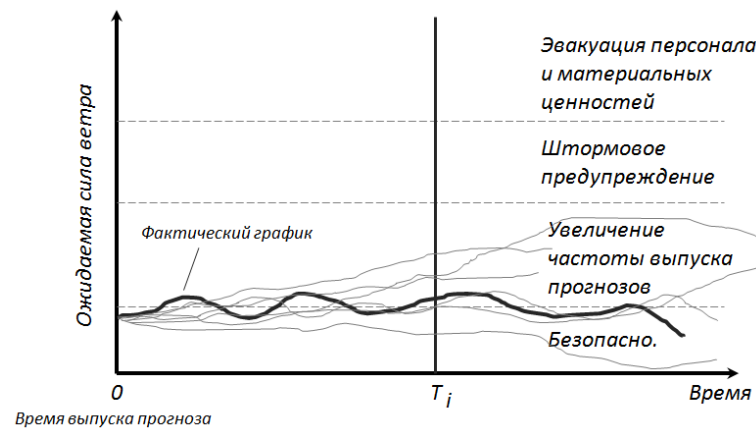


Рис. 2. Ограничения спектра возможных решений на основе ансамблевых прогнозов

Последнее высказывание не означает, что опыт и профессиональные навыки управленца теперь не имеют значения. Напротив, в процессе создания матрицы решений кластеры решений предопределяются именно на основе его знаний. Это может быть сделано как вручную, так и автоматически. Подготовка матрицы решений вручную целесообразна в тех случаях, когда факторы-причины независимы друг от друга, а их число сравнительно невелико. Во всех остальных случаях гораздо более эффективно автоматическое построение матрицы решений. Эта процедура может быть сравнительно легко выполнена при помощи специального программного обеспечения «Predefined Decision», разработанного в РГГМУ.

Важно подчеркнуть, что при использовании автоматизированных систем СГМЭО морского транспорта, равно как и любой другой отрасли, в качестве факторов-причин следует рассматривать только прогнозируемые гидрометеорологические и экологические процессы и явления.

Имеющиеся кадровые и финансовые ресурсы, наличие техники и оборудования и т. д. — это компоненты решения, выбор которых зависит от того, через какие именно кластеры пройдет ансамбль возможных сценариев.

Заполнение матрицы решений выполняется следующим образом.

Для каждого i -го фактора-причины определяются нижняя и верхняя границы ($X_{i,inf}$ и $X_{i,sup}$). Затем полученный диапазон разбивается на отдельные интервалы (путём определения их границ — неких пороговых значений). Если определить точные значения нижней и верхней границы не представляется возможным, достаточно указать наибольшее и наименьшее пороговые значения, а области слева от наименьшего и справа от наибольшего задать при помощи символов «меньше» и «больше» соответственно. Пороговые значения могут быть заданы на основе рекомендаций или требований нормативной литературы, а также на основе экспертных оценок. В некоторых случаях они задаются естественным образом. Например, если принимается решение об эвакуации персонала, то пороговые значения будут соответствовать пассажироместимости целого числа имеющихся транспортных средств. В результате выполнения этой процедуры получают первичные секторы (кластеры), каждому из которых соответствует то или иное административное решение.

Если такие кластеры соприкасаются гранями, их можно объединять в группы, как это показано на рис. 3. В этом случае объединённые однотипные первичные кластеры образуют вторичные (окончательные) кластеры решений.

На следующем этапе координаты ансамблей прогноза сопоставляются с координатами границ вторичных кластеров. В момент времени, когда весь ансамбль начинает проходить через один и тот же вторичный кластер, делается вывод о целесообразности вынесения соответствующего решения. Если же прогнозные сценарии проходят через несколько вторичных кластеров, то вынести однозначное решение нельзя. Однако в этом случае целесообразно исследовать общие атрибуты возможных решений и приступить к подготовке их реализации.



Рис. 3. Объединение первичных кластеров матрицы возможных решений (3D).

Одинаковыми цветами изображены первичные кластеры, соответствующие одинаковым решениям. Граничащие однотипные первичные кластеры образуют вторичные (окончательные) кластеры решений

Описанный способ осуществления автоматизированной поддержки административных решений реализован группой исследователей Российского государственного гидрометеорологического университета в виде пилотной версии программного обеспечения, которое легко интегрируется в автоматизированные системы СГМЭО. При наличии заинтересованности со стороны морского транспорта такая система может быть адаптирована для морских портов и объектов береговой инфраструктуры и других метеочувствительных элементов отрасли.

Работа выполнена в рамках мероприятий 1.1 (Соглашение № 14.В37.21.0619) и 1.2.1 (Соглашение № 14.В37.21.1267) Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. О программных документах транспортной отрасли Российской Федерации // Официальный сайт Министерства транспорта РФ, Москва, РФ. URL http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13004
2. Shewhart W. The Applications Statistics as an Aid in Maintaining Quality of a Manufactured Product // Journal of the American Statistical Association, 1925, Vol. 20, Dec. – P. 546–548.
3. Shewhart W. Economic Control of Quality of Manufactured Product. – Milwaukee, WI: ASQ Quality Press, 1931, reprint 1980. – 501 p.
4. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами. Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 409 с.

AUTOMATED DECISION-MAKING SUPPORT BASED ON ENSEMBLE HYDROMETEOROLOGICAL FORECASTS

A. V. Dikinis, V. A. Kuzmin., A. G. Surkov, D. V. Shilov (The Russian State Hydrometeorological University), **I. A. Galkin** (Navy Military Educational and Scientific Centre)

A novel technology of the automated decision-support aimed to provide safety and efficiency of sea vessels and coastal facilities, in particular, sea ports, is considered. This technology is based on ensemble hydrometeorological forecasts and operates as a final element of the automated purpose-oriented hydrometeorological and ecological support.

УДК 556.11

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРСКИХ ПОРТОВ

**А. В. ДИКИНИС, В. А. КУЗЬМИН,
Д. В. ШИЛОВ (РГГМУ),
М. Э. ИВАНОВ (ВУНЦ ВМФ «ВМА»)**

Рассмотрены концепция и основные принципы специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения морских портов, направленного на устойчивое развитие морского транспорта на основе уменьшения его гидрометеорологической уязвимости, повышения технологического потенциала, а также снижения экологической нагрузки со стороны морских перевозок на окружающую среду.

Специализированное гидрометеорологическое и экологическое обеспечение (СГМЭО) представляет собой хорошо отлаженную систему производства информации о текущем и ожидаемом состояниях окружающей среды и её передачи в профильные подразделения потребителя. Основным отличием информационной продукции СГМЭО от продукции, предоставляемой региональными управлениями по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета, является её нацеленность на удовлетворение производственных нужд конкретного потребителя, что проявляется в предоставлении потребителю именно той информации, которая ему необходима для обеспечения эффективности и безопасности функционирования. Кроме того, концепция СГМЭО подразумевает автоматизированную поддержку принятия административных решений на основе гидрометеорологической и экологической информации (в первую очередь, данных оперативного мониторинга и прогнозов погоды).

Важно подчеркнуть, что СГМЭО рекомендовано Всемирной метеорологической организацией в качестве основного механизма повышения потенциала, как производителя, так и потребителя гидрометеорологической и экологической информации, что исключительно важно для обеспечения их устойчивого развития [1]. Разработка и внедрение автоматизированных систем СГМЭО морских портов приобретают особую актуальность в свете планируемого Министерством транспорта Российской Федерации повышения объема перевозок,

осуществляемых морским транспортом, в сочетании со снижением уровня негативного воздействия морских судов и объектов береговой инфраструктуры на окружающую среду. К сожалению, ныне действующие законодательные акты Российской Федерации, а также Транспортные стратегии РФ до 2020 и до 2030 гг. [2] носят лишь декларативный характер и не содержат никаких сведений об индикаторах или количественных оценках изменений экосистем в сфере действия транспорта, мониторинге окружающей среды и т. д. Таким образом, эти документы практически не согласуются с международными соглашениями (в частности, с юридическими и техническими документами Хельсинкской конвенции [3]), подписанными нашей страной и регламентирующими количественные характеристики загрязнителей и окружающей среды.

Наиболее работоспособная и эффективная структура автоматизированной системы СГМЭО проиллюстрирована на рис. 1. Она включает четыре подсистемы.

Подсистема мониторинга включает технические средства инструментального и дистанционного мониторинга гидрометеорологических процессов, полей и явлений, а также экологического состояния водной и воздушной среды вблизи от морского порта. Подсистема прогнозирования состоит из блока гидрометеорологического прогнозирования и блока экологического прогнозирования на основе выпущенных метеорологических и гидрологических прогнозов.

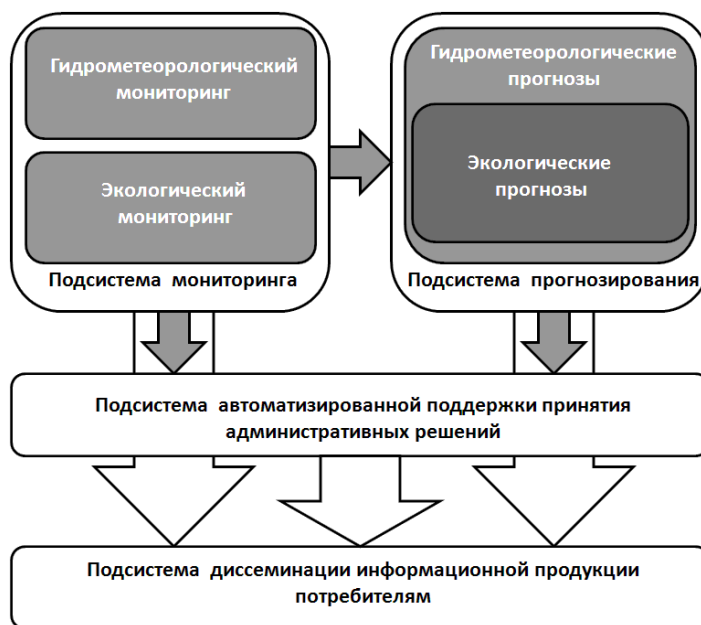


Рис. 1. Структура автоматизированной системы специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения морских портов

Данные текущих гидрометеорологических и экологических условий, получаемые при помощи наземной сети контактных наблюдений и средств дистанционного зондирования (в первую очередь, искусственных спутников Земли и метеорологических радиолокаторов) поступают как в подсистему прогнозирования, так и непосредственно в подсистему автоматизированной поддержки принятия

административных решений. Сюда же поступает и прогностическая информация. Наконец, вся информация (данные мониторинга, прогнозы и рекомендованные административные решения) поступает в подсистему адресной диссеминации информационной продукции различным категориям потребителей в зависимости от их производственных потребностей.

Остановимся на технологическом контенте описанных подсистем чуть более подробно.

В основе подсистемы мониторинга лежит принцип комплексного использования гидрометеорологических и экологических данных, поступающих из различных источников (спутников, метеорологических радиолокаторов, сети наземных наблюдений Росгидромета, отраслевых сетей, а также мезомасштабных моделей погоды). Получаемые данные проходят процедуры первичного анализа и контроля качества, обработки, усвоения и архивирования (в оригинальном и обработанном виде) в режиме, близком к реальному времени. В результате создаются единые массивы данных, которые затем используются для прогнозирования и принятия решений.

В качестве прототипа системы может быть рассмотрена система экологического мониторинга порта г. Лос-Анджелеса (США). Эта система интересна тем, что оба порта залива Сан-Педро (порт Лонг-Бич и порт Лос-Анджелес) производят мониторинг качества воздуха при помощи сети, состоящей из двух станций в Лонг-Бич и четырех – в Лос-Анджелесе, причем собираемые данные поступают в единую базу данных. Станции мониторинга расположены с учетом преобладающей розы ветров над заливом в целом и над каждым из ключевых участков порта. Мониторинг производится в режиме реального времени, поэтому мгновенные данные по тем или иным загрязнителям доступны руководству обоих портов. Каждая из станций проводит измерения целого ряда загрязнителей и опасных веществ, включая озон, окись углерода, двуокись серы, двуокись азота, частицы сажи и другие (рис. 2). Результаты непрерывного многокомпонентного мониторинга качества воздуха в режиме реального времени станциями портов Лос-Анджелеса и Лонг-Бич используются администрацией порта Лос-Анджелеса с целью:

- контроля сокращения скорости судов (входящих в порт) до 12 узлов; это позволило сократить количество выброса вредных веществ на 1 т в день;
- формирования требований к использованию судами низкосернистого топлива и контроля за выполнением этих требований;
- реализации программы использования эмульсифицированного топлива (данная программа в сочетании с использованием катализаторов окисления дизтоплива позволила вдвое сократить выброс частиц);
- контроля использования топлива со сверхнизким содержанием серы для всех машин и механизмов терминала, включая грузовые автомобили, подъемники и т. д.;
- производства переоснащения буксирного флота (двигатели всех буксиров порта были заменены дизелями со сверхнизким уровнем выброса, результатом чего стало сокращение выбросов окислов азота в атмосферу на 100–150 т в год).

Несомненно, к столь эффективному практическому применению экологического мониторинга должны стремиться все крупные порты мира, изучая и перенимая опыт порта Лос-Анджелеса. В то же время, установленный руководством нашей страны курс на модернизацию российской экономики и скорейшее внедрение инноваций мирового уровня заставляет нас взглянуть на этот опыт критически,

прежде всего как на платформу для дальнейшего развития, а не образец для копирования. В частности, система экологического мониторинга порта Лос-Анджелеса, по нашему мнению, должна быть существенно усилена за счёт инструментальных и дистанционных средств гидрометеорологических наблюдений.

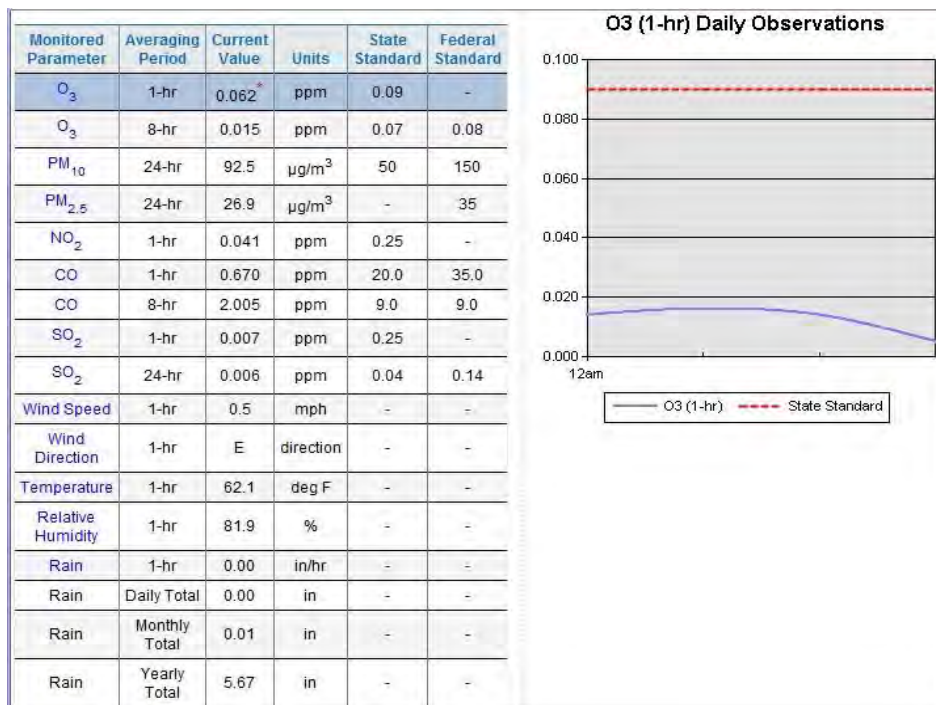


Рис. 2. Пример веб-страницы системы экологического мониторинга порта Лос-Анджелеса

Подсистема гидрометеорологического прогнозирования может быть как автономной, так и связанной с моделями, действующими извне (например, в «облаках» организаций-партнёров, обладающих достаточными ресурсами для предоставления такой услуги). Например, в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ) в качестве главных функциональных элементов этой подсистемы используются метеорологическая модель WRF [4] и гидрологическая модель MLCM [5].

Главным функциональным элементом подсистемы автоматизированной поддержки принятия административных решений является разработанная в РГГМУ технология «Predefined Decision», суть которой заключается в предопределении секторов многомерной матрицы возможных решений. По мере уменьшения неопределенности прогноза (например, ансамблевого или в виде распределения вероятности) ограничивается спектр возможных решений. В результате происходит десубъективизация процесса принятия решений и повышается их эффективность, что очень важно в стрессовых условиях природных катастроф или экологических чрезвычайных ситуаций. Кроме того, в технологии «Predefined Decision» использованы классические принципы статистического управления процессами, изложенные ещё в 1924 г. американским инженером Уолтером Шухартом: все виды

продукции и услуг, а также все процессы, в которых они создаются и/или преобразуются, подвержены отклонениям от заданных значений, называемых вариациями. Вариации своим происхождением обязаны двум принципиально разным источникам, которые принято называть общими и специальными причинами вариаций. Общими причинами вариаций называют причины, являющиеся неотъемлемой частью данного процесса и внутренне ему присущие. Это результат совместного воздействия большого числа случайных факторов, каждый из которых вносит весьма малый вклад в результирующую вариацию, и влияние которых мы, по тем или иным соображениям, не можем или не хотим отделить друг от друга. Специальные причины вариаций – это те причины, которые возникают из-за внешних по отношению к процессу воздействий на него и не являются его неотъемлемой частью. Это результат конкретных случайных воздействий на процесс, причем тот факт, что именно данная конкретная причина вызывает данное конкретное отклонение параметров процесса от заданных значений часто (но далеко не всегда) и приводит к тому, что эту причину можно обнаружить без приложения каких-то исключительных усилий или затрат.

Разделение причин вариаций на два указанных вида принципиально потому, что борьба с вариабельностью процесса в этих двух случаях требует различного подхода. Специальные причины вариаций требуют локального вмешательства в процесс, тогда как общие причины вариаций требуют вмешательства в систему. Локальное вмешательство обычно осуществляется людьми, занятыми в процессе и близкими к нему, в то время как вмешательство в систему почти всегда требует действий со стороны высшего менеджмента. Такое вмешательство обычно неэффективно или ухудшает ситуацию, если в процессе присутствуют специальные причины вариаций, и, напротив, эффективно, если они отсутствуют.

Дело за малым – осталось организовать процесс гидрометеорологического и экологического мониторинга, направленный на постоянную диагностику причин вариаций (например, загрязняющих веществ). Он призван представить текущую информацию в такой форме, чтобы менеджеру было ясно, какие решения следует принимать на ее основе. В 1925 г. У. Шухартом была опубликована небольшая памятная записка размером всего в одну страницу. Около трети ее занимала простая диаграмма, которая сегодня известна всем нам как схема контрольной карты – основа того, что известно нам теперь как статистическое управление процессами [6, 7]. Суть статистического управления процессами заключается в синхронном документировании тех или иных характеристик рассматриваемого процесса и всех факторов, которые определяют его текущее и будущее состояние: например, это может быть смена поставщика сырья или начало перевозок новых видов грузов определенными типами судов. Этот подход позволяет не только обнаруживать нарушения стохастической структуры процесса (например, концентрации окиси углерода), но и устанавливать конкретные – общие или специальные – причины этих нарушений и, следовательно, принимать надлежащие меры по их устранению. Более подробно методы статистического управления процессами рассмотрены в работах [6–8].

Наконец, диссеминация информационной продукции базируется на её кодировании и рассылке авторизованным пользователям по установленному расписанию, которое может нарушаться при форс-мажорных обстоятельствах.

Подчеркнём, что технологический контент всех описанных подсистем (т. е. подсистем мониторинга, прогнозирования, поддержки принятия решений и диссеминации) уже разработан в РГГМУ и реализован в разработанных автоматизированных системах СГМЭО железнодорожного транспорта и гидроэнергетики. При наличии заинтересованности со стороны морских портов и судовладельцев описанная в данной статье система специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения может быть сравнительно легко собрана из уже готовых блоков. В этом случае в нашей стране появится не только передовая система специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения морских портов и морского транспорта, но и методологический фундамент для последующей разработки технической документации, регламентов и нормативных актов, направленных на повышение гидрометеорологической и экологической безопасности морского транспорта и охрану окружающей среды, создание которых предусмотрено Министерством транспорта РФ [2].

Работа выполнена в рамках мероприятия 1.1 (государственный контракт № 14.740.11.0827 от 30 ноября 2010 г.) и 1.2.1 (Соглашение № 14.В37.21.0673) Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт № 14.740.11.0827 от 30 ноября 2010 г.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Guide to Hydrological Practices, Volume I, Hydrology – From Measurement to Hydrological Information, WMO-No. 168, Sixth edition, 2008.
2. О программных документах транспортной отрасли Российской Федерации: URL http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13004 [Электронный ресурс] // Москва, РФ.
3. Официальный веб-сайт ХЕЛКОМ. URL <http://www.helcom.ru/> [Электронный ресурс] // Санкт-Петербург, РФ.
4. Официальный веб-сайт модели WRF. URL <http://www.wrf-model.org/index.php> [Электронный ресурс] // Болдер, Колорадо, США.
5. В. А. Кузьмин, Р. Е. Ванкевич, К. В. Шеманаев. Оценивание увлажнённости водосбора по данным дистанционного зондирования, наземных гидрометрических наблюдений и математического моделирования стока // Учёные записки РГГМУ. – 2011. – №22. – С. 45.
6. Shewhart W. The Applications Statistics as an Aid in Maintaining Quality of a Manufactured Product [Text]// Journal of the American Statistical Association, –1925. – Vol. 20, Dec. – P. 546–548.
7. Shewhart W. () Economic Control of Quality of Manufactured Product. – Milwaukee, WI: ASQ Quality Press. – 1931 (reprint 1980). – 501 p.
8. Д. Уилер, Д. Чамберс. Статистическое управление процессами (пер. с англ.). Д. Уилер / – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009, – 409 с.

PURPOSE-ORIENTED HYDROMETEOROLOGICAL AND ECOLOGICAL SUPPORT FOR SEA PORTS

A. V. Dikinis, V. A. Kuzmin, D. V. Shilov (The Russian State Hydrometeorological university), **M. E. Ivanov** (The Military Institute, The Navy Military Educational and Scientific Centre («The N. G. Kuznetsov Naval Academy»))

A concept and basic principles of a system of purpose-oriented hydrometeorological and ecological support for sea ports are considered. Such a type of support is aimed to provide sustainable development of the sea transport based on decreasing its hydrometeorological vulnerability, developing its technological capacity and reducing its impact on the environment.

УДК 551.46

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА**

К. Г. СТАВРОВ (ОАО «ГНИНГИ»)
Н. А. КОЛЬШЕВ, С. Б. БАЛЯСНИКОВ,
(373 Центр ВМФ)

Статья посвящается итогам деятельности Научно-исследовательского океанографического центра Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института с момента создания 525 НИОЦ МО в 1972 г. по настоящее время.

Успешные действия сил ВМФ, эффективность применения оружия и безопасность плавания в значительной степени зависят от учета влияния внешней среды. Изучение гидрометеорологических и геофизических полей в интересах навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения (НГГМО) военно-морской деятельности страны всегда было одной из важнейших задач Гидрографической службы (ГС) Военно-Морского Флота. Однако с интенсивным развитием ВМФ в 1950–1970 гг., выходом его на просторы Мирового океана, принятием на вооружение новых образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) стало очевидным, что существовавшие подразделения ГС ВМФ уже не в состоянии в полной мере обеспечивать обработку и освоение резко возросших потоков информации о Мировом океане. В 1972 г. приказом Министра обороны СССР в целях более эффективного использования материалов океанографических исследований в интересах всех видов Вооруженных Сил был создан Научно-исследовательский океанографический центр Министерства обороны (525 НИОЦ МО).

В Положении о Научно-исследовательском океанографическом центре Главкомандующим ВМФ, на него были возложены следующие основные задачи:

- разработка методов сбора и обработки материалов гидрометеорологических и геофизических исследований, а также их научного обобщения и представления в интересах решения задач НГГМО ВМФ;
- разработка структуры, принципов организации и математического обеспечения Банка океанографических данных Министерства обороны;
- разработка методов обеспечения кораблей, штабов, гидрометцентров ВМФ режимной и прогностической информацией о среде;
- разработка предложений по проведению океанографических исследований в интересах Министерства обороны.

На Центр также возлагались задачи, имеющие более узкую направленность:

- сбор и хранение материалов океанографических исследований;
- контроль за своевременным представлением в Центр мореведческими организациями страны материалов океанографических исследований;

- рассмотрение и подготовка заключений по программам и техническим проектам на выполнение океанографических работ;
- выдача исходных данных организациям, работающим по договорам с Министерством обороны и др.

Работу по формированию и становлению 525 НИОЦ МО в 1972–1973 гг. возглавлял первый начальник Центра капитан 1 ранга А. И. Сорокин.

Интенсивными исследованиями Мирового океана в СССР занимались не только экспедиции ГС ВМФ, но и ряд организаций мореведческих ведомств, использующих в своей деятельности информацию о среде. В связи с этим специальным постановлением Государственного комитета СССР по науке и технике (ГКНТ) была создана единая общесоюзная система сбора океанографической информации и обеспечения ею потребителей всех уровней. В единую систему были включены все ведомственные центры, а также Международный центр данных «Б», созданный для организации и практического осуществления обмена информацией между СССР и другими странами. Координацию деятельности всех центров и организаций, занятых изучением Мирового океана, контроль за выполнением постановлений ГКНТ в части, касающейся создания банков океанографических данных, осуществляла комиссия Научного совета ГКНТ по проблеме «Изучение океанов и морей и использование их ресурсов». Председателями этой комиссии в советское время назначались начальники НИОЦ: А. И. Сорокин (1973 г.), Н. А. Колышев (1974 г.), В. В. Стрела (1990 г.).

Вся научная деятельность НИОЦ основана на самом широком использовании Банка океанографических данных (БОД), созданного в Центре. В этом и состояло отличие 525 НИОЦ МО от других научно-исследовательских учреждений Министерства обороны. Создание, ведение и использование информации Банка океанографических данных Министерства обороны – главные обязанности НИОЦ. До начала 1990-х годов в Центр ежегодно поступали первичные материалы исследований экспедиций ВМФ, других ведомств страны, а также данные по каналам международного обмена из-за рубежа. Это составляло около 10 млн. измерений примерно 100 параметров среды.

К сожалению, с ликвидацией в 1991 г. всех союзных структур с возложенными на них функциями межведомственного и межреспубликанского уровней нарушились и прямые связи НИОЦ с родственными организациями других ведомств. Это привело к сужению объема информации и к задержкам ее поступления. Так, с 1990-х годов в банк поступают в основном данные экспедиционных исследований только ВМФ и совместных экспедиций, в которых принимают участие специалисты ГНИНГИ.

Вместе с этим НИОЦ продолжает выполнять заявки штабов и частей ВС РФ на данные наблюдений и обобщенные сведения о фоновых и экстремальных характеристиках состояния среды. Пополнение информационных ресурсов БОД продолжается за счет отечественных и иностранных данных, в том числе доступных по сети Internet, включая материалы наблюдений по программам Всемирной метеорологической организации, Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО, национальным программам ведущих зарубежных государств и др.

Вся эта информация после строгого контроля заносится в специально разработанных форматах на магнитные носители. Предусмотрена актуализация баз данных по мере поступления новых материалов. Пополнение баз, все виды контроля данных, перевод их из одного формата в другой, выборка данных по районам, срокам

и видам информации, их статистическая обработка осуществляются с помощью современных программных средств. В создание и ведение БОД в настоящее время наиболее существенный вклад вносят И. В. Лаврова, С. И. Мастрюков, В. Г. Лямзина, Н. А. Морева, Л. А. Пирогова, Л. А. Белова и др.

С использованием Банка данных и современных средств вычислительной техники, которыми оснащался Центр, стало возможным на качественно новой основе решать многие задачи НГГМО ВМФ. В Центре были разработаны технические задания на новые виды гидрометеорологических пособий и специальных карт, оптимальные формы представления информации для потребителей, предложены и внедрены в практику научно обоснованные методы обобщения и обработки данных.

Информация об ожидаемых условиях среды в новых пособиях подчинена главной задаче – использованию ее при обеспечении безопасности плавания и скрытности действий подводных лодок, при проведении поисковых операций, стрельб, минных постановок и др. Эти данные необходимы для расчетов ожидаемой эффективности действий сил при планировании операций. Были обоснованы состав информации, помещаемой в пособиях, и их структура. Эта работа проводилась в НИОЦ в тесном сотрудничестве со специалистами 280 Центрального картографического производства ВМФ.

Помимо традиционных для ГС ВМФ пособий для штабов всех уровней, в Центре разработаны и специальные документы, содержащие режимно-статистические характеристики на отдельные районы Мирового океана и конкретные рекомендации по учету влияния среды на кораблях. Была решена задача оперативного обеспечения штабов и гидрометцентров флотов режимной гидрометеорологической информацией по их запросам с помощью современных вычислительных и телекоммуникационных средств. В связи с этим необходимо отметить заслуги И. А. Абрамовой, О. А. Гасникова, Ю. Н. Жукова, Г. Н. Пивоваровой, В. В. Удалова.

Значительное место в работе Центра занимает обеспечение данными о среде научных учреждений Министерства обороны и организаций промышленности, занятых разработкой новых образцов ВВСТ. По заданиям заказчиков или головных исполнителей на отдельные акватории рассчитываются вероятностно-статистические характеристики параметров полей, функции их влияния на характеристики средств ВВСТ, подверженных влиянию среды, выполняется районирование акваторий по характеристикам среды. К основным видам информационной продукции НИОЦ относятся:

- электронные навигационно-гидрографические и гидрометеорологические описания морей России;
- специализированные автоматизированные информационно-справочные системы на базе ГИС-технологий, включая интегрированные базы океанографических данных и электронные цифровые карт-основы;
- специализированные информационно-справочные пособия, а также профильные разделы в справочных пособиях, атласах, гидрометеорологических картах, издаваемых ГС ВМФ.

Создание банка данных и выполнение огромного объема вычислительных работ требует использования современных средств вычислительной техники. В связи с этим уже в 1974 г. Центр получил одну из первых в стране вычислительных машин третьего поколения ЭВМ ЕС-1030.

В связи с реорганизацией научных учреждений ВМФ в 1988 г. НИОЦ был включен в состав Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института (ГНИНГИ), при этом руководители Центра (капитан 1 ранга В. В. Стрела, капитан 1 ранга Н. М. Лец, капитан 1 ранга С. Б. Балясников) продолжили последовательные усилия по совершенствованию вычислительной базы Центра, в результате которых в конце 1990-х годов был успешно завершён переход на персональные компьютеры.

С 2002 г. по инициативе начальника Центра капитана 1 ранга А. Б. Опарина началось создание на базе НИОЦ Единого центра данных океанографических и гидрографических исследований Мирового океана (ЕЦДОГИ) Министерства обороны. Принципиально новым было то, что оно происходило путем создания единой сети автоматизированных рабочих мест с использованием мощного аппаратно-программного комплекса на базе высокопроизводительных серверов фирмы Sun Microsystems, функционирующих под управлением операционной системы Solaris. Информационные ресурсы в виде дисциплинарных баз океанографических, гидрографических и геофизических данных переводятся под управление СУБД Oracle. ЕЦДОГИ оснащен линиями волоконно-оптической связи и современным телекоммуникационным оборудованием. Заслуги в обеспечении оснащения НИОЦ программно-аппаратными средствами и поддержании в рабочем состоянии компьютерных устройств принадлежат И. Т. Бурейко, А. В. Воробьёву, Т. В. Вороновой, И. И. Сафоновой, Л. Н. Лапшиной.

В настоящее время проект по созданию ЕЦДОГИ на базе ОАО «ГНИНГИ» и 280 ЦКП ВМФ реализуется в рамках подпрограммы «Военно-стратегические интересы России в Мировом океане» ФЦП «Мировой океан» в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 12 августа 2010 г. № 619.

Специалисты НИОЦ активно участвуют в реализации и других проектов ФЦП «Мировой океан». В рамках подпрограммы «Создание Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане» (ЕСИМО) сформированы информационные и картографические ресурсы Военной подсистемы (ВП) ЕСИМО. В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2005 г. № 836 «Об утверждении Положения о Единой государственной системе информации об обстановке в Мировом океане» в ГНИНГИ на базе НИОЦ создан центр ВП ЕСИМО, участвующий в обеспечении деятельности органов военного управления, других учреждений Министерства обороны и мореведческих ведомств Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и др.

К одному из важнейших направлений работ НИОЦ ГНИНГИ относятся исследования по проблеме обоснования внешних границ континентального шельфа (ВГКШ) Российской Федерации за пределами 200-мильной исключительной экономической зоны, что явилось составной частью комплекса работ, выполняемых организациями Роснедра, Минобороны и других ведомств в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.06.1997 г. №717 «О порядке утверждения перечней географических координат точек, определяющих линии внешних границ континентального шельфа Российской Федерации».

В ГНИНГИ эти работы были начаты в 1998 г. в соответствии с Программой работ по реализации указанного Постановления, утвержденной Министром природных ресурсов РФ и Министром обороны РФ 16 августа 1998 г. Их

информационной основой явились сохранённые в НИОЦ уникальные архивные материалы гидрографических (сейсмических) работ по систематическому исследованию Северного Ледовитого океана с дрейфующего льда, выполнявшихся ГС ВМФ при участии специалистов Министерства геологии СССР (в рамках ежегодных экспедиций ВВЭ «Север») с 1961 г.

Материалы сейсмо-гидрографического раздела банка данных НИОЦ составили не менее 80% ретроспективных данных, которые использовались при обосновании линии ВГКШ при подготовке Заявки РФ 2001 года в ООН на расширение континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане за пределами 200-мильной исключительной экономической зоны.

В дальнейшем в соответствии с рекомендациями Комиссии ООН по границам континентального шельфа по результатам рассмотрения Заявки РФ 2001 г. эти исследования были продолжены ГНИНГИ совместно с учреждениями Федерального агентства по недропользованию (Роснедра).

В 2008 г. в ГНИНГИ было разработано технико-экономическое обоснование, а в 2009 г. – технический проект на выполнение дополнительных гидрографических и геофизических работ по определению и обоснованию внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане.

В соответствии с указанным техническим проектом по заказу Роснедра ОАО «ГНИНГИ» совместно с субподрядчиками провело в центральной Арктике на НЭС «Академик Фёдоров» под проводкой атомного ледокола экспедиции «Шельф-2010» и «Шельф-2011», в результате которых собраны уникальные гидрографические и геофизические данные. Начальником этих экспедиций был директор по научной работе ОАО «ГНИНГИ» А. Ф. Зеньков, а главным инженером проекта ВГКШ – начальник НИОЦ К. Г. Ставров.

Сотрудники НИОЦ А. В. Костенич, В. Е. Сувернев, Е. А. Пирогова, Е. А. Усольцева, Н. В. Червякова, Е. В. Колобов, В. Ю. Михайлов, В. И. Гусева, В. Ф. Малышева, Е. И. Шуманина, Д. А. Никитина, М. В. Ситник, А. В. Маркарян, Т. В. Глазко, Н. А. Венедикт и др. сыграли ведущую роль в подготовке и проведении экспедиционных работ, обработке их результатов.

В настоящее время результаты экспедиций «Шельф-2010» и «Шельф-2011» включены в информационные ресурсы не только БОД, но и Росгеолфонда, и положены в основу выполняемых специалистами ГНИНГИ, ВНИИОкеангеология, ВСЕГЕИ и другими организациями работ по подготовке обновленной Заявки Российской Федерации в Комиссию ООН по границам континентального шельфа.

Закономерным итогом многолетней деятельности всех сотрудников НИОЦ является то, что в 2011 г. банк данных, создание которого было начато ещё в 525 НИОЦ МО, получил статус Федеральной государственной информационной системы (ФГИС), оператором которой является Минобороны России (ОАО «ГНИНГИ»), и был зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (электронный паспорт № ФС-77110172 от 13.12.2011 г.) как ФГИС «Банк океанографических данных Научно-исследовательского океанографического центра Министерства обороны России».

В заключение нельзя не отметить, что и в настоящее время первый начальник НИОЦ доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской Академии наук, заслуженный деятель науки и техники, лауреат Государственной

премии СССР, контр-адмирал в отставке А. И. Сорокин продолжает активную научную работу самого высокого уровня. Подтверждением этого служит присуждение ему в 2012 г. Премии Правительства Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского научного центра РАН имени М. И. Будыко в области географии, наук об атмосфере и гидросфере.

**RESEARCH OCEANOGRAPHIC CENTRE OF THE STATE RESEARCH
NAVIGATION-HYDROGRAPHIC INSTITUTE**

N. A. Kolyshev, S. B. Balyasnikov (the 373 Navy Centre), **K. G. Stavrov** («GNINGI» OJSC).

The results of the Research Oceanographic Centre activities of «GNINGI» OJSC since establishment of 525 MoD Research Centre n 1972 till the present time are summed up.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

УДК 551.48

КРУПНЕЙШЕЕ ОТКРЫТИЕ РУССКИХ ВОЕННЫХ ГИДРОГРАФОВ (К 100-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ АРХИПЕЛАГА СЕВЕРНАЯ ЗЕМЛЯ)

В. И. КОРЯКИН
(ЦКП ВМФ)

В 1913 г. Гидрографической экспедицией Северного Ледовитого океана (ГЭ СЛО) открыт архипелаг Северная Земля, что стало последним крупным географическим открытием на нашей планете. Этот подвиг был подготовлен достижениями многих поколений землепроходцев, мореплавателей и исследователей Арктики. Повествуется о гидрографических работах ГЭ СЛО по освоению Северного морского пути, венцом которых стало обнаружение неизвестной земли. Объясняются причины позднего обнаружения архипелага и подчеркивается важность этого открытия для познания Арктики.

21 августа (3 сентября)¹ 1913 г. произошло одно из важнейших событий в истории отечественной и мировой цивилизации – Гидрографической экспедицией Северного Ледовитого океана (ГЭ СЛО) на ледокольных судах «Таймыр» и «Вайгач» к северу от полуострова Таймыр была открыта неизвестная земля. Это было последнее крупное географическое открытие на нашей планете.

Открытие Северной Земли было подготовлено героическим подвигом землепроходцев и моряков нескольких поколений, осваивавших морскую трассу вдоль побережья СЛО.

К концу XVII столетия завершилась эпоха великих географических открытий. На карты мира были нанесены приближенные контуры всех основных обитаемых континентов. Неизведанными и неисследованными оставались лишь Северный и Южный Ледовитые океаны. Суровый климат, многолетняя мерзлота, леденящие ветры, мощные полярные льды в сочетании с полярной ночью стали трудно преодолимым препятствием на пути исследователей и мореплавателей, стремившихся проникнуть в эти края. Их влекли не только надежды отыскать и захватить богатые, никому не принадлежавшие земли, но и открыть и взять под свой контроль наиболее выгодные торговые пути между континентами. Великие мореплаватели XVI – середины XVII вв. Б. Диаш, Васко да Гама, Ф. Магеллан и др. открыли путь из Европы в Индию и Китай, но путь этот вокруг Африки (его еще называли «испанским») был долгим, опасным и настолько дорогим, что съедал львиную долю дохода от торговли. Северный вариант морской дороги вдоль берегов

¹ Далее все даты до 14.02.1918 г. приведены по старому стилю, а с 14.02.1918 – по новому.

Сибири, если бы её удалось найти, мог вдвое сократить этот путь и был бы существенно выгоднее. Но долгое время оставалось неясным, есть ли такой путь и возможно ли его освоить.

Впервые идею северо-восточного пути в Китай и Индию выдвинул в 1525 г. дьяк великого князя Московского Василия III Дмитрий Герасимов, имевший богатый опыт плавания на Севере и обладавший обширными по тому времени географическими познаниями. Он, основываясь на рассказах первопроходцев и купцов, предполагал, что из России до Китая можно добраться по северным морям и затем по реке Обь, истоки которой по существовавшим тогда представлениям находились вблизи Пекина. Герасимов утверждал, что «Двина, увлекая бесчисленные реки, несется в стремительном течении к северу» и что «... море там имеет огромное протяжение, что, по весьма вероятному предположению, держась правого берега, оттуда можно добраться на кораблях до страны Китая, если в промежутках не встретится какой-нибудь земли». Своими соображениями Д. Герасимов, будучи московским посланником в Риме, поделился с итальянским ученым Пауло Джовио. Джовио в 1525 г. со слов Д. Герасимова написал «Книгу о посольстве Василия к Клименту XII», в которой говорилось о возможности плавания в Восточную Азию северным морским путем. Книга эта получила широкое распространение в Европе и явилась мощным импульсом к снаряжению экспедиций для поиска пути на восток вдоль северных берегов России.

Попытки пройти северо-восточным путем предпринимали английские экспедиции Х. Уиллоби (1553), Р. Ченслера (1554), С. Барроу (1556), А. Пита и Ч. Джекмена (1580) и голландца В. Баренца (1594–1597). Ни одна из них конечной цели не достигла.

Русским удалось сделать большее. Двигаясь на восток, они в начале XVII в. достигли устья Енисея, а затем Пясины на Таймыре; в 1633 г. открыли устья рек Индигирки и Яны (И. Ребров); в 1639 г. вышли к Охотскому морю (И. Ю. Москвитин); в 1643 году – к побережью Северного Ледовитого океана (СЛО) в районе р. Колыма (М. В. Стадухин, Д. М. Зырян, С. И. Дежнев). Наконец, в 1648 г. С. И. Дежнев, Ф. Алексеев (Попов) и другие, выйдя из устья Колымы, обогнули на кочах Чукотский полуостров и вышли в Тихий океан, доказав тем самым существование пролива, отделяющего Азию от Америки (Берингова пролива). 31 августа 1662 г. И. М. Рубец дошел до Анадырской корги, пройдя вторично после С. И. Дежнева пролив между Азией и Америкой, и зазимовал в среднеречье Камчатки. Поход С. И. Дежнева завершил открытие русскими всего побережья СЛО и северо-западных берегов Тихого океана до Камчатки. Однако открытия не были в то время отражены на картах. Русские землепроходцы не имели мореходных угломерных инструментов, не известен был им и масштаб. На открытые земли и реки они составляли рукописные карты, так называемые «чертежи» и «скаска», в которых весьма приближенно рисовались и описывались побережья морей, реки, озера и указывались в верстах расстояния. Чертежи эти считались секретными и хранились в большой тайне, что тормозило освоение новых земель и их картирование.

Лишь в 1667 г. по указу царя Алексея Михайловича в Тобольске под руководством воеводы П. И. Годунова был составлен чертеж всей Сибири. На нем были изображены результаты походов русских землепроходцев: дано изображение реки Оби, а также Енисея, Лены, Оленёка, Колымы, Амура и даже реки Камчатки, показанной на материке. Путь из Студеного моря (СЛО) в Теплое (Тихий океан)

изображен на карте открытым. В 1672 г. там же, в Тобольске, по распоряжению правительства выпускается новый такой же схематичный «Чертеж Сибирские земли». Он содержит уже более подробные указания о возможности плавания «...от устья Колымы реки и кругом земли... на реку Анадырь».

Однако в последующих картографических трудах появляется тенденция отрицания возможного плавания из СЛО в Тихий океан. Это было вызвано изменением гидрометеорологических условий плавания в Арктике. Со второй половины XVII в. в полярных морях наблюдалось заметное похолодание, которое привело к возникновению непроходимых ледяных барьеров. Там, где свободно плавали русские промышленники XVII столетия, экспедиции XVIII в. встречали непроходимые преграды. Тем не менее передовые деятели России не теряли надежды освоить Северный морской путь. На необходимости решения этой задачи настаивал великий русский ученый М. В. Ломоносов. В 1763 г. им был написан научный трактат «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможности проходу Сибирским океаном в Восточную Индию». В нем он обобщил опыт полярных плаваний и пришел к заключению, что Россия может и обязана найти свободный проход в Атлантический океан вдоль берегов Сибири. В посвящении к трактату он отмечал: «Могущество и обширность морей окружающих требуют... рачения и знания. Между прочим Северный океан есть пространное поле, где... углубиться может Российская слава, соединенная с беспримерной пользой, через изобретение Восточно-Северного мореплавания».

Видное место в изучении СЛО и поиске пути вдоль его сибирского побережья заняли две Камчатских экспедиции под руководством В. Й. Беринга (1725–1730 и 1733–1743), а также экспедиции: Высокоширотная правительственная во главе с В. Я. Чичаговым (1765–1766), Северо-Восточная географическая и астрономическая И. И. Биллингса – Г. А. Сарычева, Колымская (1820–1824) и Усть-Янская (1821–1824) под руководством соответственно Ф. П. Врангеля и П. Ф. Анжу и новоземельские – Ф. П. Литке, П. К. Пахтусова и А. К. Циволько (1821–1835). В результате этих экспедиций вся береговая черта Сибири была положена на карту. Однако пройти северным морским путем удалось только в 1878–1889 гг. русско-шведской экспедиции А. Э. Норденшельда. Выйдя на парусно-паровом судне «Вега» в июле 1878 г. из Гетеборга, 20 июля 1879 г. она достигла Чукотского полуострова. В сентябре 1878 г. из-за непреодолимых льдов путешественникам пришлось зазимовать всего в 100 милях от Берингова пролива. Успех этого плавания стал возможным благодаря исключительно благоприятному состоянию льдов на трассе, в том числе и в наиболее трудном участке – в районе мыса Челюскин – крайней северной точке полуострова Таймыр. Плавание «Веги», доказавшее возможность прохода из Атлантического океана в Тихий, вызвало огромный интерес не только в торгово-промышленных, но и военных кругах. После большого перерыва Россия вновь вернулась к планомерному исследованию морей СЛО.

В 1894 г. министр финансов С. Ю. Витте представил императору Александру III план «незамедлительного» освоения северных морей России. В результате была организована специальная гидрографическая экспедиция под руководством подполковника Корпуса флотских штурманов (КФШ) А. И. Вилькицкого для исследования устьев рек Обь и Енисей и прилегающей к ним части Карского моря (в 1898 г. эта экспедиция была преобразована в Гидрографическую экспедицию Северного Ледовитого океана – ГЭ СЛО).

Экспедиция в 1894–1896 гг. выполнила опись полярного побережья от Кольского полуострова до Енисея. По результатам работ экспедиции А. И. Вилькицкий написал отчет, в котором обосновал экономическую целесообразность и необходимость проведения новых систематических гидрографических исследований на всем протяжении полярного фасада России. Сторонниками скорейшего освоения Северного морского пути в интересах экономического и военного могущества страны выступили также известные ученые С. О. Макаров и Д. И. Менделеев. С. О. Макаров полагал вполне реальным осуществлять сквозное плавание военных кораблей вдоль сибирских берегов с помощью ледоколов. Д. И. Менделеев разработал обстоятельный план изучения Арктики, который изложил 14 ноября 1901 г. в докладной записке «Об исследовании Северного полярного океана», поданной на имя министра финансов С. Ю. Витте. В ней ученый отмечал: «Мирная победа над полярными льдами и освоение Северного морского пути имели бы для России не только большое торгово-экономическое, но и военно-стратегическое значение. Если возможно будет в короткое время провести боевые корабли с запада через арктические моря в Тихий океан или в обратном направлении, то защита русских морских границ от нападения враждебных государств станет более надежной; Северный морской путь – это подлинно национальный путь, так как он находится в полном распоряжении России».

Когда в 1904 г. был поднят вопрос о переброске кораблей на Дальний Восток, рассматривался и северный путь, но правительство сочло это «делом маловероятным» из-за слабой изученности маршрута.

Поражение в русско-японской войне и разгром русского флота в Цусимском сражении заставили правительство обратить серьезное внимание на освоение северного маршрута на Дальний Восток. В 1906 г. была создана специальная комиссия во главе с членом Адмиралтейств-совета адмиралом В. П. Верховским, которая должна была рассмотреть возможность плавания из северных портов в Тихий океан вдоль сибирского побережья и разработать меры по исследованию трассы. В состав комиссии вошли: исполняющий должность начальника Главного гидрографического управления генерал-майор А. И. Вилькицкий, военные гидрографы А. И. Варнек, Ф. К. Дриженко, И. С. Сергеев, А. В. Колчак, Н. Н. Коломейцев, Ф. А. Матисен, ученые Ю. М. Шокальский и Л. Л. Брейтфус, геолог И. П. Толмачев.

23 августа 1906 г. комиссия поручила А. В. Колчаку – участнику Русской полярной экспедиции Академии наук под руководством Э. В. Толля по исследованию Новосибирских островов (1900–1902) – составить для морского министра записку об условиях плавания вдоль арктического побережья России. Основываясь на опыте этой экспедиции и более ранних исследований, Колчак утверждал, что плавание такое возможно, при этом наибольшие трудности могут встретиться при преодолении мало изученного района полуострова Таймыр – самой северной части Евразийского континента. На основании этого доклада комиссия разработала план широкомасштабной комплексной экспедиции по исследованию Арктики. Организация этих работ была поручена Главному гидрографическому управлению. Вначале предполагалось построить на островах СЛО 16 гидрометеорологических станций, отправить в Арктику три исследовательских отряда на специально построенных ледокольных судах. Однако выделенных средств хватило на постройку только двух однотипных судов, названных «Таймыр» и

«Вайгач», и формирование одного отряда, к которому перешло наименование ГЭ СЛО.

Суда были построены в Санкт-Петербурге на Невском судостроительном и механическом заводе. Это были первые в России ледокольные пароходы водоизмещением 1359 т, специально предназначенные для работы в Арктике. Экипажи судов были укомплектованы офицерами и матросами, в основном имевшими опыт плавания в северных морях. В состав команды каждого судна входили семь офицеров, врач и более 30 матросов (рис. 1).



Рис. 1. Офицеры Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана

Программу и планы исследований разработали полковник (впоследствии генерал-лейтенант Корпуса гидрографов) И. С. Сергеев (первый начальник экспедиции) и капитан 2 ранга Ф. А. Матисен (первый командир «Таймыра», впоследствии капитан 1 ранга). Вначале предполагалось обследовать труднодоступный морской район у полуострова Таймыр, а затем произвести гидрографическую опись от него к востоку вдоль берегов Сибири до Берингова пролива. Однако в 1908 г. по ходатайству дальневосточной администрации правительство приняло решение начать работы не с запада, а с востока, от Берингова пролива, с целью наладить транспортную связь между Владивостоком и устьями рек Восточной Арктики. Это должно было способствовать экономическому развитию северо-восточной окраины России и пресечению браконьерства и грабительской меновой торговли иностранцев с коренным населением Чукотки. По плану Главного гидрографического управления ГЭ СЛО должна была, базируясь во Владивостоке, в течение двух-трех лет выходить в Арктические воды и продвигаясь постепенно на запад достигнуть Архангельска или Александровска-на-Мурмане (ныне г. Полярный). При этом во время плавания гидрографы должны были производить съемку берегов и промер глубин, гидрологические, метеорологические, ледовые,

магнитные и другие наблюдения. Начальник Главного гидрографического управления генерал-лейтенант Корпуса флотских штурманов А. И. Вилькицкий, напутствуя гидрографов, обращал их внимание на то, что главная их задача состоит не в упорном преодолении льдов, а в изучении физико-географических условий районов плавания, поиске проходимых и безопасных фарватеров.

28 октября 1909 г. «Таймыр» и «Вайгач» вышли из Санкт-Петербурга и, следуя южным путем через Суэцкий канал и Индийский океан, 3 июля 1910 г. прибыли во Владивосток, где вошли в состав Сибирской военной флотилии. Согласно программе экспедиционных работ, утвержденной в июле 1910 г. морским министром, деятельность экспедиции должна была продолжаться до тех пор, пока Северный морской путь не будет описан, промерен и оборудован для безопасного плавания.

17 августа 1910 г. суда вышли в первый арктический поход. Командовать «Таймыром» был назначен старший лейтенант Б. В. Давыдов, «Вайгачем» командовал капитан 2 ранга А. В. Колчак, назначенный на эту должность еще в Санкт-Петербурге. Близилась осень, погода не способствовала работам, поэтому в первом походе удалось сделать немного. За 46 суток плавания произвели только опись участка Чукотского берега протяжением около 40 миль; на северном берегу мыса Дежнева соорудили навигационный знак, соединив его геодезической связью с ранее установленным поблизости триангуляционным пунктом; в местах якорных стоянок провели наблюдения над морскими течениями, собрали пробы грунтов и образцы донной фауны. На обратном пути была сделана опись бухты Петра и Павла на Камчатке. 20 октября суда вернулись во Владивосток.

22 июля 2011 г. экспедиция вышла во второй поход. Её по-прежнему возглавлял И. С. Сергеев, а ледокольными судами командовали: «Таймыром», как и в первом походе, Б. В. Давыдов, а «Вайгачем» – новый командир, старший лейтенант К. В. Ломан. А. В. Колчак был отозван в Морской генеральный штаб. Пройдя от мыса Дежнева на запад, участники экспедиции выполнили промер и описали берега Чукотского и Восточно-Сибирского морей до устья Колымы. На обратном пути экипаж «Вайгача» выполнил гидрологический разрез от мыса Биллингса к острову Врангеля. Впервые в истории арктического плавания судно обогнуло с запада остров и, пройдя между ним и островом Геральд, вышло к Колючинской губе. С 9 сентября суда производили опись побережья Берингова моря от мыса Дежнева до мыса Литке. 15 октября суда вернулись во Владивосток. В этом году судами было пройдено с промером 2500 миль, выполнено 2900 промеров глубин, описано 750 миль береговой черты от мыса Дежнева до устья Колымы. По материалам выполненных работ были составлены новая навигационная карта Чукотского моря масштаба 1 : 1 500 000, схема поверхностного течения моря и подготовлены материалы по лоции.

В 1912 г. экспедиция находилась в походе с 31 мая по 10 октября. В соответствии с приказом морского министра в этом году ей было предписано «...следовать с описью от устья реки Лены далее на запад, вдоль северного берега Таймырского полуострова...». Эту задачу экспедиции в полной мере решить не удалось. Встретив в устье Лены непроходимые льды, суда вернулись во Владивосток на зимовку. За время похода была произведена съемка камчатского берега от Усть-Камчатска до мыса Африка, побережья Олюторского залива между мысами Говен и Олюторский, ряд участков побережья СЛО от мыса Дежнева до средней части полуострова Таймыр, Новосибирских, Медвежьих и других островов на маршруте плавания. По материалам этой описи экспедиция составила 12 навигационных карт

масштаба 1 : 365 000, базирующихся на сети береговых астропунктов. Было сделано множество гидрометеорологических, ледовых и магнитных наблюдений, собраны богатые биологические и зоологические коллекции.

В 1913 г. вместо Б. В. Давыдова, назначенного начальником Гидрографической экспедиции Восточного океана, командиром «Таймыра» стал 28-летний капитан 2 ранга Борис Андреевич Вилькицкий (рис. 2) (сын генерал-лейтенанта А. И. Вилькицкого), заболевшего командира «Вайгача» К. В. Ломана сменил 30-летний старший лейтенант Петр Алексеевич Новопашенный. В этом году предстояло пройти от устья Лены по возможности дальше на запад, описать восточный и северный берега Таймырского полуострова и при благоприятных условиях дойти до Александровска-на-Мурмане.



Рис. 2. Капитан 2 ранга Борис Андреевич Вилькицкий

Пасмурным утром 26 июня суда вышли из Владивостока в очередной поход. В июле 1913 г. на пути в СЛО у И. С. Сергеева произошло кровоизлияние в мозг, и он был отправлен из Анадырского залива во Владивосток. Исполнять должность начальника экспедиции приказом морского министра И. К. Григоровича было поручено Б. А. Вилькицкому.

Погода на этот раз благоприятствовала исследователям. Температура воздуха доходила до 21 градуса выше нуля, льды таяли, суда уверенно двигались на запад. 7 августа к северо-востоку от острова Новая Сибирь в Восточно-Сибирском море был открыт новый остров (первым его увидел вахтенный офицер «Таймыра» лейтенант А. Н. Жохов), позже (в январе 1914 г.) названный именем бывшего начальника

Главного гидрографического управления генерала-лейтенанта Корпуса флотских штурманов А. И. Вилькицкого. «Таймыр» исследовал район мифической Земли Санникова и, не обнаружив ее, направился к полуострову Таймыр. Гидрографы «Вайгача» произвели морскую съемку бухты Нордвик, южного и восточного берегов острова Бегичева в юго-западной части моря Лаптевых и выполнили промерные работы. 10 августа суда встретились у острова Преображения в Хатангском заливе восточного побережья Таймыра и пошли с исследованиями на север вдоль берега, надеясь, обогнув его северный мыс Челюскина, пройти на запад (рис. 3). В одном из заливов гидрографы обнаружили хижину. По сохранившимся вещам и записям установили, что здесь без малого два века назад зимовал Ленско-Хатангский отряд (командир В. В. Прончищев) Второй Камчатской экспедиции, который на дубель-шлюпке «Якутск» обследовал восточный берег Таймыра. Моряки ГЭ СЛЮ назвали один из открытых мысов бухты именем участника экспедиции жены В. В. Прончищева Татьяны, обозначив его на карте «М. Прончищевой». При подготовке к изданию карты картографы трансформировали это название в бухту М. Прончищевой, расшифровав букву «М» как имя «Мария». Под таким именем бухта многие годы упоминалась в исторической и гидрографической литературе.

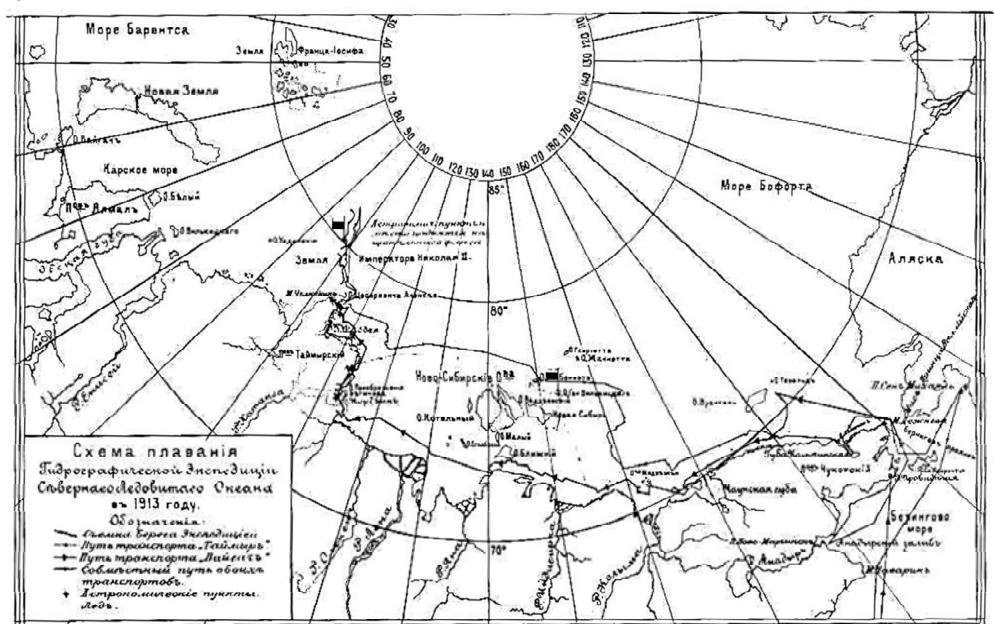


Рис. 3. Схема плавания ГЭ СЛЮ в 1913 г.

На детальное обследование бухты у гидрографов времени не было, и они продолжили путь на север. 19 августа увидели мыс Челюскина, но подойти к нему из-за мощных льдов не удалось. Намереваясь обойти ледяное поле, или, по крайней мере, убедиться, что прохода на запад нет, продолжили путь на северо-запад. 20 августа моряки открыли низменный остров, названный именем «Цесаревича Алексея» (с 1926 г. – Малый Таймыр) и описали его. На рассвете 21 августа (3 сентября), когда суда находились в 25–30 милях севернее мыса Челюскина,

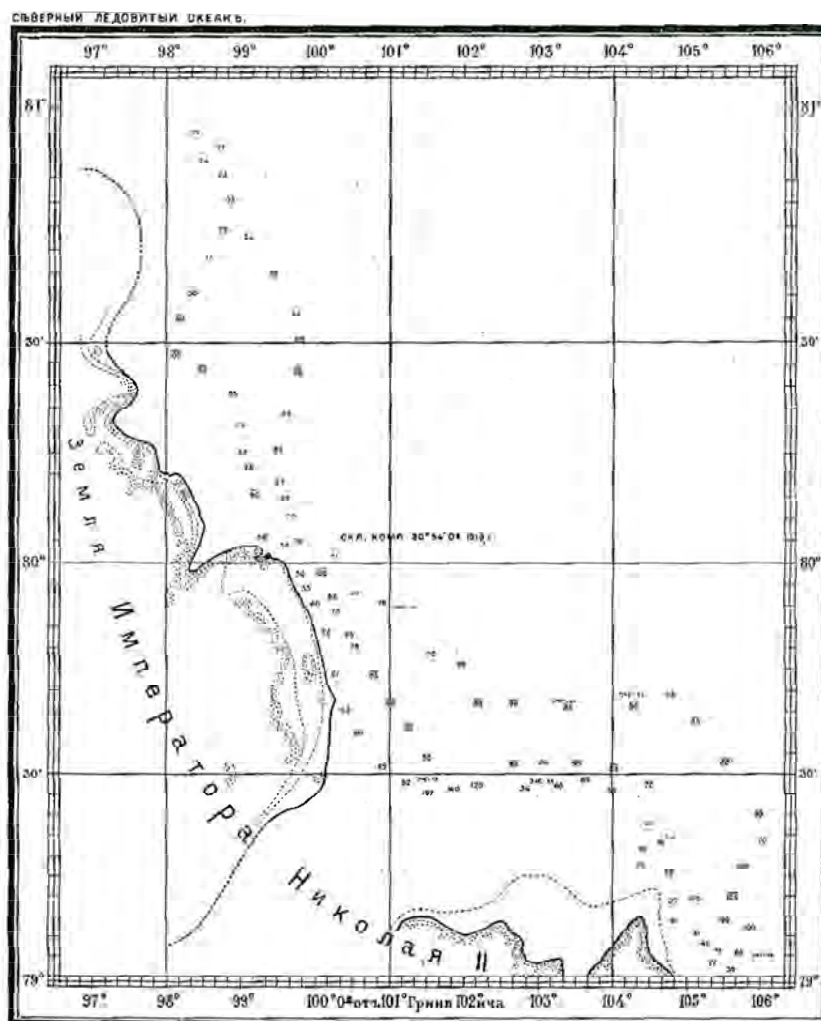
вахтенный офицер «Вайгача» лейтенант Н. И. Евгенов и доктор «Таймыра» Л. М. Старокадомский практически одновременно «при поднявшейся облачности и улучшившейся видимости неожиданно увидели справа по носу вырисовывающиеся контуры массива гористой неведомой земли». «В 6 часов пополудни 22 августа, – писал в своем отчете о плавании в 1913 г. Б. А. Вилькицкий, – я объявил собравшимся экипажам кораблей экспедиции о присоединении новооткрытой земли к владениям Его Императорского Величества и поздравил команду с открытием, после чего при криках «ура» на мачте был поднят национальный флаг. В этот день команда получила по чарке, и был сделан улучшенный ужин». В своем приказе №25 от 22.08.1913 г. начальник экспедиции отметил: «При исполнении приказа начальника Главного гидрографического управления пройти (после работ) на запад в поисках Великого Северного пути из Тихого океана в Атлантический нам удалось достигнуть мест, где еще не бывал человек, и открыть земли, о которых никто не думал. Мы установили, что вода на север от мыса Челюскина не широкий океан, как мы считали раньше, а узкий пролив. Это открытие само по себе имеет большое значение, оно объяснит многое в распределении льдов океана и даст новое направление поискам великого пути...» (рис. 4).



Рис. 4. Поднятие флага на новооткрытой земле

Участники экспедиции нарекли открытую землю именем «Тайвай», составленным из первых слогов названий судов «Таймыр» и «Вайгач». Вечером того же дня суда снялись с якорной стоянки и продолжили начатую опись, двигаясь на северо-запад. Путешественники полагали, что открыт небольшой остров, обогнув который, можно продолжить путь на запад. Однако конца и края земли не было видно. Утром 23 августа суда в широте 81° уперлись в непроходимый лед. Они не дошли до северной оконечности архипелага всего несколько миль (ее широта 81°07′). Убедившись, что полынья сомкнулась и двигаться дальше возможности нет, командиры судов решили возвращаться назад к мысу Челюскина на Таймыре.

Общее протяжение описи восточного берега новооткрытой земли составило около 180 миль (рис. 5). На обратном пути обнаружили еще один остров, получивший наименование в честь доктора экспедиции – Л. М. Старокадомского, который первым его обнаружил. 28 августа суда вошли в пролив, отделяющий открытую землю от материка. Попытки пробиться по нему на запад из-за скопления мощного льда не удалось. Учитывая ограниченный запас угля и приближающуюся полярную суровую осень, командиры судов приняли решение возвращаться к Берингову проливу. Простираение открытой земли на север и на запад осталось невыясненным, но было очевидно, что размеры её весьма значительны.



Карта первой описи Земли Императора Николая II. 1913 г.

Рис. 5. Схема плавания ГЭ СЛО в районе Северной Земли 1913 г.

На обратном пути вновь прошли через район предполагаемой Земли Санникова и снова не обнаружили ее. На пятые сутки плавания подошли к острову Беннетта в Восточно-Сибирском море и обследовали его. В 1902 г. здесь высадилась экспедиция

Э. В. Толля с целью изучения его геологического строения. Экспедицию снять с острова не удалось, и следы ее затерялись. Группа гидрографов, посланная на берег Б. А. Вилькицким, обнаружила на берегу ящики с геологическими образцами, явно принадлежавшими группе исследователей Э. В. Толля. В память об их мужестве, отваге и стойкости на острове был установлен деревянный крест с медной доской, на которой были выбиты слова: «Памяти погибших в 1902 году начальника экспедиции Эдуарда Толля, астронома Фридриха Зеберга, проводников Василия Горохова и Николая Протождякова. Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана. 5 сентября 1913 г.» Описав остров, экспедиция взяла курс на Владивосток, куда прибыла 12 ноября. За время плавания в 1913 г. суда экспедиции выполнили 5874 мили промера, измерили 5180 морских глубин, определили 5 астрономических пунктов, произвели съемку побережья на протяжении 1036 миль. На основании выполненных исследований был составлен ряд новых карт и планов.

В декабре 1913 г. офицеры экспедиции были награждены орденами. Б. А. Вилькицкий в марте 1914 г. был удостоен высокой царской милости – произведен в флигель-адъютанты, а А. П. Новопашенный – в капитаны 2 ранга. Б. А. Вилькицкий получил телеграмму от начальника Главного гидрографического управления о поздравлении всех офицеров и команд от имени Государя Императора и морского министра и от себя лично с блестящим успехом.

Известие об открытии огромного архипелага севернее Таймыра облетело весь мир. Газеты восхищались отвагой и настойчивостью русских моряков и в то же время задавались вопросом: чем же объяснить, что такой большой архипелаг был открыт только в начале XX в., когда уже казалось на Земле не осталось не открытых географических мест.

Ответ, видимо, следует искать в ледовой обстановке в этом районе. Как русские, так и иностранные мореплаватели, плавая в этих широтах, наталкивались на скопления льда и старались прижаться к материковому берегу, где лед был более проходим. Им представлялось, что севернее искать проход бесполезно из-за мощных ледовых полей. Таким образом, архипелаг оказывался все время вне маршрутов путешественников. Кроме того, в этом районе часты густые туманы, а большую часть островов закрывают ледниковые купола, сливающиеся по цвету с почти всегда пасмурным небом. Не заметил в августе 1878 г. этих островов Э. А. Норденшельд, когда на экспедиционном судне «Вега» прошел мимо мыса Челюскин. Не увидел из-за густого тумана архипелаг и знаменитый норвежский ученый и путешественник Ф. Нансен, когда в 1893 г. дрейфовал в этом районе на своем «Фраме». Весьма важен и тот факт, что «Таймыр» и «Вайгач» имели существенно лучшую проходимость во льдах, чем их предшественники.

Надо отметить, что существование большой земли севернее полуострова Таймыр, как продолжение геологических материковых структур Таймыра, предсказывали М. В. Ломоносов, П. А. Кропоткин, Э. А. Норденшельд, Э. В. Толль и другие. На навигационных картах начала XX столетия она была даже нанесена пунктиром как предполагаемый большой остров, положение которого сомнительно, но увидеть эту землю воочию удалось только в 1913 г. гидрографам ГЭ СЛЮ.

Открытие Северной Земли существенно изменило представление о географии Арктического бассейна. Исследования и картографирование архипелага, выполненные в 1930–1932 гг. экспедицией Арктического института под руководством Г. А. Ушакова, позволили открыть второй, обходной путь плавания из

Карского моря в море Лаптевых и обратно, огибающий северную оконечность открытой земли. Опись ее южного берега и ранее выполненные исследования северной части Таймырского полуострова позволили четко нанести на карту пролив, названный в 1918 г. именем Вилькицкого (до 1916 г. пролив не имел официального названия, в мае 1916 г. Указом Императора Николая II ему было присвоено наименование «пролив Цесаревича Алексея». В 1918 г. его называли «пролив Бориса Вилькицкого», а в 1954 г. уточнили – пролив Вилькицкого).

Название архипелага тоже не раз менялось. В январе 1914 г. по указу Царя землю «Тайвай» назвали «Землей Императора Николая II». После Октябрьской революции архипелаг называли Землей Республики, Землей Пахтусова, Землей братьев Лаптевых. В 1924 г. готовилось решение о присвоении архипелагу имени Ленина. Наконец, постановлением президиума ВЦИК СССР от 11 января 1926 г. архипелаг был назван Северной Землей.

Экспедиция Б. А. Вилькицкого совершила еще один подвиг. В следующем походе в 1914–1915 гг. она осуществила первый в истории северного мореплавания сквозной переход из Владивостока в Архангельск с одной 10-месячной зимовкой в Карском море к западу от мыса Челюскин.

Русская и зарубежная научная общественность высоко оценила достижения русских моряков-гидрографов, назвав их «колумбами» XX века. Ученый совет Императорского Русского Географического общества удостоил начальника экспедиции, капитана 2 ранга Б. А. Вилькицкого золотой Константиновской медали, Совет Географического общества Франции присудил ему золотую медаль «Ла-Рокет». Заслуги русской экспедиции и её начальника были отмечены и другими иностранными научными организациями и многими учеными, путешественниками и географами. Русское правительство в ноябре 1915 г. наградило всех офицеров экспедиции орденами. А нижних чинов судовых команд – медалями.

В 1915 г. в связи с Первой мировой войной ГЭ СЛО была расформирована. Офицеры экспедиции получили новые назначения. Б. А. Вилькицкий с ноября 1915 г. командовал на Балтике эсминцем «Летун». За удачную постановку минных заграждений у неприятельских берегов был награжден Георгиевским оружием. В начале 1917 г. служил дежурным офицером отделения Службы связи Балтийского флота. В 1918–1919 гг. возглавлял Гидрографическую экспедицию Западно-Сибирского района СЛО, основной задачей которой было обеспечение вывоза сибирского хлеба в европейскую часть России и ледово-лоцманские проводки. В 1920 г. эмигрировал за границу и до 1922 г. работал в Англии. В 1923–1924 гг. по приглашению российско-великобританского акционерного торгового общества (АРКОС) возглавлял 3-ю и 4-ю Карские экспедиции. В 1925 г. вернулся в Англию, позднее служил в Бельгийском Конго (Заир), руководя гидрографическими работами. Затем до конца жизни жил в Брюсселе, перебиваясь случайными заработками. Умер 6.03.1961 г. в городской католической богадельне и был похоронен на Иксельском коммунальном кладбище. В 1996 г. перезахоронен на Смоленском православном кладбище Санкт-Петербурга рядом с могилой отца и младшего брата. Его именем названы острова в заливе Терезы Клавенс (море Лаптевых, полуостров Таймыр) и пролив, соединяющий Карское море с морем Лаптевых.

П. А. Новопашенный в 1915 г. командовал на Балтике эсминцем «Десна», затем эсминцем «Константин». В 1917 г. возглавлял Службу связи Балтийского флота. В 1918 г. недолго редактировал журнал «Морской сборник». В 1919 г. эмигрировал. В

1920–1921 гг. работал в Гринвичской обсерватории, затем проживал в Германии, работал шифровальщиком в немецкой секретной службе. В 1945 г. арестован советскими контрразведчиками в Тюрингии. Умер 4.10.1950 г. предположительно в пересыльном лагере в г. Орша. Его имя носит бухта на острове Октябрьской Революции в архипелаге Северная Земля.

Архипелаг в настоящее время необитаем. Но на нем нередко работают исследовательские экспедиции, изучающие Арктику, и отсюда, как правило, отправляются группы людей и одиночки, стремящиеся покорить Северный полюс. От самого северного мыса архипелага Арктический до Северного полюса – 990,7 км. Морской путь у архипелага хорошо освоен как военными кораблями, так и транспортными судами.

ЛИТЕРАТУРА

1. История Гидрографической службы Российского флота в 4-х тт. Т.1,4. – СПб.: ГУНиО МО, 1997.
2. Вилькицкий Б. Последнее плавание и открытие экспедиции Ледовитого океана // Армия и флот. – 1914. – №10. – С. 19–29.
3. Болгурцев Б. Н., Корякин В. И. Русская Америка. Гидрографические исследования. – СПб., 2002. – 399 с.
4. РГА ВМФ, ф. 404, оп. 2, д. 1227
5. РГА ВМФ, ф. 404, оп. 1, д. 691

THE GREATEST DISCOVERY OF THE RUSSIAN MILITARY HYDROGRAPHERS (ON THE OCCASION OF THE 100-TH ANNIVERSARY OF DISCOVERY OF THE NOVAYA ZEMLYA ARCHIPELAGO)

V. I. Koryakin (Central Chart Division of the Navy)

In 1913 the Hydrographic expedition of the Arctic Ocean discovered the Novaya Zemlya archipelago. It was the last prominent geographic discovery on our planet. This feat was prepared by achievements of many generations of the explorers, seafarers and Arctic explorers. The hydrographic work of the Hydrographic expedition of the Arctic Ocean intended to open up the Northern sea route that was crowned with discovery of an unknown land is described. The reasons for the late discovery of the archipelago are given. The importance of this discovery for studies of the Arctic is emphasized.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

АГАЕВ Фахрадин Гюльали оглы,
докт. техн. н., профессор, директор института космических исследований природных ресурсов, г. Баку. Окончил Азербайджанский педагогический университет. Специализация – дистанционное зондирование и экология, область научных интересов – математика, моделирование экологических процессов, дистанционное зондирование, аэрокосмический мониторинг. Автор более 200 работ.

E-mail: agayev_tekti@mail.ru

АНДРЕЕВ Алексей Гурьевич,
генеральный директор ОАО «ПНППК», канд. экон. н. Окончил Пермский политехнический институт по специальности экономика и организация машиностроительной промышленности. Сфера научных интересов – прогрессивные технологии производства базовых элементов гироскопических систем. Автор 12 печатных работ.

E-mail: root@ppk.perm.ru

АСАДОВ Хикмент Гамид оглы,
докт. техн. н., начальник отдела НИИ аэрокосмической информатики, г. Баку. Окончил Институт нефти и химии по специальности автоматика и телемеханика. Область научных интересов – экология, дистанционное зондирование, измерительная техника, кибернетика. Автор более 200 печатных работ.

E-mail: asadzade@rambler.ru

БАЛЯСНИКОВ Сергей Борисович,
советник начальника 373 центра ВМФ, капитан I ранга в отставке, канд. техн. н., старший научный сотрудник. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – военная гидрометеорология и океанография. Автор более 40 печатных работ.

Тел.: +7(812)274-71-33

Fakhraddin G. AGAYEV,
Director, Institute of Space Investigations for Natural Resources, DSc, professor. Graduated from Azerbaijan Pedagogical University, majoring in remote sensing and ecology. Sphere of scientific interests: mathematics, ecology processes modeling, remote sensing, aerospace monitoring. Author of more than 200 publications.

E-mail: agayev_tekti@mail.ru

Alexei G. ANDREYEV,
Director General, «Perm Device Engineering Company» OJSC, CandSc. Graduated from Perm Polytechnical Institute, majoring in economy and organization of machine-building industry. Sphere of scientific interests: advanced production technologies for base elements of gyroscopic systems. Author of 12 publications.

E-mail: root@ppk.perm.ru

Hikment G. ASADOV,
Chief of section, Research Institute of Aerospace Informatics, DSc. Graduated from the Institute of Oil and Chemistry, majoring in automatics and telemechanics. Sphere of scientific interests: ecology, remote sensing, measurement technology, cybernetics. Author of more than 200 publications.

E-mail: asadzade@rambler.ru

Sergei B. BALLYASNIKOV,
Councillor of the Chief of the 373 Navy Centre, senior researcher, CandSc, Captain I Rank (Ret.). Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute and N.G. Kuznetsov Naval Academy. Speciality: military hydrometeorology and oceanography. Author of more than 40 publications.

Tel.: +7(812)274-71-33

БИДЕНКО Сергей Иванович,

ведущий научный сотрудник управления научных исследований в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, докт. техн. н., профессор. Окончил ВВМУРЭ (ВМИРЭ) им. А. С. Попова, специализация – автоматизированные системы управления. Область научных интересов – гео моделирование территориальных систем. Автор более 200 печатных работ.

E-mail: rector@sut.ru

БРОДСКИЙ Павел Григорьевич,

начальник центра инновационных исследований ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в запасе, докт. воен. н., профессор. Окончил Каспийское ВВМУ и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация: штурман. Автор более 100 печатных трудов.

Тел.: +7(812)327-99-24

ГАЛКИН Илья Алексеевич,

доцент кафедры навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения Военного института (военно-морской) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», канд. техн. н., капитан-лейтенант. Окончил Санкт-Петербургский Военно-морской институт. Специализация – гидрометеорология. Автор 25 научных трудов.

E-mail: ilyaalgalkin@gmail.com

ГОЛЯКОВ Алексей Дмитриевич,

профессор Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского, докт. техн. н., профессор. Окончил Военно-космическую академию им. А. Ф. Можайского. Специализация – навигация и безопасность. Автор более 120 печатных работ.

E-mail: algol49@narod.ru

ГУЛИЕВ Фалах Фахраддин оглы,

диссертант Национального аэрокосмического агентства. Окончил Государственный институт управления. Специализация – экологические системы, использование систем дистанционного зондирования в экологических целях. Область научных интересов – математика, моделирование экологических систем, теория управления. Автор более 20 печатных работ.

E-mail: falakh2005@rambler.ru

Sergei I. BIDENKO,

Leading researcher, department of research at Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, DSc, professor. Graduated from Popov Naval College of Radioelectronics. Speciality: automated control systems. Sphere of scientific interests: geomodelling of territorial systems. Author of more than 200 publications.

E-mail: rector@sut.ru

Pavel G. BRODSKY,

Director of Centre of Innovation Research, «GNINGI» OJSC, Captain 1-st rank (Ret.), DSc, professor. Graduated from Caspian Naval College and Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigation. Author of more than 100 publications.

Tel.: +7(812)327-99-24

Piya A. GALKIN,

Reader of the chair for navigation-hydrographic and hydrometeorological support, the Military Institute, the Navy Military Educational and Scientific Centre («The N.G. Kuznetsov Naval Academy»), CandSc, lieutenant-commander. Graduated from St. Petersburg Naval College. Speciality: hydrometeorology. Author of 25 scientific publications.

E-mail: ilyaalgalkin@gmail.com

Aleksey D. GOLYAKOV,

Professor at the Mozhaisky Military-Space Academy, professor, DSc. Speciality – navigation and safety. Graduated from the Mozhaisky Military-Space Academy. Author of more than 120 publications.

E-mail: algol49@narod.ru

Falakh F. GULIEV,

Doing research for dissertation at National Aerospace Agency. Graduated from State Institute of Management, majoring in ecology systems, use of remote sensing systems for ecology. Sphere of scientific interests: mathematics, ecology systems modeling, theory of management. Author of more than 200 publications.

E-mail: falakh2005@rambler.ru

ГУЛЯЕВ Олег Анатольевич,

генеральный директор ОАО «Ремвооружение» и ОАО «Спецремонт». Окончил Харьковский авиационный институт им. Н. Е. Жуковского. Специальность – инженер-механик. Автор 15 печатных работ.

E-mail: rv@voenrem.ru

ДИКИНИС Александр Владиславович,

заведующий кафедрой динамики атмосферы и космического землеведения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ), канд. геогр. н., доцент. Окончил Российский государственный гидрометеорологический университет. Специализация – метеорология. Автор 47 печатных работ.

E-mail: adikinis@mail.ru

ЕРМАКОВ Владимир Сергеевич,

исполнительный директор ОАО «ПНППК» – первый заместитель генерального директора – главный конструктор, канд. техн. н. Окончил Пермский политехнический институт по специальности – гироскопические приборы и устройства. Сфера научных интересов – прогрессивные технологии производства базовых элементов гироскопических систем. Автор девяти печатных работ.

E-mail: root@ppk.perm.ru

ЖУКОВ Юрий Николаевич,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», докт. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – гидрометеорология. Автор более 70 печатных трудов.

Тел.: +7(812)322-63-39

ИВАНОВ Максим Эдуардович,

преподаватель кафедры навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения Военного института (военно-морской) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», канд. техн. н., капитан-лейтенант. Окончил Санкт-Петербургский Военно-морской институт, специализация – гидрометеорология. Автор 23 печатных работ.

E-mail: myles@yandex.ru

Oleg A. GULYAEV,

Director general «Remvooruzheniye» JSC and «Spetsremont» JSC. Graduated from Kharkov Aviation Institute. Speciality: engineer-mechanic. Author of 15 publications.

E-mail: rv@voenrem.ru

Alexander V. DIKINIS,

Head of the chair for atmosphere dynamics and space physical geography, the Russian State Hydrometeorological University, CandSc, reader. Graduated from the Russian State Hydrometeorological University. Speciality: meteorology. Author of 47 scientific publications.

E-mail: adikinis@mail.ru

Vladimir S. YERMAKOV,

Executive Director, «Perm Device Engineering Company» OJSC – First Deputy Director General, Chief designer, CandSc. Graduated from Perm Polytechnical Institute, majoring in gyroscopic devices. Sphere of scientific interests: advanced production technologies for base elements of gyroscopic systems. Author of nine publications.

E-mail: root@ppk.perm.ru

Yuri N. ZHUKOV,

Leading researcher, «GNINGI» OJSC, DSc. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute. Speciality: hydrometeorology. Author of more than 70 publications.

Tel.: +7(812)322-63-39

Maxim E. IVANOV,

Teacher at the chair for navigation-hydrographic and hydrometeorological support, the Military Institute, the Navy Military Educational and Scientific Centre («The N.G. Kuznetsov Naval Academy»), CandSc, lieutenant-commander. Graduated from St. Petersburg Naval College. Speciality: hydrometeorology. Author of 23 scientific publications.

E-mail: myles@yandex.ru

КАГАН Борис Абрамович,
заведующий лабораторией Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, докт. физ.-мат. н., профессор. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Автор 293 печатных работ.

E-mail: kagan@ioras.nw.ru

КАРТАШЕВ Евгений Ноевич,
начальник сектора общесистемного программного и аппаратного обеспечения ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», канд. техн. н. Окончил Ленинградский институт точной механики и оптики. Специализация – информационные технологии. Автор 45 печатных трудов.

E-mail: kartashev_en@eprib.ru

КОЛЫШЕВ Николай Анатольевич,
ведущий инженер 373 центра ВМФ, капитан 1 ранга в отставке, канд. техн. н., старший научный сотрудник. Окончил Высшее военноморское училище им. М. В. Фрунзе, Высшие гидрографические классы ВМФ, Военноморскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – военная гидрография. Автор более 50 печатных работ.

Тел.: +7(812)274-71-33

КОРЯКИН Виталий Иванович,
старший редактор морских карт Центрального картографического производства ВМФ, капитан 1 ранга в отставке. Окончил Балтийское высшее военноморское училище и Военноморскую академию. Специальность – военный инженер-гидрограф. Автор 90 печатных работ.

E-mail: vitkoryakin@yandex.ru

КРАСОВСКИЙ Владимир Сергеевич,
начальник группы защиты интеллектуальной собственности и лицензирования ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», капитан 2 ранга запаса, канд. техн. н., доцент. Окончил Высшее военноморское училище им. М. В. Фрунзе и 6 Высшие офицерские классы ВМФ. Специализация – навигация, интеллектуальная собственность. Автор 42 печатных трудов.

E-mail: marketing@eprib.ru

Boris A. KAGAN,
Head of laboratory, Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, DSc, professor. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute. Author of 293 publications.

E-mail: kagan@ioras.nw.ru

Evgeny N. KARTASHEV,
Chief of the software and hardware support sector, «Concern» CRI «Electropribor» JSC, CandSc. Graduated from Leningrad Institute of Fine Mechanics and Optics, majoring in information technologies. Author of 45 publications.

E-mail: kartashev_en@eprib.ru

Nicolai A. KOLYSHEV,
Leading engineer, the 373 Navy Centre, senior researcher, CandSc, Captain I Rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College, the Higher Hydrographic Classes of the Navy, N. G. Kuznetsov Naval Academy. Speciality: military hydrography. Author of more than 50 publications.

Tel.: +7(812)274-71-33

Vitaly I. KORYAKIN,
Editor-in-chief of marine charts, Central Chart Division of the Navy. Captain 1-st Rank (Ret). Graduated from Baltic Naval College and the Naval Academy. Speciality: military engineer-hydrographer. Author of 90 publications.

E-mail: vitkoryakin@yandex.ru

Vladimir S. KRASOVSKY,
Chief of the group for protection of intellectual property rights and licensing, «Concern» CRI «Electropribor» JSC, CandSc, reader, Captain II Rank (Ret). Graduated from Frunze Naval College and the Navy Higher Special Officers' Classes. Speciality: navigation, intellectual property. Author of 42 publications.

E-mail: marketing@eprib.ru

КУЗЬМИН Вадим Александрович,
заведующий кафедрой гидрогеологии и
геодезии федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Российский государственный
гидрометеорологический университет»
(РГГМУ), докт. техн. н. Окончил Российский
государственный гидрометеорологический
университет. Специализация – гидрология
суши. Автор 60 печатных работ.
E-mail: vknoaa@hotmail.com

КУРСИН Сергей Борисович,
генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»,
канд. техн. н., капитан 1 ранга в запасе.
Окончил Каспийское высшее военно-морское
училище им. С. М. Кирова, Военно-морскую
академию им. Н. Г. Кузнецова. Область
научных интересов – навигация. Автор более 26
печатных работ.
E-mail: gd@gningi.com

ЛЕВИТ Григорий Абрамович,
старший научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ»,
канд. техн. наук. Окончил Ленинградский
Электротехнический институт им. Ульянова
(Ленина) по специальности: «Приборы
гироскопической стабилизации». Сфера
научных интересов – гироскопические
навигационные системы. Автор 80 печатных
работ.
E-mail: gregory.levitt@mail.ru

ЛИТВИНОВ Геннадий Дмитриевич,
ведущий научный сотрудник НИИ оперативно-
стратегических исследований строительства
ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА», канд. техн. н.,
почётный работник науки и техники РФ.
Окончил высшее военно-морское училище
радиоэлектроники (ВВМУРЭ) им. А. С. Попова,
Военно-морскую академию. Автор 96 печатных
работ.
E-mail: vunc-vmf-4fil@mail.ru

ЛОБАНОВ Андрей Александрович,
Старший научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ».
Окончил Высшее военно-морское училище
подводного плавания им. Ленинского
комсомола и Военно-морскую академию
им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – штурман.
Соавтор шести научных работ.
E-mail: Lob72@mail.ru

Vadim A. KUZMIN,
Head of the chair for hydrogeology and geodesy,
the State Hydrometeorological University, DSc.
Graduated from the Russian State
Hydrometeorological University. Speciality:
hydrology of land. Author of 60 scientific
publications.
E-mail: vknoaa@hotmail.com

Sergei B. KURSIN,
Director general, «GNINGI» OJSC, CandSc,
capitan 1-st rank (Ret.). Graduated from Kirov
Caspian Naval College, Kuznetsov Naval Academy.
Sphere of scientific interests: navigation. Author of
26 publications.
E-mail: gd@gningi.com

Gregory A. LEVITT,
Senior researcher, «GNINGI» OJSC, CandSc.
Graduated from Leningrad Electrotechnical
Institute, majoring in devices for gyroscopic
stabilization. Sphere of scientific interests:
gyroscopic navigation systems. Author of 80
publications.
E-mail: gregory.levitt@mail.ru

Gennady D. LITVINOV,
Leading researcher of the Research Institute of the
Operative-Strategic Investigations for the Navy
Construction, the Military Educational Scientific
Centre of the Navy, N. G. Kuznetsov Naval
Academy, CandSc. Graduated from Popov Naval
College of Radioelectronics and the Naval
Academy. Author of 96 scientific publications.
E-mail: vunc-vmf-4fil@mail.ru

Andrei A. LOBANOV,
Senior researcher, «GNINGI» OJSC. Speciality:
navigation. Graduated from Naval College of
Submerged Sailing and N. G. Kuznetsov Naval
Academy. Speciality: navigator. Co-author of six
publications.
E-mail: Lob72@mail.ru

МАФТЕР Михаил Борисович,
начальник КБ морской техники ОАО
«ПНППК», канд. техн. н. Окончил Московский
авиационный институт по специальности
гироскопические приборы и устройства. Сфера
научных интересов – бесплатформенные
инерциальные навигационные системы на
волоконно-оптических гироскопах. Автор 30
печатных работ.

E-mail: root@ppk.perm.ru

МИРОНЕНКО Александр Анатольевич,
доцент кафедры судовождения ФГОУ ВПО
ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, канд. техн. н.
Окончил Новороссийскую государственную
морскую академию. Специализация –
судовождение. Автор 50 печатных работ.

E-mail: alex_mironenko@mail.ru

РАШИДИ Эбрагим Хесари Акбар,
аспирант федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Российский государственный
гидрометеорологический университет»
(РГГМУ). Окончил Tarbiat Modares University
(The Islamic Republic of Iran), Marine Physics.
Автор двух печатных работ.

E-mail: akbarrashidi@gmail.com

СМИРНОВ Михаил Юрьевич,
начальник отдела ОАО «ГНИНГИ». Окончил
Высшее военно-морское училище
им. М. В. Фрунзе по специальности –
штурманская кораблей. Сфера научных
интересов – навигационные комплексы
надводных кораблей. Автор шести печатных
работ.

E-mail: smirnov68@vk.ru

СОЛНЦЕВ Александр Николаевич,
Помощник директора по производству ОАО
«780 РЗ ТСК», канд. техн. наук. Окончил
Калининградское высшее военно-морское
училище. Область научных интересов –
гидрография, информационное обеспечение
технического обслуживания. Автор 14 печатных
работ.

E-mail: solncev58@mail.ru

Mikhail B. MAFTER,

Chief of Design Bureau for marine technology,
«Perm Device Engineering Company» OJSC,
CandSc. Graduated from Moscow Aviation
Institute, majoring in gyrosopic devices. Sphere of
scientific interests: strap-down inertial navigation
systems based on fiber-optic gyroscopes. Author of
30 publications.

E-mail: root@ppk.perm.ru

Alexander A. MIRONENKO,

Reader of the State Maritime University,
department of ship navigation, CandSc, reader.
Graduated from Novorossiysk State Maritime
Academy. Speciality: ship navigation. Author of
about 50 publications.

E-mail: alex_mironenko@mail.ru

Ebrahim H. A. RASHIDI,

Post-graduate student, The Russian State
Hydrometeorological University. Graduated from
Tarbiat Modares University (The Islamic Republic
of Iran), majoring in marine physics. Author of two
publications.

E-mail: akbarrashidi@gmail.com

Mikhail Y. SMIRNOV,

Chief of division, «GNINGI» OJSC. Graduated
from Frunze Naval College, majoring in ship
navigation. Sphere of scientific interests: navigation
systems of surface ships. Author of six publications.

E-mail: smirnov68@vk.ru

Alexander N. SOLNTSEV,

Deputy Director, «780 Navigation Technical Means
Repair Plant» OJSC, CandSc. Graduated from
Kaliningrad Naval College. Speciality: navigation.
Sphere of scientific interests: hydrography,
information support for technical maintenance.
Author of 14 publications.

E-mail: solncev58@mail.ru

СОФБИНА Екатерина Владимировна, старший научный сотрудник, доцент Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, канд. физ-мат. н. Окончила Российский государственный гидрометеорологический университет. Автор 11 печатных работ.

E-mail: sofjina_k@mail.ru

СТАВРОВ Константин Георгиевич, начальник научно-исследовательского океанографического центра ОАО «ГНИНГИ», докт. техн. н. Окончил Ленинградский государственный университет. Область научных интересов – геофизические исследования, экологический мониторинг. Автор более 100 печатных трудов.

E-mail: stavrov@gningi.ru

СТРУК Владимир Константинович, заместитель генерального директора ОАО «ПНППК» по науке, канд. экон. н. Окончил Уральский политехнический институт по специальности радиотехника. Сфера научных интересов – бесплатформенные инерциальные навигационные системы на волоконно-оптических гироскопах. Автор двух печатных работ.

E-mail: root@ppk.perm.ru

СУРКОВ Александр Георгиевич, программист федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ). Окончил Российский государственный гидрометеорологический университет. Специализация – гидрология суши. Автор десяти печатных работ.

E-mail: asurkov@mail.ru

ТРАВИН Сергей Викторович, исполнительный директор ОАО «ГНИНГИ», канд. техн. н., доцент, капитан 2 ранга в запасе Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе по специальности гидрография, Санкт-Петербургский университет экономики и финансов по специальности финансы и кредит. Автор более 53 печатных работ, включая монографию.

E-mail: travin.s@mail.ru

E-mail: travin.s@mail.ru

Ecaterina V. SOFINA, Senior researcher, reader, Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, CandSc. Graduated from the Russian State Hydrometeorological University. Author of 11 publications.

E-mail: sofjina_k@mail.ru

Konstantin G. STAVROV, Chief of Research OcéCentre, «GNINGI» OJSC. Graduated from Leningrad State University. Sphere of scientific interests: geophysical investigations, ecology monitoring. Author of more than 100 publications.

E-mail: stavrov@gningi.ru

Vladimir K. STRUK, Deputy Director (Science) of Director General, «Perm Device Engineering Company» OJSC, CandSc. Graduated from Ural Polytechnical Institute, majoring in radio engineering. Sphere of scientific interests: strap-down inertial navigation systems based on fiber-optic gyroscopes. Author of two publications.

E-mail: root@ppk.perm.ru

Alexander G. SURKOV, Programmer, the Russian State Hydrometeorological University. Graduated from the Russian State Hydrometeorological University. Speciality: hydrology of land. Author of 10 scientific publications.

E-mail: asurkov@mail.ru

Sergei V. TRAVIN, Executive Director, «GNINGI» OJSC, CandSc, reader, Captain 2 Rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College and St. Petersburg State University of Economics and Finances. Speciality: hydrography; finances and credit. Author of more than 53 publications, including one monograph.

E-mail: travin.s@mail.ru

ФОМИНОВ Иван Владимирович,

докторант Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского, канд. техн. н. Военно-космическую академию им. А. Ф. Можайского. Специализация – адаптивные информационно-измерительные системы. Автор 12 печатных работ.

E-mail: vka@mail.ru

ШИЛОВ Дмитрий Владимирович,

младший научный сотрудник федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ). Окончил Российский государственный гидрометеорологический университет. Специализация – гидрология суши. Автор 14 печатных работ.

E-mail: shilovd@mail.ru

Ivan V. FOMINOV,

Doing research for the doctor's degree at the Mozhaisky Military-Space Academy, CandSc. Graduated from the A.F. Mozhaisky Military-Space Academy. Specialization: adaptive information-measuring systems. Author of more than 12 publications.

E-mail: vka@mail.ru.

Dmitry V. SHILOV,

Junior researcher, the Russian State Hydrometeorological University. Graduated from the Russian State Hydrometeorological University. Speciality: hydrology of land. Author of 14 scientific publications.

E-mail: shilovd@mail.ru

РЕФЕРАТЫ

УДК 656.6:551.48

О современной технической политике в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности и ее реализации в планах инновационного развития ОАО «ГНИНГИ». О. А. Гуляев, С. Б. Курсин, С. В. Травин – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 9–14.

Изложены современные подходы к уточнению технической политики в области НГО морской деятельности и основные направления их реализации в планах и программе инновационного развития ОАО «ГНИНГИ», рассмотрены современные формы научно-производственной кооперации. Определен инновационный путь развития института и подчиненных предприятий навигационного приборостроения, обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: Навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО) морской деятельности; предприятия навигационного приборостроения, обслуживания и ремонта; техническая политика, морские средства навигации и океанографии; инновационное развитие; программа инновационного развития; технологическая платформа; кластер.

УДК 656.6:551.48

Реализация концепции информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий (ИПИ) как один из приоритетов современной технической политики в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. П. Г. Бродский, Г. Д. Литвинов, А. А. Лобанов – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 15–21.

В статье изложены современные взгляды по путям развития технической политики в области НГО морской деятельности на основе использования концепции информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий, как научного инструмента технологической модернизации процессов обоснования и сопровождения на всех фазах жизненного цикла высокотехнологичных систем. Приведены данные об использовании и эффективности CALS-технологии в оборонном комплексе США. Предложено внедрение ИПИ в деятельность ОАО «ГНИНГИ» для создания нового научно-производственного кластера в структуре субхолдинга ОАО «Ремвооружение».

Ключевые слова: Навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО); морская деятельность; техническая политика, технологическая модернизация; морские средства навигации и океанографии; CALS-технологии; ИПИ-концепция; интегрированная информационная среда; инновационное развитие.

УДК 656.6

Бесплатформенная модификация морской интегрированной малогабаритной системы навигации и стабилизации «Кама-НС». А. Г. Андреев, В. С. Ермаков, В. К. Струк, М. Б. Мафтер, Г. А. Левит, М. Ю. Смирнов – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 22–27.

Описаны состав и технические характеристики первой отечественной бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) на волоконно-оптических гироскопах. Приведены результаты её испытаний на корабле. По массогабаритным характеристикам и потребляемой мощности, а также по ряду точностных параметров эта БИНС имеет преимущества по сравнению с используемой на флоте Морской интегрированной малогабаритной системой навигации и стабилизации «Кама-НС».

Ключевые слова: Бесплатформенная инерциальная навигационная система, волоконно-оптический гироскоп, автономный и наблюдательный режимы работы, результаты типовых испытаний.

УДК 62.192

Методические основы анализа рисков адаптивных информационно-измерительных навигационных систем. А. Д. Голяков, И. В. Фоминов – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 28–34.

Приведены методические основы анализа рисков применительно к адаптивным информационно-измерительным системам, которые используются для решения задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. Рассмотрены достоинства и недостатки качественных и количественных методов, которые могут найти применение при анализе рисков адаптивных информационно-измерительных навигационных систем.

Ключевые слова: Навигационно-гидрографическое обеспечение, адаптивные информационно-измерительные системы, риск, методы анализа риска.

УДК 656.61.052.4:629.12.014.6

Градиентная модель программного движения судна. А. А. Мироненко – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 35–42.

Рассмотрен новый подход к заданию маршрута движения судна в стесненных условиях плавания. Предлагаемая модель может найти применение при разработке математического обеспечения современных навигационных комплексов, лоцманских планшетов, обучающих тренажерных комплексов судоводителей.

Ключевые слова: Модель программного движения, сигмоида, градиент.

УДК 629.12

О едином информационном пространстве в судостроительной отрасли. Е. Н. Карташев, В. С. Красовский – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 43–47.

Широкое внедрение информационных технологий является важнейшей составляющей инновационного развития предприятий, разрабатывающих наукоемкие изделия. Рассмотрены состояние и проблемы использования специализированных программных продуктов для автоматизации процессов проектирования и производства изделий (на примере ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»). Показаны организационные предпосылки и технические условия, определяющие возможность создания единого информационного пространства в судостроительной отрасли, предложены общие принципы его формирования.

Ключевые слова: Информационные и коммуникационные технологии, электронный документооборот, специализированные программные продукты, автоматизация процессов проектирования и производства, единое информационное пространство, приборостроительные и судостроительные предприятия.

УДК 356:656.052.1

Информационная поддержка (обеспечение) технической готовности морских средств навигации в условиях перехода к новому облику вооруженных сил российской федерации. С. В. Травин, А. Н. Солнцев, С. И. Биденко – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 48–55.

Анализируются направления информационного обеспечения функционирования системы технического обслуживания и ремонта морских средств навигации.

Ключевые слова: Организация сервисного обслуживания морских средств навигации, система технического обслуживания и ремонта.

УДК 528.92

Метод выявления репрезентативных критических точек земной поверхности. Ю. Н. Жуков – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 56–64.

В статье излагается метод оценки репрезентативности (значимости) критических точек рельефа. Метод основан на представлении гладкой непрерывной поверхности рельефа дна деревом Кронрода-Риба.

Ключевые слова: Поверхность рельефа, дерево Кронрода-Риба, значимость критических точек.

УДК 528.92

Метод вычисления основных форм поверхности рельефа Земли. Ю. Н. Жуков – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 65–74.

В статье излагается метод оценки основных форм рельефа. Метод основан на параметризации гладкой поверхности кривизной, учитывает формат данных, описывающих поверхность рельефа.

Ключевые слова: Поверхность рельефа, кривизна поверхности, индекс формы, искривленность.

УДК 551.446.7

Область влияния белого моря в задаче о динамике приливов в соседних окраинных морях. Б. А. Каган, Е. В. Софьина, Э. Х. А. Рашиди – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 75–78.

Приводятся результаты расчета усредненной (за приливный цикл) средней квадратической абсолютной разности приливных колебаний уровня в окраинных морях Северо-Европейского бассейна с Белым морем и без Белого моря. Если эту разность отождествлять со средней квадратической абсолютной векторной ошибкой расчета приливных колебаний уровня, полученной в рамках той же модели в Баренцевом море, то область влияния Белого моря на приливы в соседних окраинных морях распространяется только на некоторую окрестность открытой границы Белого моря, включающую, главным образом, так называемое Печорское море.

Ключевые слова: Моделирование, область влияния Белого моря, приливы, Печорское море.

УДК 556.11

Особенности влияния метеорологических параметров на сбалансированность морских экосистем и на результат измерения солености морской воды. Ф. Г. Агаев, Ф. Ф. Гулиев, Х. Г. Асадов – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 79–85.

Предложен новый показатель сбалансированности глобального гидрологического и биохимического цикла. Показаны условия достижения предложенным показателем его максимальной величины. Проанализировано влияние ветра на точность измерения солености морской поверхности. Показано, что влияние ветра двояко: с одной стороны, с ростом скорости ветра увеличивается яркостная температура поверхности моря; с другой – с ростом скорости ветра уменьшается температура морской поверхности (SST). Показано, что при использовании известных диаграмм (соленость морской поверхности (SSS), температура морской поверхности (SST), яркостная температура) возможна взаимная компенсация влияния разнополярных приращений SST и яркостной температуры на результаты измерений солености морской воды.

Ключевые слова: Экосистема, соленость морской поверхности, измерения, эвапорация, климатические модели.

УДК 556.11

Автоматизированная поддержка принятия решений на основе ансамблевых гидрометеорологических прогнозов. А. В. Дикинис, И. А. Галкин, В. А. Кузьмин, А. Г. Сурков, Д. В. Шилов – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 85–90.

Рассмотрена новая технология автоматизированной поддержки принятия решений по обеспечению безопасности и эффективности функционирования морских судов и береговой инфраструктуры морского транспорта и, в частности, морских портов на основе ансамблевых гидрометеорологических прогнозов. Эта технология является замыкающим элементом автоматизированных систем специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения морского транспорта.

Ключевые слова: Специализированное гидрометеорологическое и экологическое обеспечение, технология автоматизированной поддержки принятия решений, морской порт, морской транспорт, загрязнение воды и воздуха, береговая инфраструктура, ансамблевые прогнозы, статистическое управление процессами.

УДК 556.11

Специализированное гидрометеорологическое и экологическое обеспечение морских портов. А. В. Дикинис, М. Э. Иванов, В. А. Кузьмин, Д. В. Шилов – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 91–96.

Рассмотрены концепция и основные принципы специализированного гидрометеорологического и экологического обеспечения морских портов, направленного на устойчивое развитие морского транспорта на основе уменьшения его гидрометеорологической уязвимости, повышения его технологического потенциала, а также снижения экологической нагрузки со стороны морских перевозок на окружающую среду.

Ключевые слова: Концепция, специализированное гидрометеорологическое и экологическое обеспечение, морской порт, загрязнение воды и воздуха, морской транспорт, береговая инфраструктура, статистическое управление процессами, поддержка принятия решений.

УДК 551.46

Научно-исследовательский океанографический центр государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института. К. Г. Ставров, Н. А. Кольшев, С. Б. Балясников – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 97–102.

Статья посвящается итогам деятельности Научно-исследовательского океанографического центра Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института с момента создания 525 НИОЦ МО в 1972 г. по настоящее время.

Ключевые слова: Банк океанографических данных, гидрографическая съемка, гидрометеорологическое обеспечение.

УДК 551.48

Крупнейшее открытие русских военных гидрографов (к 100-летию открытия архипелага северная земля). В. И. Корякин – Навигация и гидрография. – 2012. – №34. – С. 103–115.

В 1913 г. Гидрографической экспедицией Северного Ледовитого океана (ГЭ СЛО) открыт архипелаг Северная Земля, что стало последним крупным географическим открытием на нашей планете. Этот подвиг был подготовлен достижениями многих поколений землепроходцев, мореплавателей и исследователей Арктики. Повествуется о гидрографических работах ГЭ СЛО по освоению Северного морского пути, венцом которых стало обнаружение неизвестной земли. Объясняются причины позднего обнаружения архипелага и подчеркивается важность этого открытия для познания Арктики.

Ключевые слова: ГЭ СЛО, гидрография, исследование, ледовая обстановка, ледокольные суда, погодные условия, северные моря, промер, картографирование, съемка.

ABSTRACTS

On the Current Technical Policy in the Sphere of Navigation-Hydrographic Support for the Maritime Activities and its Implementation in the Plans of Innovation Development of “GNINGI” OJSC. O. A. Gulyaev, S. B. Kursin, S. V. Travin – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 9–14.

The current views on specifying the technical policy in the sphere of navigation-hydrographic support for the maritime activities and the main directions of their implementation in the plans and program of “GNINGI” OJSC innovation development are presented. The present-day forms of scientific-production cooperation are considered. The innovation way of development for the Institute and subordinate enterprises of navigation device engineering, maintenance and repair is determined.

Key words: navigation-hydrographic support for the maritime activities, enterprises of navigation device engineering, maintenance and repair, technical policy, marine aids to navigation and oceanography, innovation development, innovation development program, technological platform, cluster.

Implementation of Information Support for Processes of Life Cycle of Products (ISP) as One of the Priorities for Current Technical Policy in the Area of Navigation-Hydrographic Support for Maritime Activities. P. G. Brodsky, G. D. Litvinov, A. A. Lobanov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 15–21.

The current views on the development ways for technical policy in the area of navigation-hydrographic support for maritime activities based on the concept of information support for processes of life cycle of products as a scientific tool for technological modernization of substantiation and following the processes at all life-cycle stages of high-tech systems are presented. The data on employment and effectiveness of CALS-technology in the US defense complex are given. The implementation of ISP in the “GNINGI” OJSC activities intended to create a novel scientific-production cluster in the structure of “Remvooruzheniye” JSC subholding is suggested.

Key words: navigation-hydrographic support, maritime activities, technical policy, technological modernization, marine aids to navigation and oceanography, CALS-technology, ISP-concept, integrated information medium, innovation development.

Strap-down Modification of the Marine Integrated Small-size Navigation and Stabilization System “Kama-NS” A.G. Andreyev, V.S. Yermakov, V.K. Struk, M.B. Mafter, G.A. Levitt, M.Y. Smirnov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 22–27.

The composition and technical characteristics of the first domestic strap-down inertial navigation system based on the fiber-optic gyroscopes are described. The results of its shipboard tests are presented. By the characteristics of mass, dimensions and power consumption as well as some accuracy parameters, this system has advantages over the Marine integrated small-size navigation and stabilization system “Kama-NS” currently used in the Navy.

Key words: strap-down inertial navigation system, fiber-optic gyroscope, autonomous and observational modes of operation, results of type tests.

The Methodological Basis of the Analysis of Risks for Adaptive Information-measuring Navigation Systems. A. D. Golyakov, I. V. Fominov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 28–34.

The methodological foundations of risk analysis as applied to adaptive information-measuring systems that are used to solve the problems of navigation-hydrographic support for maritime activities are presented. The advantages and disadvantages of qualitative and quantitative methods which can find application in the analysis of risks of adaptive information-measuring navigation systems are considered.

Key words: navigation-hydrographic support, adaptive information-measuring systems, risk, methods of risk analysis.

The Gradient Model of the Programmed Vessel's Movement. A. A. Mironenko – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 35–42.

A new approach to setting the vessel's route for sailing under the congested navigation conditions is considered. The suggested model can be applied when developing the mathematical software for the present-day navigation complexes, pilot's plotting sheets, training simulators for ship navigators.

Key words: model of programmed movement, sigmoid, gradient.

On Unified Information Space in Shipbuilding Branch. E. N. Kartashev, V. S. Krasovsky – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 43–47.

The extensive introduction of information technologies is the most important component of innovation development of the enterprises designing the science-intensive products. The state and problems of using the specialized program products intended to automate the design processes and production of products (using the "Concern" CRI "Electropribor" JSC as an example) are considered. The organizational prerequisites and technical conditions determining the possibilities to create the unified information space in the shipbuilding branch are presented; the general principles of its formation are suggested.

Key words: information and communication technologies, electronic document exchange, specialized program products, automation of design and production processes, unified information space, device-building and shipbuilding enterprises.

Information Support for Technical Readiness of Marine Aids to Navigation in the Conditions of Transition to the New Aspect of the RF Armed Forces. S. V. Travin, A. N. Solntsev, S. I. Bidenko – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 48–55.

The directions of information support for operation of the technical maintenance and repairs system of the marine aids to navigation are presented.

Key words: organization of service support for marine aids to navigation, system of technical maintenance and repairs.

Method of Finding the Representative Critical Points for the Earth's Surface. Y. N. Zhukov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 56–64.

The method of estimating the representativeness (significance) for the critical points of the relief is presented. The method is based on presenting the smooth continuous surface of the bottom relief by means of Kronrod-Reeb tree.

Key words: surface of relief, Kronrod-Reeb tree, significance of the critical points.

Method of Calculating the Main Forms of the Earth's Relief Surface. Y. N. Zhukov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 65–74.

The method used to estimate the main forms of the relief is presented. The method is based on parametrization of the smooth surface by means of curvature. It takes the format of data describing the surface of relief into account.

Key words: surface of relief, curvature of surface, curviness, index of form.

The Influence Domain of the White Sea in the Tidal Dynamics Problem in Adjacent Seas. B. A. Kagan, E. V. Sofina, E. H. A. Rashidi – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 75–78.

Calculation results for the averaged (over tidal cycle) root mean square (rms) absolute difference between tidal elevations in marginal seas of the North-European basin with and without the White Sea are presented. If this difference is identical to the rms absolute vector error in predicted tidal elevations found in the frames of the same model in the Barents Sea, the influence domain of the White Sea extends for some vicinity of the open boundary of the White Sea only, including the so-called Pechora Sea.

Key words: modeling, the domain of influence of the White Sea, tides, the Pechora Sea.

Features of Effect of Meteorological Parameters on Balanced Condition of Maritime Ecosystems and Results of Sea Surface Salinity Measurements. F. G. Agayev, F. F. Guliyev, H. H. Asadov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 79–85.

The new parameter representing the balance between the global hydrological and biochemical cycles is suggested. The conditions at which this parameter reaches its maximum value are found. The effect of wind on accuracy of SSS measurements is analyzed. It is shown that the effect of wind has a double feature: (1) the increase of wind speed leads to the increase of brightness temperature of sea surface; (2) the increase of wind speed leads to the decrease of sea surface temperature. It is shown that when using the known diagrams (SST, SSS, brightness temperature) it is possible to achieve the mutual compensation of effect of SST and brightness temperature increments on results of sea water salinity measurements.

Key words: ecosystem, sea surface salinity, measurements, evaporation, climatic models.

Automated Decision-making Support Based on Ensemble Hydrometeorological Forecasts. A. V. Dikinis, I. A. Galkin, V. A. Kuzmin., A. G. Surkov, D. V. Shilov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 85–90.

A novel technology of the automated decision-support aimed to provide safety and efficiency of sea vessels and coastal facilities, in particular, sea ports, is considered. This technology is based on ensemble hydrometeorological forecasts and operates as a final element of the automated purpose-oriented hydrometeorological and ecological support.

Key words: purpose-oriented hydrometeorological and ecological support, technology of the automated decision-support, sea port, marine transport, water and air pollution, coastal infrastructure, ensemble forecasts, statistical process control.

Purpose-oriented Hydrometeorological and Ecological Support for Sea Ports. A. V. Dikinis, M. E. Ivanov, V. A. Kuzmin, D. V. Shilov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 91–96.

A concept and basic principles of a system of purpose-oriented hydrometeorological and ecological support for sea ports are considered. Such a type of support is aimed to provide sustainable development of the sea transport based on decreasing its hydrometeorological vulnerability, developing its technological capacity and reducing its impact on the environment.

Key words: concept, purpose-oriented hydrometeorological and ecological support, sea port, water and air pollution, marine transport, coastal infrastructure, statistical process control, decision support.

Research Oceanographic Centre of the State Research Navigation-Hydrographic Institute. N. A. Kolyshev, S. B. Balyasnikov, K. G. Stavrov – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 97–102.

The results of the Research Oceanographic Centre activities of “GNINGI” OJSC since establishment of 525 MoD Research Centre n 1972 till the present time are summed up.

Key words: oceanographic data bank, hydrographic survey, hydrometeorological support.

The Greatest Discovery of the Russian Military Hydrographers (On the occasion of the 100-th anniversary of discovery of the Novaya Zemlya archipelago). V. I. Koryakin – Navigation and Hydrography. – 2012. – No. 34. – P. 103–115.

In 1913 the Hydrographic expedition of the Arctic Ocean discovered the Novaya Zemlya archipelago. It was the last prominent geographic discovery on our planet. This feat was prepared by achievements of many generations of the explorers, seafarers and Arctic explorers. The hydrographic work of the Hydrographic expedition of the Arctic Ocean intended to open up the Northern sea route that was crowned with discovery of an unknown land is described. The reasons for the late discovery of the archipelago are given. The importance of this discovery for studies of the Arctic is emphasized.

Key words: hydrographic expedition of the Arctic Ocean, hydrography, exploration, ice conditions, icebreaking vessel, weather conditions, the North seas, sounding, survey, charting.

ИНФОРМАЦИЯ

Глубокоуважаемые коллеги!

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

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 «Навигация и гидрография» включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».

Журнал распространяется по подписке. Кроме того, он рассылается в крупнейшие библиотеки России, центры научно-технической информации, органы военного управления различного уровня, научно-технические библиотеки высших военно-морских учебных заведений и научно-исследовательских организаций.

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 в формате MS Word с приложением текста на бумаге (шрифт – Times New Roman размером 14, межстрочный интервал 1,5). Все материалы должны быть подписаны автором (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 УДК*. К работе прилагаются *аннотация, ключевые слова и сведения об авторах*.

В аннотации приводятся сведения, которые дополняют название и характеризуют тему статьи, рассмотренную проблему, цель и полученные результаты.

В качестве ключевых приводятся слова или словосочетания из текста статьи, несущие существенную смысловую нагрузку с точки зрения информационного поиска. Выбор ключевых слов должен осуществляться по всему тексту статьи с охватом основных смысловых аспектов её содержания.

В сведениях об авторах указываются: фамилия, имя, отчество; полное наименование учреждения, где работает автор; должность; ученая степень, звание;

воинское звание (если имеется); полное наименование высшего учебного заведения, которое закончил автор; специализация; количество опубликованных научных трудов. Кроме того, авторам необходимо указать контактную информацию: почтовый и электронный адрес, номера телефонов.

К рукописи прилагается *сопроводительное письмо* организации, в которой работает автор, и один экземпляр *экспертного заключения* о возможности открытого опубликования представленных материалов.

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

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

Рисунки должны быть вставлены в текст, как *графический* файл, иметь порядковые номера и подписи.

Таблицы должны иметь порядковые номера и названия. Допускается только вертикальная ориентация таблиц, ширина 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.

Подписка на журнал «Навигация и гидрография»

Журнал «Навигация и гидрография» включён в каталог «Издания органов научно-технической информации» агентства «Роспечать». Подписной индекс 60941.

Периодичность выхода – два номера в год.

Стоимость одного номера 200 руб., включая НДС 18%.

Для заказа издания непосредственно в редакции необходимо направить в адрес редакции заявку в произвольной форме с указанием номера(ов) журнала, контактных данных и реквизитов заказчика.

Архив журнала в формате PDF доступен на сайтах ОАО «ГНИНГИ» www.gningi.ru и www.gningi.ru.

Адрес редакции: ОАО «ГНИНГИ»,
199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Кожевенная линия, 41,
Телефон/факс: (812) 327-99-80
E-mail: mail@gningi.ru; info@gningi.ru



НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 2012, №34

Научный редактор П. И. Малеев
Редактор И. Ю. Бугрова
Технический редактор В. Ю. Бахмутов
Редактор-переводчик Г. В. Трибуц

Подписано в печать 26.12.2012 г.
Тираж 300 экз.
Заказ № 09/32-28 от 26.12.2012 г.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-43932.

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

Журнал «Навигация и гидрография» включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»

Электронная версия журнала размещена на сайте www.gningi.ru

**© ОАО «Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт»**