

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

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**31
2011**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

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

Редакционная коллегия:

д. т. н., проф. А. Н. Добротворский (первый заместитель главного редактора);
д. в. н., проф. П. Г. Бродский (заместитель главного редактора);
к. т. н. С. Б. Курсин (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; д. т. н. С. В. Яценко

© Открытое акционерное общество
«Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт»
2011

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

PUBLISHED SINCE 1995

**31
2011**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint-Petersburg

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

Editorial board

A. Dobrotvorsky (first vice-editor-in-chief), DSc, professor;
P. Brodsky (vice-editor-in-chief), DSc, professor;
S. Kursin (vice-editor-in-chief), CandSc; 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. Peresypkin, DSc, professor; V. Peshekhonov, DSc, Acad. RAS;
Yu. Rumyantsev, CandSc; A. Sazonov, CM RAS; A. Sorokin, DSc, CM RAS;
K. Stavrov, DSc, professor; S. Yatsenko, DSc

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

2011

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Сотрудничество ВМФ и ОАО «Газпром» – эффективное условие решения проблемы повышения безопасности морских нефтегазовых объектов. С. П. Алексеев, А. Н. Добротворский, П. Г. Бродский	7
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

НАВИГАЦИЯ

Подавление ошибок многолучёвости в приемниках спутниковых навигационных систем. Ю. С. Дубинко, А. С. Селиверстов.....	13
Спутниковый речной компас. В. А. Катенин, А. В. Бойков.....	22
Адаптивный авторулевой для судов смешанного «река-море» плавания. В. А. Катенин, А. В. Бойков	28
Методика оценивания уровней полноты безопасности систем корабельной навигации. А. Д. Голяков	36
Первые уроки сервисного обслуживания морских средств навигации и океанографии Северного флота Российской Федерации. Ю. В. Арнаутов	41
Особенности реализации инновационного потенциала современного предприятия ОПК. В. С. Красовский	49

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

Полигармоническая модель уровня Каспийского моря и долгосрочный прогноз его изменения. <u>А. Е. Антонов</u> , Д. И. Якушев	60
Морские границы и методы их расчета. А. В. Каврайский.....	65

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Методика расчета высоты волнения по данным судовых наблюдений. С. И. Матрюков	76
Оценка отечественных и зарубежных методов расчета брызгового обледенения судов. С. И. Матрюков.....	81
Альтернативная числовая система представления гидрометеорологических характеристик. Ю. Н. Жуков.....	87
Показатель Северо-Атлантического колебания аномалии температуры поверхности океана и крупномасштабные изменения атмосферной циркуляции в атлантико-европейском секторе. И. В. Лаврова, А. И. Угрюмов	

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	104
----------------------------------	-----

РЕФЕРАТЫ	107
-----------------------	-----

C O N T E N T S

Co-operation of the RF Navy and «Gazprom» OJSC – an effective condition necessary to solve the problem of increasing the safety for the offshore oil and gas objects. S. P. Alekseyev, A. N. Dobrotvorsky, P. G. Brodsky	7
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

NAVIGATION

Suppression of multipath error in receivers of satellite navigation Systems. Y. S. Dubinko, A. S. Seliverstov	13
The satellite river compass. V. A. Katenin, A. V. Boikov	22
Adaptive automatic helmsman for the «river-marine» vessels. V. A. Katenin, A. V. Boikov	28
Technique of estimation of safety completeness level for ship navigation systems. A. D. Golyakov	36
The first lessons learned from service support for the marine aids to navigation and oceanography of the RF North Fleet. Y. V. Arnautov	41
Specific features of implementing the innovation potential of the «CRI Elektropribor» Concern». V. S. Krasovsky	49

HYDROGRAPHY AND MARINE CARTOGRAPHY

Polyharmonic model of the Caspian Sea level and long-term forecast of its change. [A. E. Antonov], D. I. Yakushev	60
Maritime borders and methods of their calculation. A. V. Kavraisky	65

HYDROMETEOROLOGY

Methods of wind wave height calculation using the ship observations data. S. I. Mastryukov	76
Evaluation of the domestic and foreign methods used to calculate the ice formation on vessels due to spraying. S. I. Mastryukov	81
Alternative numerical system of presenting the hydrometeorological characteristics. Y. N. Zhukov	87
Index of the North-Atlantic temperature anomaly variation of the ocean surface and large-scale changes in the atmosphere circulation in the Atlantic-European sector. I. V. Lavrova, A. I. Ugryumov	94

INFORMATION ABOUT AUTHORS	104
----------------------------------------	------------

ABSTRACTS	107
------------------------	------------

УДК 622.276.04

**СОТРУДНИЧЕСТВО ВМФ И ОАО «ГАЗПРОМ» – ЭФФЕКТИВНОЕ УСЛОВИЕ
РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ**

**С. П. АЛЕКСЕЕВ, А. Н. ДОБРОТВОРСКИЙ,
П. Г. БРОДСКИЙ (ОАО «ГНИНГИ»)**

В статье рассматриваются результаты совместной деятельности ВМФ и ОАО «Газпром», полученные при проведении научно-исследовательских работ и организационных мероприятий в рамках соответствующих Планов. Уникальный опыт и имеющийся потенциал полезны и перспективны для дальнейшего практического решения вопросов безопасности морских нефтегазовых объектов.

Интенсификация процессов освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа Российской Федерации, наблюдающаяся в последние годы, в значительной степени предопределяет существенное расширение масштабов деятельности по всем функциональным направлениям национальной морской политики и в перспективе будет возрастать.

Анализ потенциальных угроз в данной области позволяет утверждать, что основные проблемы развития морской деятельности связаны с увеличением рисков возникновения аварий и нефтяных разливов (развития их до уровня катастроф), повышением интенсивности судоходства, активизацией разведки и добычи нефти на континентальном шельфе, строительством нефтяных терминалов и увеличением объема перевозок нефти морем.

Составляющими общей угрозы безопасности при освоении и эксплуатации морских нефтегазовых месторождений могут быть следующие источники и причины:

- ситуационные;
- внешние;
- природно-климатические;
- антропогенные;
- технико-технологические;
- проектные;
- информационные.

Для снижения этих угроз безопасность освоения и эксплуатации морских нефтегазовых месторождений должна обеспечиваться организационными мерами, совершенствованием нормативной базы ведения морской деятельности, а также внедрением технологий сквозной оценки и управления рисками реализации морских проектов, привлечением к обеспечению безопасности таких функциональных систем морской деятельности, как навигационно-гидрографического обеспечения (НГО); аварийно-спасательного обеспечения (АСО); контроля безопасности судоходства и обеспечения безопасности мореплавания и др.

Анализ указанных функциональных систем показывает, что они относятся как к глобальному, так и региональному уровню, слабо взаимосвязаны и реализуются

совокупностями функций различных федеральных органов исполнительной власти. Сложившаяся в настоящее время ситуация не обеспечивает должной оперативности и эффективности обеспечения безопасности объектов морской деятельности, зачастую ведёт к неоправданному дублированию направлений развития технических средств, систем и т. п.

Для разрешения сложившейся проблемной ситуации необходимо эффективно использовать потенциал сотрудничества ОАО «Газпром» и Минобороны (ВМФ). Полномочия последнего определены федеральным законодательством, Военной доктриной РФ, «Положением о Министерстве обороны» (Утв. Указом Президента Российской Федерации от 16 августа 2004 г. № 1082) и другими нормативными правовыми документами РФ.

К полномочиям Минобороны, в частности, относятся:

- навигационно-гидрографическое обеспечение морских путей;
- организация картографических работ в интересах обороны и развития морских путей;
- разработка морских коридоров и схем разделения движения в территориальном море РФ;
- координация проведения системных исследований морской деятельности Российской Федерации;
- руководство созданием и организацией функционирования единой государственной системы освещения подводной и надводной обстановки;
- создание и поддержание условий для безопасности экономической и других видов деятельности РФ на море;
- координация проведения мероприятий по развитию и использованию прибрежно-береговой инфраструктуры военного и двойного (военного и гражданского) назначения.

Исходя из сферы ведения Минобороны в области морской деятельности и приоритетных научно-технических проблем, стоящих перед ОАО «Газпром», в период 2003–2010 гг. было организовано сотрудничество ВМФ и ОАО «Газпром», проводимое в рамках соответствующих Планов совместной деятельности.

Повышение эффективности освоения морских нефтегазовых месторождений и обеспечение их безопасности (с учетом сферы ведения Минобороны), реализованное в рамках Планов совместной деятельности ОАО «Газпром» и ВМФ, было обеспечено тесной координацией проводимых работ. Увеличение объемов работ, масштабов и сложности решаемых проблем, а также отработка плановой организации позволили получить весомые результаты, особенно характерные для реализации «Плана совместной деятельности ОАО «Газпром» и Военно-Морского Флота на 2008–2010 гг. в области освоения энергетических ресурсов шельфа Российской Федерации и повышения безопасности морских нефтегазовых объектов».

Выполнение мероприятий Плана совместной деятельности на 2008-2010 гг. осуществлялось по четырем направлениям:

- реализация проекта «Северный поток»;
- реализация мероприятий в Арктике;
- совершенствование нормативной базы при производстве работ в морской акватории;
- совершенствование технических средств и материально-производственной базы разведки и освоения морских нефтегазовых месторождений.

Рассмотрим обобщенные результаты этих работ.

1. Совместные работы в области реализации проекта «Северный поток»

В целях обеспечения безопасности строительных работ от угроз техногенного происхождения в районах прохождения трасс морского трубопровода на Балтике выполненные работы были направлены на создание условий, обеспечивающих безопасную реализацию планов строительства газопровода.

В период 2009–2010 гг. ОАО «ГНИНГИ» совместно с компанией «Нептун», 1 ЦНИИ МО РФ и Балтийским флотом выполнен комплекс работ по подготовке к строительству российского участка трассы газопровода «Северный поток» в Финском заливе, состоящей в обследовании и обезвреживании по трассе опасных объектов техногенного происхождения.

Для выполнения работ были:

- разработаны необходимые организационно-методические документы (Программа работ по обследованию участка трассы «Северный поток», План обеспечения безопасности строительства газопровода «Северный поток», нормативный документ Системы стандартизации ОАО «Газпром» «Рекомендации по обеспечению безопасности при производстве морских инженерно-изыскательских работ от опасностей техногенного происхождения (ОТП)»);
- проведены исследования и изыскания по трассе газопровода в Балтийском море, в бывших опасных районах;
- осуществлена подготовка и обезвреживание обнаруженных взрывоопасных предметов.

По результатам работ:

- начальник штаба Балтийского флота принял решение об открытии района для строительства газопровода «Северный поток» с объявлением в Извещениях мореплавателям;
- разработан и подготовлен к введению План обеспечения безопасности строительства газопровода проекта «Северный поток» в Российском секторе (в случае обнаружения единичных взрывоопасных предметов (ВОП)).

В работах были использованы самые современные технико-технологические решения и оборудование, накоплен уникальный опыт организации взаимодействия с выделенными силами ВМФ.

На основе выполненных работ во взаимодействии со Штабом Балтийского флота, разработки необходимых документов и реализации мероприятий безопасности обеспечен благоприятный оперативный режим реализации планов проектирования и строительства объектов проекта «Северный поток».

2. Совместные работы в области реализации мероприятий в Арктике

Для организации АСО на море в данном районе, определения путей решения проблем НГО с учетом операционной зоны Северного флота, снижения рисков ледовой и айсберговой опасности на Арктическом шельфе выполнена разработка технологий, технических средств и организационных мероприятий в области аварийно-спасательного и навигационно-гидрографического обеспечения, а также ледового менеджмента.

Основными результатами выполненных работ по данному направлению являются:

- создание организационно-методических документов (концепции ледового менеджмента и системы управления АСО), планов по поисково-спасательным

операциям и рекомендации по оказанию медицинской помощи, маршрутам и режимам плавания с учетом операционной зоны Северного флота;

– обоснованные оригинальные технические решения по обеспечению безопасности морской добычи и транспортировке углеводородов в ледовых условиях, методам борьбы с ледовой и айсберговой опасностью, спасанию персонала и программным продуктам в виде структурированных баз данных по опасностям техногенного происхождения, навигационно-гидрографическим условиям.

3. Совершенствование нормативной базы при производстве работ в морской акватории

В целях повышения эффективности единой системы безопасности объектов морских нефтегазовых месторождений с учетом требований основных нормативных документов, разработанных международными организациями по вопросам международного морского права, использования воздушного пространства, проектирования путей движения и т.п., выполненные работы направлены на разработку новых стандартов и уточнение действующих положений нормативных документов по производству работ в морской акватории.

В результате выполнения работ была осуществлена разработка плановых, нормативно-правовых и организационно-технических документов регулирования деятельности ОАО «Газпром», включая документы Системы стандартизации, в области навигационно-гидрографического, аварийно-спасательного и авиационного обеспечения разработки месторождений (Рекомендации по безопасности морских изысканий, Технические требования к судам АСО, Положение по организации АСО, План НГО и авиационного обеспечения Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ), рекомендации по организации предупреждения несанкционированного распространения информации и др.).

4. Совершенствование технических средств и материально-производственной базы разведки и освоения морских нефтегазовых месторождений

Для повышения эффективности экологической, информационной и антитеррористической безопасности, непрерывной профессиональной подготовки кадров ОАО «Газпром» проведены соответствующие исследования и получены:

– технико-экономические оценки по выбору перспективных маршрутов транспортировки углеводородов, размещению ремонтной базы и объектов строительства ОАО «Газпром» с учетом инфраструктуры региона и деятельности сил флотов, созданию центров подготовки капитанов танкеров;

– рекомендации и предложения по экологической и антитеррористической безопасности производственного комплекса, профессиональной подготовке персонала объектов разведки, добычи и транспортировки углеводородов к эвакуации при возникновении аварийной ситуации.

Значение результатов совместной деятельности ОАО «Газпром» и ВМФ состоит в том, что они:

– направлены на решение приоритетных научно-технических проблем и важных практических задач ОАО «Газпром» с учетом сферы ведения Минобороны;

– позволяют определять и учитывать специфические особенности обеспечения морской деятельности в условиях возрастания техногенных и природных угроз;

– обеспечивают повышение безопасности деятельности ОАО «Газпром» и эффективности разработки месторождений и добычи углеводородов с учетом инфраструктуры региона и деятельности сил флотов различных министерств.

Полученные результаты совместной деятельности ОАО «Газпром» и ВМФ (см. рисунок) определяют роль и место Плана как необходимого элемента практической реализации эффективной морской технической политики по специальным вопросам, что характеризует результативность мероприятий совместной деятельности:

1. На основании взаимодействия с ВМФ созданы условия, обеспечивающие благоприятный оперативный режим реализации планов строительства объектов проекта «Северный поток» в бывших опасных от мин районах.



Результаты совместной деятельности по Планам ВМФ и ОАО «Газпром»

2. С учетом использования базового опыта и практики ВМФ, научно-технического ресурса специализированных учреждений и организаций ВМФ разработаны организационные основы аварийно-спасательного обеспечения морских объектов разведки, добычи и транспортировки углеводородов, ряд специализированных нормативных документов Системы стандартизации ОАО «Газпром» по вопросам безопасности.

3. На основе потенциала технологий «двойного» назначения разработан ряд технологических инноваций, являющихся объектами правовой охраны (ряд оригинальных технических решений в области ледового менеджмента и спасания персонала объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений заявлены установленным порядком для получения соответствующих патентов ОАО «Газпром»).

4. С учетом полномочий Минобороны в области безопасности мореплавания организовано взаимодействие для реализации предложений по навигационно-гидрографическому обеспечению приоритетных проектов освоения нефтегазовых месторождений континентального шельфа.

В настоящее время проведение совместной деятельности организаций Минобороны и ОАО «Газпром» продолжает оставаться актуальным, так как существует целый комплекс вопросов, решение которых может быть обеспечено только при их взаимодействии.

В частности, совместная деятельность в рамках соответствующего Плана, необходима для:

- решения вопросов возможности использования прибрежно-портовой инфраструктуры ВМФ и инфраструктуры архипелага Новая Земля при освоении ШГКМ;

- дальнейшего осуществления мероприятий Плана обеспечения безопасности строительства газопровода проекта «Северный поток» в Российском секторе;

- создания условий безопасной реализации планов освоения Штокмановского ГКМ, месторождений полуострова Ямал и примыкающих акваторий, шельфа острова Сахалин в части ликвидации опасностей техногенного происхождения, разработки путей движения и правил плавания танкеров, судов-газовозов и судов обеспечения в операционной зоне Северного и Тихоокеанского флотов;

- подготовки соответствующих материалов и данных для издания отсутствующих морских карт необходимого масштаба, используемых при обеспечении безопасности плавания в заданных районах.

Уникальный опыт и результаты, полученные в процессе реализации мероприятий и работ Плана совместной деятельности ОАО «Газпром» и ВМФ в области освоения энергетических ресурсов шельфа и повышения безопасности морских нефтегазовых объектов, безусловно, полезны и перспективны для дальнейшего практического системного решения вопросов повышения безопасности морских нефтегазовых объектов.

CO-OPERATION OF THE RF NAVY AND «GAZPROM» OJSC – AN EFFECTIVE CONDITION NECESSARY TO SOLVE THE PROBLEM OF INCREASING THE SAFETY FOR THE OFFSHORE OIL AND GAS OBJECTS

**S. P. Alekseyev, A. N. Dobrotvorsky,
P. G. Brodsky («GNINGI» OJSC)**

The results of the joint activities of the RF Navy and «Gazprom» OJSC obtained in the course of the research work and organizational arrangements in the framework of the relevant Plans, are considered. The unique experience and existing potential are useful and promising for the subsequent practical solution of the safety problems for the offshore oil and gas objects.

НАВИГАЦИЯ

УДК 733.34.37.39.05

ПОДАВЛЕНИЕ ОШИБОК МНОГОЛУЧЁВОСТИ В ПРИЕМНИКАХ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ю. С. ДУБИНКО, А. С. СЕЛИВЕРСТОВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье рассмотрен способ обработки сигналов спутниковых навигационных систем (СНС) с применением теоретически оптимального дискриминатора задержки. Внедрение разработанного алгоритма в приемниках СНС позволит достичь миллиметрового уровня определения средней квадратической погрешности измерений псевдодальностей за счет исключения влияния отраженных сигналов.

В спутниковых радионавигационных системах приемник должен осуществлять поиск, обнаружение и последующее слежение за сигналом навигационных спутников. Излучаемый сигнал, представляющий собой последовательность радиоимпульсов, начальные фазы которых изменяются по заданному закону, можно записать в виде [1]:

$$S_{\text{вх}}(t) = C(\tau, t) a_{\text{вх}} \cos(\omega_{\text{вх}} t + \varphi_0) + N(t), \quad (1)$$

где $C(\tau, t)$ – дальномерный код;

$a_{\text{вх}}$ – амплитуда принятой несущей;

$\omega_{\text{вх}}$ – принятая частота несущей;

$N(t)$ – внутриполосные шумы, включая рандомизированные коррелятором помехи;

φ_0 – начальная фаза.

Математическое ожидание (МО) огибающей сигнала (с подавленными шумами) для идеального дальномерного импульса с фазоманипулированной несущей имеет вид, показанный на рис. 1.

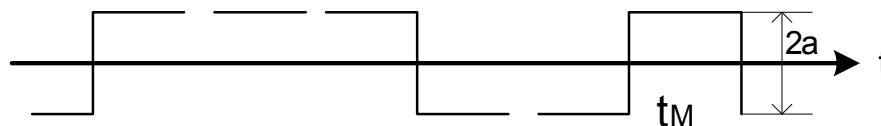


Рис. 1. Математическое ожидание огибающей сигнала СНС с фазовой манипуляцией несущей по закону псевдослучайной последовательности

Во всех отечественных и зарубежных приемниках СНС следящие контуры за несущей (СН) и задержкой кода (ССЗ) осуществляют слежение за максимумом взаимнокорреляционной функции (ВКФ) сигнала и его реплики. В ССЗ приемников СНС вместо формирования текущего сигнала ошибки используется дискриминатор задержки в виде [1]:

$$\varepsilon_{\tau} = \frac{I_{early} - I_{late}}{I_{prompt}}, \quad (2)$$

где I_{early} , I_{late} , I_{prompt} – свёртка синфазной проекции сигнала с опережающей на $\frac{\tau_{чип}}{2}$, задержанной на $\frac{\tau_{чип}}{2}$ и номинальной репликами;

$\frac{\tau_{чип}}{2}$ – длительность кодового чипа.

На рис. 2 показано расположение I_{early} и I_{late} относительно I_{prompt} для идеализированной ВКФ (без шумов) для рассогласования, равного нулю.

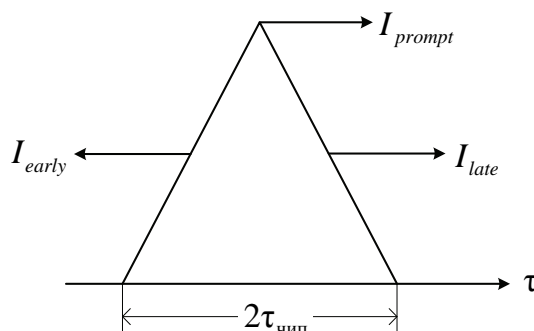


Рис. 2. Взаимнокорреляционная функция для дискриминатора «early – late»

Поскольку в реальном сигнале присутствует шум, положение максимума ВКФ становится случайным. Для радиотрактов с ограниченной полосой пропускания ВКФ имеет сглаженный пик. Сглаживание пика существенно ухудшает оценку задержки при наличии шумов.

При описании эффектов влияния, отраженных местными предметами сигналов, окружающими приемную антенну, будем придерживаться достаточно адекватной модели множества микрорефлекторов, зеркально отражающих сигнал спутников в приемную антенну, в соответствии с которой сигнал на входе приемника может быть записан в виде аддитивной смеси:

$$s(t) = a \cos \omega t + \sum b_i \cos[\omega t + \delta \Omega_i(t + \tau_i)] + n(t) \quad (3)$$

где a – амплитуда прямого сигнала;

ω – его частота;

b_i – амплитуды i -ых векторов зеркального отражения;

$\delta\Omega_i$ – разности доплеровских сдвигов i -ых отражений и прямого сигнала;
 τ_i – задержка i -ого отраженного сигнала относительно прямого;
 $n(t)$ – шумовая составляющая, обусловленная различными факторами;
 В свою очередь

$$\tau_i = \frac{d_i}{C}, \quad (4)$$

где d_i – расстояние между фазовыми центрами антенны и i -го отражающего предмета;

C – скорость света.

В связи с тем, что амплитуды отраженных сигналов обратно пропорциональны квадрату расстояния (d_i), они достаточно быстро убывают с удалением от отражающих объектов до антенны. Все множество отражающих центров можно разделить на две группы (по амплитудному признаку):

- 1) отражения, амплитуды которых соизмеримы с амплитудой прямого сигнала (a);
- 2) отражения, амплитуды которых малы по сравнению с амплитудой прямого сигнала (a).

Для первой группы расстояния d_i малы, поэтому малы и разности доплеровских сдвигов $\delta\Omega_i$ (малые доли герца) и, если их несколько, ССН успевает отследить изменение фазы их взвешенной суммы (Ψ_c):

$$\Psi_c = \frac{\sum b_i \varphi_i \tau_i}{\sum b_i}. \quad (5)$$

В результате для этой группы отражений вместо второго слагаемого в (3) можно записать:

$$\sum b_i \cos(\omega t + \psi_c) = \hat{b} \cos(\omega t + \psi_c). \quad (6)$$

Для второй группы отражений математическое ожидание суммарного фазового сдвига стремится к нулю как для суммы синусоид с разными частотами. Эта группа отражений, хотя они и зеркальные, может быть описана как диффузная компонента рассеянного отражения. Эта компонента воспринимается приемником как дополнительный шум на несущей сигнала с уровнем меньшим амплитуды сигнала.

С учетом вышеизложенного вместо формулы (3) можно для огибающей синфазной компоненты входного сигнала записать:

$$I(t) = [a + \hat{b} \cos \psi_i(t)] \cos \omega(t + \hat{\tau}_0) + N(t), \quad (7)$$

где ψ_i – разность фаз прямого и отраженных сигналов в диапазоне $\left\{ -\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2} \right\}$;

\hat{b} – суммарная, взвешенная с учетом фазовых сдвигов амплитуда отраженных сигналов, отслеживаемых ССН;

$N(t)$ – огибающая шума с учетом диффузной компоненты отражений.

Для математического ожидания огибающей синфазной компоненты входного сигнала, имея в виду, что $\bar{N}(t) = 0$, можно записать:

$$\tilde{I}(t) = a + \hat{b} \cos \psi_c(t). \quad (8)$$

Таким образом, оставаясь в рамках теории зеркальных микрорефлекторов, нам удалось примирить её с теорией комбинированных отражений – зеркальных и диффузных. На рис. 3 показан механизм возникновения ошибок многолучевости из-за искажения формы ВКФ в традиционном дискриминаторе (справа) и в теоретически оптимальном дискриминаторе задержки (ТОДЗ) (слева).

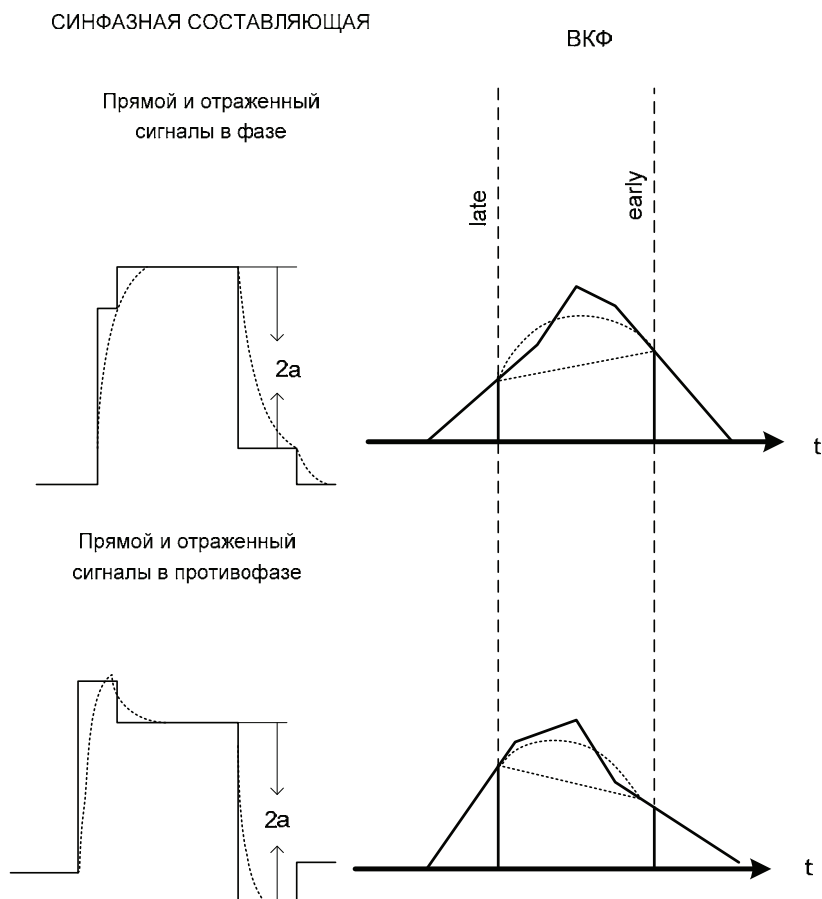


Рис. 3. Механизм возникновения ошибок многолучёвости (см. объяснения в тексте)

На рис. 3 слева показаны синфазные проекции огибающей входного сигнала (без шума): сверху – для отраженного сигнала в фазе с прямым; внизу – в противофазе. Справа показаны соответствующие ВКФ. Сплошными линиями показаны идеализированные фигуры (без ограничения полосы частот сквозного радиотракта). Пунктирными – с ограниченной полосой частот.

По определению ВКФ – это свёртка входного сигнала и его реплики [2]. В частности для ССЗ:

$$\text{ВКФ}(\tau) = \int S(t)R(\tau - t)dt. \quad (9)$$

Необходимое условие экстремума (в том числе и максимума):

$$\frac{\partial \text{ВКФ}(\tau)}{\partial \tau} = 0. \quad (10)$$

Подставляя формулу (9) в выражение (10), получим:

$$\frac{\partial \text{ВКФ}(\tau)}{\partial \tau} = \int S_{\text{вх}}(t) \frac{\partial R(\tau - t)}{\partial \tau} dt = 0. \quad (11)$$

В формулах (9) и (10) величина τ – рассогласование входного сигнала и реплики по задержке кода. Формула (4) выражает известное в теории статистической радиотехники правило – теоретически оптимальный дискриминатор задержки должен в процессе слежения за задержкой обеспечивать максимум производной ВКФ по τ .

Отсюда следует правило: для того чтобы ССЗ непрерывно выполняла условие (10), дискриминатор задержки должен формировать сигнал рассогласования в виде свёртки входного сигнала (синфазной его проекции I) с производной реплики по оцениваемому параметру. Это правило относится к любым неэнергетическим параметрам сигнала, в том числе – к фазе и к частоте.

Традиционный же дискриминатор (2) является весьма грубой заменой производной реплики в выражении (11) конечным приращением на очень большом интервале времени $\tau_{\text{чип}}$.

В ТОДЗ используется уточненное понятие реплики (ожидаемого) сигнала для формирования ВКФ. Дело в том, что информация об ожидаемом коде хранится в приемнике в виде производящего полинома для его формирования в генераторе опорного кода (или сам код в памяти). Это код в виде прямоугольных импульсов с идеальными фронтами границ смены символов. И именно такой сигнал (в виде идеального кода) необходимо выделить из входного сигнала.

Сущность нового толкования понятия реплики заключается в том, что репликой следует считать идеально прямоугольные импульсы дальномерного кода. При таком толковании понятия реплики её производная по оцениваемому параметру τ представляет собой последовательность δ -функций с разными знаками «+» для задних фронтов (смена символов кода с 0 на 1) и «-» для смены символа с 1 на 0. Известно, что если непрерывную функцию умножить на дельта-функцию и произведение проинтегрировать по времени, то результат будет равен значению непрерывной функции в той точке, где сосредоточен δ -импульс [2]:

$$\int S_{\text{вх}}(t)\delta(\tau_i - t)dt = S_{\text{вх}}(\tau_i). \quad (12)$$

Поскольку коррелятор $S_{\text{вх}}(t)$ формирует синфазную проекцию огибающей прямого сигнала, в правой части (12) следует записать $I(t)$. Формирование $I(t)$ реализовано в программном контуре Костаса, инвариантном к любой фазовой манипуляции несущей (\arctg – фазовый дискриминатор).

Основная сложность заключается в том, что отсчеты сигнала, оцифрованные с помощью аналогового цифрового преобразователя (АЦП), имеют дискретный шаг времени, а надо симитировать непрерывное время для аргумента δ -функции в ТОДЗ. Эта сложность преодолевается тем, что для дискриминатора необходимо непрерывное время в виде аргумента δ -функции как текущая оценка задержки τ . Но эта задержка в контуре ССЗ формируется как многоразрядное число (20–30 разрядов) и может быть принята за квазинепрерывное время.

После захвата сигнала определяется момент времени, соответствующий началу эпохи кода, и вычисляются моменты времени прогнозируемых границ смены символов (ПГСС) кода.

Для формирования оценки огибающей сигнала в момент времени, не совпадающий с моментами отсчетов в АЦП, рассмотрим два подхода:

1. Разложение разрывной функции (скачок на фронтах величиной $2a$) в ряд Тейлора в окрестности ПГСС. Для этого представим $I(t)$ аппроксимациями слева и справа от ПГСС. Запишем разложения $I(t)$ слева и справа от ПГСС в виде рядов Тейлора, ограниченных членами с производными не выше второго порядка:

$$I_{(t)}^{\text{лев}} \cong I_{(\text{ПГСС})}^{\text{лев}} - \dot{I}_{(\text{ПГСС})}^{\text{лев}} \delta t - \ddot{I}_{(\text{ПГСС})}^{\text{лев}} \frac{\delta t^2}{2}, \quad (13)$$

$$I_{(t)}^{\text{прав}} \cong I_{(\text{ПГСС})}^{\text{прав}} - \dot{I}_{(\text{ПГСС})}^{\text{прав}} \delta t - \ddot{I}_{(\text{ПГСС})}^{\text{прав}} \frac{\delta t^2}{2}, \quad (14)$$

где δt – отстояние истинной границы смены символа кода ПГСС.

2. Подход в соответствии с формулой $\int S(t)\delta(\tau-t) = S(\tau)$ есть интерполяция отсчета $I_{\text{ПГСС}}$. Рассмотрим три варианта интерполяции: линейную, параболическую и кубическую.

Для линейной интерполяции достаточно двух соседних отсчетов, охватывающих ПГСС слева и справа:

$$I_{\text{лин}}^{\text{инт}} = I_i^{\text{лев}} + \frac{I_i^{\text{прав}} - I_i^{\text{лев}}}{\Delta t} \left(\frac{\Delta t}{2} - \delta \tau \right), \quad (15)$$

где Δt – длительность интервала отсчетов АЦП;

$\delta \tau$ – отстояние истинной границы смены символа кода от середины интервала Δt .

Параболическую интерполяцию $I_{\text{параб}}^{\text{инт}}$ формируем как среднее арифметическое интерполяций, полученных по двум отсчетам до ПГСС и одному после и одному до ПГСС и двум после.

Кубическая интерполяция выполнена по четырем отсчетам – двум до ПГСС и двум после.

После очевидных преобразований выражение (15) можем записать в виде:

$$\delta\tau_{\text{лин}} = \frac{I_{\text{лин}}^{\text{инт}} - \frac{1}{2}(I_i^{\text{прав}} + I_i^{\text{лев}})}{I_i^{\text{лев}} - I_i^{\text{прав}}} \Delta t. \quad (16)$$

Параболическая и кубическая интерполяции несколько уточняют линейную:

$$\delta\tau_{\text{параб}} = \frac{I_{\text{параб}}^{\text{инт}} - I_{\text{лин}}^{\text{инт}}}{I_i^{\text{лев}} - I_i^{\text{прав}}} \Delta t, \quad (17)$$

$$\delta\tau_{\text{куб}} = \frac{I_{\text{куб}}^{\text{инт}} - I_{\text{лин}}^{\text{инт}}}{I_i^{\text{лев}} - I_i^{\text{прав}}} \Delta t, \quad (18)$$

где $\delta\tau$ – это отклонение оценки момента времени истинной границы смены символа кода от такой же оценки, полученной линейной интерполяцией.

Все варианты интерполяции сводят отсчеты к известному моменту i -ой ПГСС. Таким образом, в программных версиях ТОДЗ временное положение истинных фронтов дальномерного кода фиксируется как поправка к прогнозируемой границе смены символа кода. Поэтому в погрешность истинного положения фронта войдут как погрешности измерений, так и погрешность прогноза.

На рис. 4 показан график последовательности рассогласования $\Delta\tau$ на выходе ТОДЗ. Наличие в знаменателях формул (16) – (18) разности двух случайных величин, которая может оказаться сколь угодно близкой к нулю, приводит к эффекту кажущегося засорения выборки.

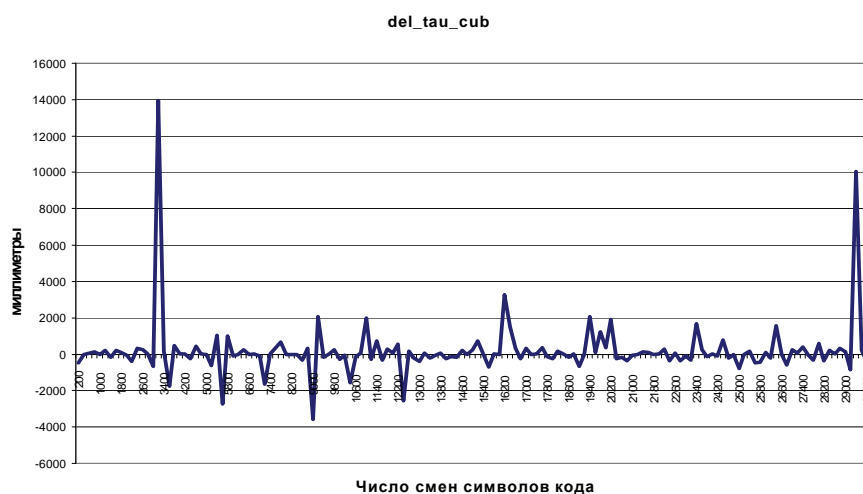


Рис. 4. Текущее рассогласование $\Delta\tau$

Результаты расчетов показывают, что оба подхода не имеют смещения оценки задержки из-за многолучевости, но среднеквадратические погрешности (СКП) оценок разные. Первый подход примерно в два раза хуже, видимо, по причине использования сплайнов для аппроксимации. Более приемлемым для данной задачи была бы аппроксимация параболических трендов способом наименьших квадратов при большой избыточности исходной выборки (по всем отсчётам в пределах чипа слева и справа от ПГСС).

Кроме этого, установлено, что при формировании оценок СКП по критерию максимального правдоподобия (МП) даже с ограничением выбросов не даёт удовлетворительных результатов [3]. Поэтому для совместной обработки отклонений псевдодальностей от их прогноза с помощью набега фазы наиболее эффективно применять рекуррентную оценку по критерию максимума апостериорной плотности вероятностей (МАПВ), обладающую хорошими робастными свойствами [4]. Это нелинейная оценка в виде:

$$\tilde{\tau}_n^{\text{МАПВ}} = \frac{\sum_1^n g_i \tau_i}{\sum g_i}, \quad (19)$$

где g_i – апостериорная плотность вероятности, получаемая рекуррентно по критерию МАПВ в предыстории к моменту t_i .

Оценка СКП ТОДЗ робастным фильтром по критерию МАПВ по реальным измерениям СТ кода ГЛОНАСС составила первые единицы миллиметров на секундном интервале согласования [5]. В частности ТОДЗ по реальным измерениям спутникового приёмника, помимо полного подавления ошибок многолучевости, продемонстрировал миллиметровый уровень СКП дальнометрии (рис. 5), который может быть снижен ещё в $\sqrt{8}$ раз на односекундном интервале усреднения.

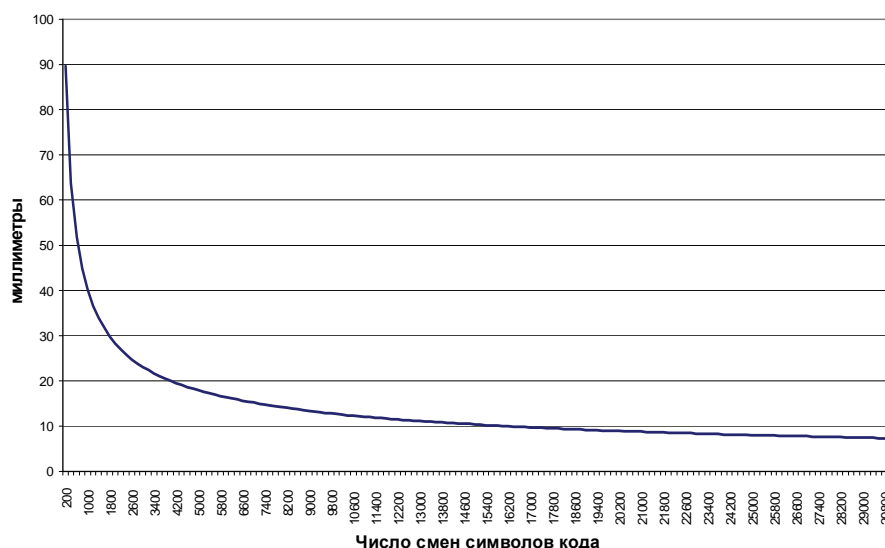


Рис. 5. СКП измерения псевдодальности по критерию МАПВ

Следует заметить также, что классический дискриминатор задержки формирует сигнал рассогласования один раз на каждом импульсе дальномерного кода. В ТОДЗ можно удвоить частоту этих оценок, применяя его и на передних, и на задних фронтах дальномерного кода, которые имеют одинаковые по величине скачки в 2а и совпадают с положением этих фронтов по времени, независимо от отраженных сигналов.

Выводы:

1. Применение теоретически оптимального дискриминатора задержки к оптимальной фильтрации по критерию максимума апостериорной плотности вероятностей позволяет полностью исключить влияние отраженных сигналов.

2. Применение рекуррентного робастного фильтра по критерию максимума апостериорной плотности вероятностей с программным теоретически оптимальным дискриминатором задержки при обработке сигналов навигационных спутников позволяет достигнуть миллиметрового уровня среднеквадратических погрешностей кодовых измерений псевдодальностей на секундном интервале фильтрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харисов В. Н., Перов А. И., Болдин В. А. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. – М.: ИПРЖР, 1998. – 387с.
2. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2005. – 462с.
3. Данилова Г. К., Дубинко Ю. С., Лапшина В. И., Селиверстов А. С., Филатова М. С. Полное подавление ошибок многолучевости в навигационной аппаратуре потребителей спутниковых навигационных систем – Тр. Третьей Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное обеспечение (КВНО-2009)», 2009, СПб. – СПб.: 2009. – С. 252.
4. Дубинко Ю. С., Селиверстов А. С. Нелинейная робастная фильтрация в рекуррентной процедуре по критерию максимума апостериорной плотности вероятностей // Навигация и гидрография. – 2010. – № 29. – С. 26–35.
5. Дубинко Ю. С., Селиверстов А. С. Оптимизация системы слежения за задержкой в аппаратуре потребителей спутниковых навигационных систем – Тр. 16^{ой} международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь», 2010, Воронеж. – Воронеж, 2009. – С. 1973–1982.

SUPPRESSION OF MULTIPATH ERROR IN RECEIVERS OF SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS

Y. S. Dubinko, A. S. Seliverstov
(«GNINGI» OJSC)

The technique of processing the signals of satellite navigation systems (SNS) using the theoretically optimum delay discriminator is considered. Introduction of the developed algorithm in SNS receivers will allow to reach the millimetre level of determining the mean quadratic error of pseudorange measurements by elimination of the influence of reflected signals.

УДК: 629.783:527

СПУТНИКОВЫЙ РЕЧНОЙ КОМПАС

В. А. КАТЕНИН (ОАО «ГНИНГИ»),
А. В. БОЙКОВ (МГАВТ)

В статье рассматривается принцип действия и устройство спутникового речного компаса, предназначенного для установки на судах смешанного «река-море» плавания и адаптированного для сложных условий эксплуатации.

Судовождение по рекам имеет свои особенности, связанные с сезонным изменением русла реки, глубины и ширины судового хода, наличием множества опасностей искусственного и естественного происхождения, а также с большим числом встречных и попутных судов. Эти особенности в значительной степени затрудняют лоцманский способ судовождения и вызывают необходимость в значительной мере автоматизировать процесс управления судном, особенно в экстремальных условиях.

Наиболее сложно осуществлять судовождение по рекам с извилистым руслом и свальными течениями на крутых поворотах (рис. 1). На изгибах речного русла струя наиболее сильного течения обычно смещается в сторону приглубого берега и совместно с центробежной силой пытается навалить судно на вогнутый берег (рис. 1В). У мелководного «выпуклого» берега скорости течения невелики. При этом за «выпуклым» берегом могут возникнуть противотечения, стремящиеся развернуть судно поперек судового хода (рис. 1С), что требует непрерывного контроля за расстоянием носа и кормы судна до кромок судового хода и «раската» кормы на повороте.

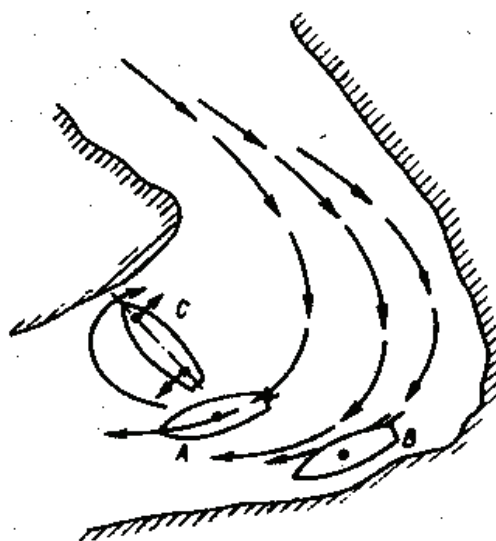


Рис. 1. Схема поведения судна на изгибах реки со свальным течением (см. объяснения в тексте)

Поворот рекомендуется проходить на пониженной скорости и так, чтобы диаметральной плоскостью судна все время оставалась параллельной струям течения, т. е. чтобы радиус циркуляции был возможно ближе к радиусу поворота речного русла (рис. 1А) при соответствующей угловой скорости поворота.

Осуществить автоматизацию судовождения на реках и реализовать способ безопасного прохода крутых поворотов с сильным свальным течением позволяет спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС (Россия) или GPS (США) и судовая спутниковая навигационная аппаратура (СНА) – спутниковый компас. Так как на судах торгового флота в основном используется зарубежная СНА, далее в тексте будем использовать обозначение американской системы.

Антенны штатного и дифференциального режимов спутниковой навигационной системы GPS, размещенные в носу и корме судна, позволяют определить угловую скорость перемещения носа и «раскат» его кормы под воздействием противоположных струй течения и выдавать сигнал на рулевое устройство для перекладки пера руля в нужном направлении.

В существующих образцах спутниковых компасов, например, в SC-110 [1], отсутствуют сервисные задачи по определению положения корпуса судна относительно оси и границ судового хода, угловой скорости его поворота, а также определения нового безопасного истинного курса судна после прохождения им излучины реки со свальным течением. Кроме того, имеется вероятность потери спутниковых сигналов при прохождении судна под мостом или затенении антенного блока.

Упомянутые обстоятельства вызывают необходимость при прохождении крутых излучин реки со свальными течениями осуществлять управление судном вручную и производить ручной ввод необходимых величин (угловой скорости поворота судна, суммарного угла сноса судна, нового безопасного истинного курса) в авторулевой, что, в конечном счете, снижает навигационную безопасность плавания, а также делает невозможным автоматизацию процесса судовождения.

Последнего можно достигнуть, если вместо унитарного антенного блока использовать разнесенные в нос и корму антенны приемников СНА, добавить к процессору специальный блок, позволяющий производить вычисления угловой скорости поворота судна, расстояния носа и кормы судна от оси и кромок судового хода и выдавать эти данные через электронную картографическую навигационно-информационную систему (ЭКНИС) на авторулевой для автоматизированного судовождения, благодаря чему спутниковый компас приобретает новые свойства.

Приведем пример его использования для наиболее сложного случая – прохода крутого изгиба реки со свальным течением, где в соответствии с показанным в статье [2] погрешность определения места судна должна быть не более 1 м. Для реализации столь жесткого требования по точности нами предполагается использование дифференциального режима спутниковой навигационной системы GPS – DGPS.

Принцип определения угловой скорости поворота судна и его истинного курса иллюстрируется рис. 2 [3].

Прием спутниковых сигналов происходит на антенны A_1 и A_2 , удаленных друг от друга на расстояние b .

В судовой спутниковой навигационной аппаратуре торгового флота используется только C/A – код на частоте $L1$ с длиной волны ≈ 19 см.

При наблюдениях по счислимым координатам судна и по эфемеридам навигационных спутников всегда могут быть рассчитаны их горизонтные координаты: высота h_s и азимут A_s . На рис. 2 эти координаты показаны для одного из навигационного спутника.

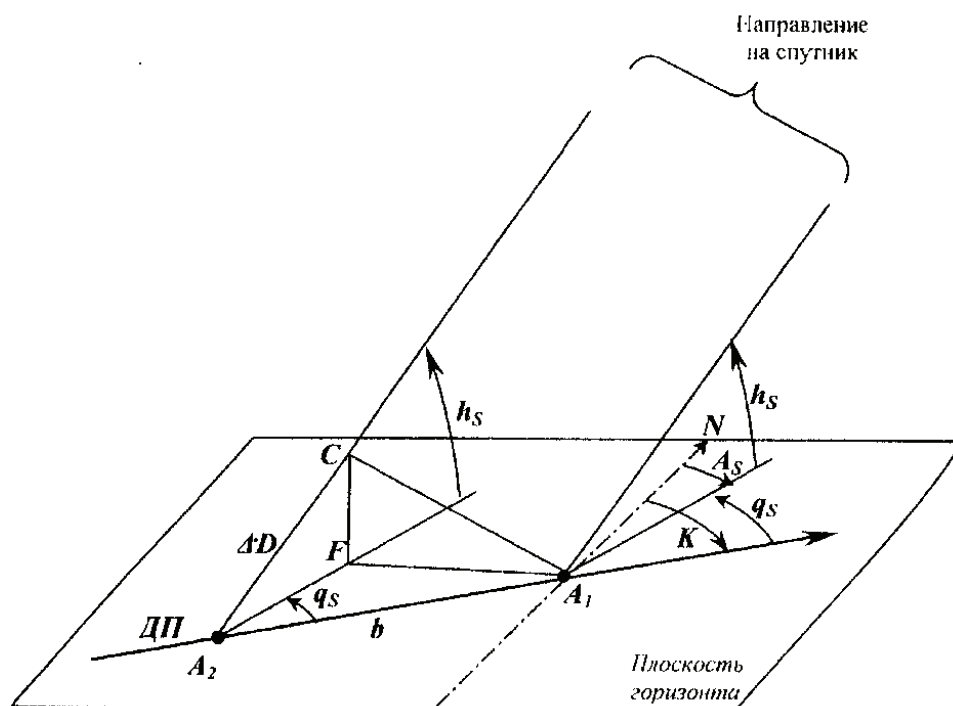


Рис. 2. Принцип определения угловой скорости поворота судна при использовании разнесенных спутниковых антенн (см. объяснения в тексте)

Расстояния, которые проходит сигнал с определенного навигационного спутника до антенн A_1 и A_2 , отличаются на величину ΔD . Эту разность расстояний можно определить, измерив сдвиг фаз $\Delta\Phi$ несущего сигнала, принимаемого антеннами A_1 и A_2 :

$$\Delta\Phi = \Delta\psi + n, \quad (1)$$

где n – целое число циклов;
 $\Delta\psi$ – дробная часть цикла.

Фазовым измерениям присуща многозначность, поэтому измеряется только $\Delta\psi$, а n должно быть определено по дополнительным данным.

По значению $\Delta\Phi$ величина ΔD находится по формуле

$$\Delta D = \lambda\Delta\Phi, \quad (2)$$

где λ – длина волны несущего сигнала.

Зная ΔD и высоту h_s навигационного спутника над истинным горизонтом, можно найти его курсовой угол q_s и истинный курс судна $K_{\text{СНС}}$:

$$A_2F = \Delta D \cos h_s, \quad (3)$$

$$q_s = \arccos \frac{A_2F}{b}, \quad (4)$$

$$K_{\text{СНС}} = A_s - q_s. \quad (5)$$

Значение курса определяется по навигационным спутникам, находящимся в зоне радиовидимости, и усредняется.

Определив значение истинного курса $K_{\text{СНС}}$, нам представляется возможным рассчитать значение угловой скорости поворота судна следующим образом. В момент начала поворота судна t_1 производится замер курса судна $K_{\text{СНС-1}}$, а через некоторый промежуток времени $t_2 - K_{\text{СНС-2}}$. Тогда угол φ , на который повернулось судно, может быть найден как разность между новым и старым курсами $K_{\text{СНС-2}}$ и $K_{\text{СНС-1}}$, т. е.

$$\varphi = K_{\text{СНС-2}} - K_{\text{СНС-1}}. \quad (6)$$

Тогда величина угловой скорости поворота судна находится из выражения [4]

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}. \quad (7)$$

Помимо угловой скорости поворота судна на крутом изгибе реки со свальными течениями, важно знать и местоположения его носа и кормы в любой момент времени относительно кромок судового хода. Чтобы определить эти величины, необходимо установить на судне спутниковый речной компас, состоящий из двух антенн DGPS, процессора и дисплея, разнести эти антенны в нос и корму судна в его диаметральной плоскости и подключить их через многоканальную СНА к входу блока определения выходных навигационных параметров спутникового компаса: курса, угловой скорости поворота, местоположения носа и кормы судна. При этом выход данного блока подсоединен к процессору, выходы которого подключены к конвенционному оборудованию ходового мостика: АИС, эхолоту, радиолокационной станции (РЛС), ЭКНИС, а через нее – к авторулевому.

Схема спутникового речного компаса изображена на рис. 3 [5].

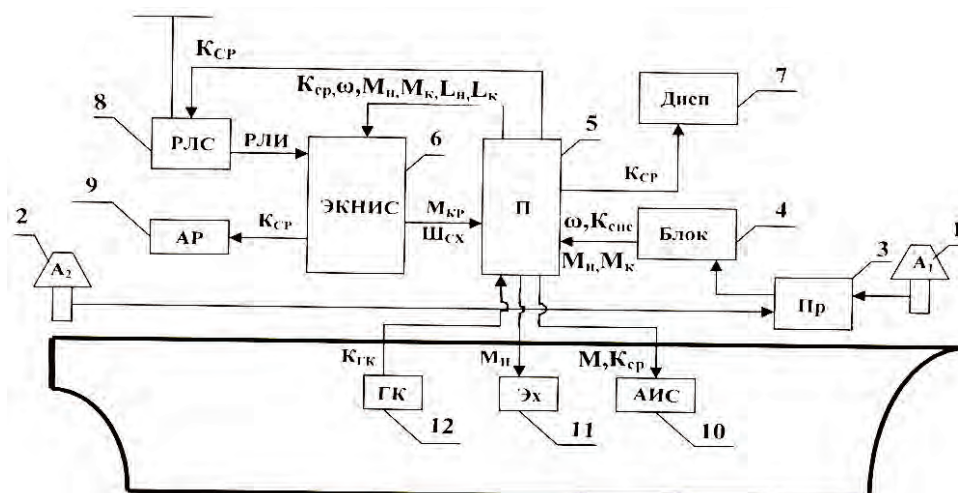


Рис. 3. Структурная схема спутникового речного компаса

$A_{1,2}$ – спутниковые антенны (1, 2); АИС – автоматическая идентификационная система (10); АР – авторулевой (9); ГК – гирокомпас (12); Дисп. – дисплей (7); $K_{гк}$ – курс по гирокомпасу; $K_{сис}$ – курс по спутниковому компасу; $K_{ср}$ – среднее значение курса по гирокомпасу и спутниковому компасу; M – координаты центра масс судна; M_n, M_k – координаты местоположения носа и кормы судна соответственно; П – процессор (5); Пр – приемник спутниковых сигналов (3); Блок – блок определения выходных навигационных параметров (4); РЛИ – радиолокационное изображение; РЛС – радиолокационная станция (8); Ш_{сх} – ширина судового хода; ЭКНИС – электронная картографическая навигационно-информационная система (6); Эх – эхолот (11); ω – угловая скорость поворота судна; L_n, L_k – расстояние носа или кормы судна от кромок судового хода соответственно

Вычисление расстояний носа и кормы от границ (кромки) судового хода происходит в процессоре – 5 следующим образом. Ширина судового хода Ш_{сх} и его границы (координаты левой и правой кромок – $M_{кр}$), снятые с ЭКНИС – 6 и переданные в блок определения выходных навигационных параметров – 4 по обсервованным координатам M_n и M_k подвергаются математическим расчетам в процессоре – 5 по формулам, позволяющим в динамике рассчитывать величины отстояния носа и кормы соответственно от кромок судового хода и оценивать вероятность безопасного прохода судном данного участка реки:

$$L_n = M_{кр} - M_n, \quad (8)$$

$$L_k = M_{кр} - M_k, \quad (9)$$

где L_n, L_k – соответственно расстояния носа и кормы судна от кромок судового хода;

$M_{кр}$ – местоположение (координаты) кромок судового хода, снятые с электронной карты;

M_n, M_k – мгновенные координаты носа и кормы судна, полученные путем обсервации по GPS на разнесенные антенны.

Кроме того, в процессоре – 5 производится осреднение курса, выработанного гирокомпасом и спутниковым речным компасом. Рассчитанные в процессоре – 5 навигационные параметры ($\omega, K_{ср}, M_n, M_k, L_n, L_k$) с выхода процессора – 5 подаются

для отображения на дисплей – 7 и ЭКНИС – 6. Кроме того, величина $K_{ср}$ также подается на РЛС – 8.

Технико-экономическая эффективность рассматриваемого спутникового речного компаса судна заключается:

- в исключении риска влияния человеческого фактора на безопасность плавания судна и, в первую очередь, при прохождении крутых поворотов со свальным течением;

- в повышении производительности труда вахтенного помощника капитана;

- в повышении навигационной безопасности плавания за счет исключения отвлечений вахтенного помощника капитана от несения ходовой вахты для производства штурманских расчетов и введения вручную необходимых поправок в авторулевую.

Рассмотренное техническое решение обеспечивает автоматический расчет ω , $K_{ср}$, M_n , M_k , L_n , L_k , а также скорость судна относительно дна, определенную по спутниковым обсервациям, ввод в авторулевую необходимых сигналов управления для обеспечения безопасности плавания судна по сложным в навигационном отношении участкам реки в автоматическом режиме. Интегрирование спутникового речного компаса с авторулевым и ЭКНИС позволяет создать для судов смешанного «река-море» плавания спутниковый навигационный комплекс, удовлетворяющий требованиям по точности к выходным навигационным параметрам [2], имеющий небольшие габариты и приемлемую для судовладельцев стоимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спутниковый компас SC-110. Рекламный проспект фирмы FURUNO.
2. Катенин В. А., Бойков А. В., Лысиков А. В. К вопросу обоснования допустимой погрешности места судна при плавании в автоматическом режиме по внутренним водным путям // Речной транспорт, №5, 2007. – С. 73–77.
3. Вагущенко Л. Л. Интегрированные системы ходового мостика. – Одесса: Латстар, 2003. – 170 с.
4. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике: 4-е изд., испр. – М.: Наука, Физматлит, 1996. – 624 с.
5. Патент на изобретение № 2420383 (Россия). Спутниковый речной компас. Приоритет 2011 г. Авторы: Катенин В. А., Бойков А. В., Лысиков А. В.

THE SATELLITE RIVER COMPASS

V. A. Katenin («GNINGI» OJSC),

A. V. Boikov (The Moscow State Academy of Water Transport)

The principle of operation and design of the satellite river compass are considered. The compass is designed to be installed on the «river-sea» type vessels and adapted for the complicated operating conditions.

УДК: 629.12

АДАПТИВНЫЙ АВТОРУЛЕВОЙ ДЛЯ СУДОВ СМЕШАННОГО «РЕКА-МОРЕ» ПЛАВАНИЯ

В. А. КАТЕНИН (ОАО «ГНИНГИ»),
А. В. БОЙКОВ (МГАВТ)

Рассмотрен принцип действия и устройство авторулевого для обеспечения автоматизации судовождения на внутренних водных путях. Авторулевой адаптирован к сложным условиям плавания с учетом допустимой погрешности места, ширины судового хода и размеров судна.

В настоящее время разработан и успешно эксплуатируется на судах торгового флота ряд авторулевых (АР). Общим их недостатком является то, что в них не обеспечивается автоматизированное определение и учет допустимого бокового отклонения судна от заданной траектории движения (оси судового хода, фарватера, рекомендованного курса и т. п.), зависящего от ширины судового хода, габаритов судна и суммарного сноса последнего под воздействием ветра и течения. Эта величина вводится в блок формирования закона управления рулем вручную, что вызывает необходимость при изменениях условий плавания периодического отвлечения вахтенного помощника капитана на производство соответствующих расчетов и ручного ввода искомой величины (допустимого бокового отклонения судна) в АР. Последнее снижает навигационную безопасность плавания судна, а также делает невозможной автоматизацию процесса судовождения.

Ниже описан подход, реализация которого позволит расширить функциональные возможности существующих образцов авторулевых за счет автоматизированного определения и учета допустимого бокового отклонения судна от заданной траектории движения, увеличения степени автоматизации процесса судовождения, уменьшения до минимума негативного влияния так называемого «человеческого фактора» в экстремальных условиях и повышения навигационной безопасности плавания судна.

Этого можно достигнуть, если к авторулевому дополнительно подсоединить блок определения допустимого бокового отклонения судна от заданной траектории его движения. На рис. 1 изображена структурная схема рассматриваемого авторулевого судна.

Авторулевой содержит: блок управления – 2, в котором находятся устройство формирования закона управления рулем – 1 и усилительно-преобразующее устройство – 3, рулевая машина (исполнительный механизм ИМ) – 4, датчик обратной связи – 6, блок определения допустимого бокового отклонения судна от заданной траектории движения (адаптивный вычислитель АВ) – 14. Усилитель и рулевая машина через датчик обратной связи – 6 охвачены внутренней отрицательной обратной связью и образуют следящую систему управления рулем. Ее назначение – обеспечить перекладку руля в соответствии с заданным значением угла перекладки руля δ , выработанным в устройстве формирования закона управления.

– допустимое боковое отклонение $y_{\text{доп}}$ судна от заданной траектории движения (когда фактическое отклонение y , вызванное суммарным сносом судна течением и ветром и определяемое по наблюдениям, становится равным допустимому, т. е. $y = y_{\text{доп}}$, ЭКНИС выработывает команду в АР на изменение удерживаемого курса на угол ΔK в сторону возвращения судна на заданную траекторию движения);

– угол ΔK изменения курса судна в сторону заданной траектории движения (по умолчанию $\Delta K = 5^\circ$ или курс направляется в очередную поворотную (маршрутную) точку заданной траектории движения).

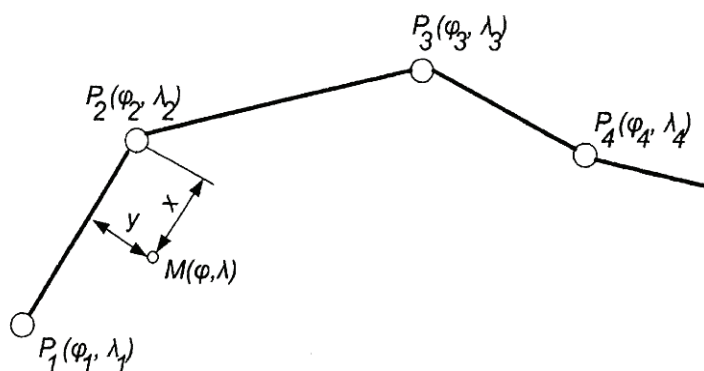


Рис. 2. Иллюстрация ввода путевых точек при плавании по заданной траектории движения судна

Таким образом, к совокупности блоков 1–13 добавляется новый блок – 14, представляющий собой адаптивный вычислитель бокового отклонения судна от заданной траектории движения, благодаря чему авторулевой приобретает новые свойства.

Для обеспечения автоматизации судовождения необходимо обосновать, рассчитать и автоматически ввести величину $y_{\text{доп}}$ в устройство – 2 выработки закона управления рулем блока управления – 1.

Решение этой задачи возможно, если принять, что боковое отклонение судна от заданной траектории движения равно допустимой погрешности счислимого места судна $M_{\text{доп}}$, т. е. $y_{\text{доп}} = M_{\text{доп}}$. В этом случае представляется возможным использовать методические подходы, приведенные в работе [2].

На внутренних водных путях, в отличие от морской зоны, габариты судового хода во многих случаях сопоставимы с габаритами самого судна. По этой причине при определении допустимой точности плавания на конкретном участке водного пути следует учитывать допустимое боковое отклонение судна от оси судового хода (заданной траектории движения).

Очевидно, что любой маршрут движения судов на внутренних водных путях имеет участки с различной шириной судового хода. Для удобства обоснования величины $y_{\text{доп}}$ разделим весь маршрут перехода судна на следующие типовые участки:

Тип 1. Ширина судового хода ($Ш_{\text{сх}}$) во много раз превышает ширину судна ($Ш_{\text{с}}$), например, когда $Ш_{\text{сх}} > 100$ м. В этом случае ось судового хода делит его на две полосы с двусторонним встречным движением.

Здесь в качестве критерия эффективности навигационного обеспечения (НО) представляется целесообразным взять вероятность невыхода судна за кромки судового хода [3]:

$$P_{\text{НЕВ}} = \Phi\left(\frac{\text{Ш}_{\text{сх}}/2 - \text{Ш}_{\text{с}}}{m}\right), \quad (1)$$

где $\Phi(X) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^X e^{-t^2/2} dt$ – интеграл вероятностей (функция Лапласа). Здесь

аргумент функции Лапласа $X = \frac{\text{Ш}_{\text{сх}}/2 - \text{Ш}_{\text{с}}}{m}$;

m – средняя квадратическая погрешность (СКП) места судна по направлению, перпендикулярному оси судового хода (траектории заданного движения). Для простоты расчетов и допустимой для практики точности m может быть принята приблизительно равной радиальной СКП, т. е. $m = M$ (погрешности, у которой оси a и b равны). В этом случае радиус круга $r = \sqrt{a^2 + b^2}$, в котором находится судно, окажется больше линейной погрешности m . Следовательно, в нашем случае расстояние судна (обсервованного места) до ближайшей границы судового хода будет меньше, чем в случае, когда мы использовали бы линейную СКП m . Таким образом, у вахтенного помощника капитана образуется некоторый «запас прочности», позволяющий нивелировать в некоторой степени погрешности нанесения на карту границ судового хода.

Из формулы (1) для заданного уровня вероятности $P_{\text{НЕВ}}$ находим допустимую СКП места $M_{\text{доп}}$ при плавании на участках первого типа:

$$M_{\text{доп}} = \frac{(\text{Ш}_{\text{сх}}/2 - \text{Ш}_{\text{с}})}{X}, \quad (2)$$

где X – аргумент функции Лапласа для заданного уровня вероятности $P_{\text{НЕВ}}$.

В рассматриваемом случае $P_{\text{НЕВ}} = 0,95$ [4].

В табл. 1 приведены значения аргумента X для различных уровней вероятностей $P_{\text{НЕВ}}$ [5].

Таблица 1

Значения аргумента функции Лапласа для различных уровней вероятности невыхода судна за кромки судового хода

$P_{\text{НЕВ}}$	0,997	0,99	0,95	0,9	0,8	0,7
X	2,97	2,58	1,96	1,64	1,28	1,04

В табл. 2 приведены допустимые погрешности определения места судна типа «Волго-Дон» ($\text{Ш}_{\text{с}}=16,7$ м) при плавании по рекам с различной шириной судового хода.

Таблица 2

Допустимая погрешность определения места судна при плавании по рекам с различной шириной судового хода

Ширина судового хода, м	$P_{\text{зад}}$					
	0,997	0,99	0,95	0,9	0,8	0,7
30	4,4	5,1	6,8	8,1	10,4	12,7
50	11,2	12,9	17,0	20,3	26,0	32,0
80	21,3	24,5	32,3	38,6	49,4	60,8
100	28,0	32,2	42,5	50,8	65,0	80,0
150	44,9	51,7	68,0	81,2	104,1	128,1
200	61,7	71,0	93,5	111,7	143,2	176,2
300	95,4	109,8	144,5	172,7	221,3	272,4

В случае воздействия внешней среды (ветра и течения) происходит разворот судна вокруг центра масс на некоторый угол, и диаметральной плоскости судна не совпадает с направлением судового хода. При этом наблюдается увеличение размеров полосы движения судна – ширины ходовой полосы судна при суммарном сносе S .

Величина S может быть рассчитана по формуле [2]:

$$S = \sqrt{L^2 \sin^2 c + \text{Ш}_c^2 \cos^2 c}, \quad (3)$$

где L – длина судна;

c – суммарный угол сноса, обусловленный воздействием ветра и течения.

Суммарный угол сноса можно определить по спутниковым навигационным системам (СНС) ГЛОНАСС или GPS. Несмотря на то, что в судовых СНА этих систем отсутствует сервисная задача такого рода, нам представляется возможным ее решать, используя результаты вычисления путевого угла ПУ_c и подключая к вычислителю СНА выходные данные от гирокомпаса, исправленные поправкой гирокомпаса. Тогда угол суммарного сноса за счет совместного действия ветра и течения может быть рассчитан по формуле:

$$c = \text{ПУ}_c - \text{ИК}, \quad (4)$$

где c – суммарный снос судна от ветра и течения;

ИК – истинный курс судна.

В итоге формула примет вид:

$$M_{\text{доп}} = \frac{\text{Ш}_{\text{сх}} / 2 - S}{X}. \quad (5)$$

Тун II. ($\text{Ш}_{\text{сх}} = 50\text{--}100$ м). В этом случае, как и в последующих, ось судового хода является заданной траекторией движения.

В качестве критерия эффективности навигационного обеспечения (НО) целесообразно взять вероятность невыхода судна за кромки судового хода с учетом воздействия внешней среды. При этом $P_{\text{нев}}$ берем равной 0,95.

Допустимая погрешность места в этом случае рассчитывается по формуле [2]:

$$M_{\text{доп}} = \frac{\text{Ш}_{\text{сх}} - S}{X}. \quad (6)$$

Тун III. ($\text{Ш}_{\text{сх}} = 20\text{--}50$ м). Ширина судового хода ($\text{Ш}_{\text{сх}}$) сопоставима с шириной судна ($\text{Ш}_{\text{с}}$).

В качестве критерия эффективности НО представляется целесообразным взять вероятность невыхода судна за кромки судового хода равной 0,997 [4], так как этот участок представляет собой узкость с повышенной опасностью для судовождения. $M_{\text{доп}}$ может быть рассчитана по формуле (6).

Тун IV. Крутые повороты со свальным течением ($\text{Ш}_{\text{сх}}=20\text{--}100$ м). Вероятность невыхода судна за кромки судового хода берется равной 0,997. Величина $M_{\text{доп}}$ рассчитывается по формуле [2]:

$$M_{\text{доп}} = \frac{\text{Ш}_{\text{сх}} - S - d}{X}, \quad (7)$$

где $d=V \cdot t \cdot \sin q$ – величина свала, V – скорость течения; t – время действия свального течения, т. е. время прохождения судном участка пути со свальным течением; q – угол между направлением движением судна и направлением действия свального течения.

Расчеты, проведенные по формулам (5) – (7) для различных типовых случаев, позволили рассчитать допустимые погрешности определения координат места судна и, следовательно, боковые отклонения его от заданной траектории движения.

Рассматриваемый авторулевой судна работает следующим образом. При плавании судна по заданной траектории движения с помощью СНА – 13 производится непрерывное определение его места по GPS, в результате чего по полученным координатам с использованием электронной карты, вырабатываемой ЭКНИС – 12, определяется ширина судового хода, соответствующего обсервованной точке. Одновременно для этой же точки по программе производится сопоставление фактической ширины судового хода с шириной судовых ходов типовых участков, занесенных в память ЭКНИС заблаговременно, т. е. устанавливается принадлежность обсервованной точки одному из рассмотренных выше типовому участку маршрута судна.

В зависимости от принадлежности обсервованной точки тому или иному типовому участку производится расчет допустимой радиальной средней квадратической погрешности места судна и, следовательно, допустимого бокового отклонения судна от заданной траектории движения для судов типа «Волго-Дон» по следующему правилу [2]:

- если $M_0 \in \text{I}$ участку с $\text{Ш}_{\text{сх}} > 100$ м, то $y_{\text{доп}} = M_{\text{доп}} = 21$ м (для $P_{\text{нев}} = 0,95$);
- если $M_0 \in \text{II}$ участку с $\text{Ш}_{\text{сх}} = 50 - 100$ м, то $y_{\text{доп}} = M_{\text{доп}} = 21$ м (для $P_{\text{нев}} = 0,95$);
- если $M_0 \in \text{III}$ участку с $\text{Ш}_{\text{сх}} = 20 - 50$ м, то $y_{\text{доп}} = M_{\text{доп}} = 1,1$ м (для $P_{\text{нев}} = 0,997$);

$M_{доп}$ берется по левой границе диапазона, т. е. для $Ш_{сх} = 20$ м; если $M_0 \in IV$ участку, то $u_{доп} = M_{доп} = 1$ м (для $P_{нев} = 0,997$).

Построив зависимость величины бокового отклонения от ширины судового хода и описав ее с помощью математического выражения, представляется возможным автоматизировать процесс выбора $u_{доп}$ в районе плавания, т. е. *создать блок определения допустимого бокового отклонения судна от заданной траектории движения – 14 (адаптивный вычислитель)*, подключаемый к схеме авторулевого – 1.

Принципиальная структурная схема такого вычислителя приведена на рис. 3.

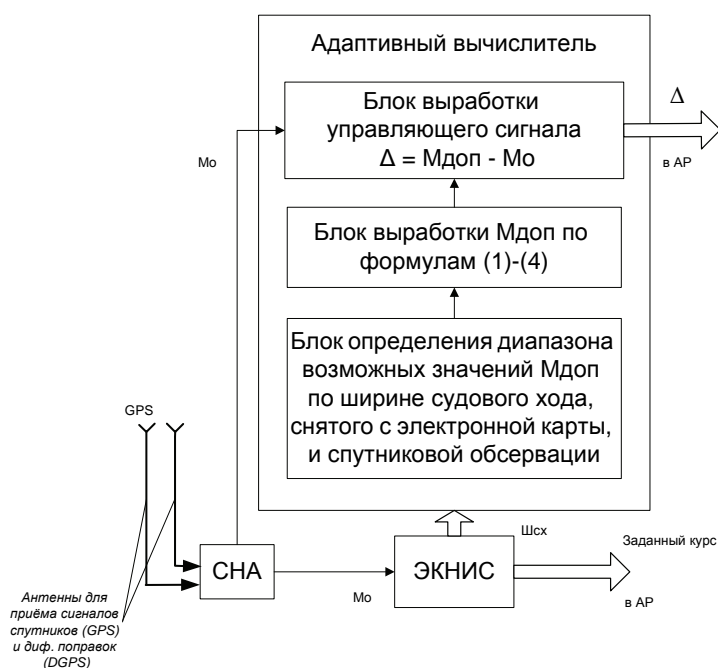


Рис. 3. Структурная схема адаптивного вычислителя (см. объяснения в тексте)

При отклонении судна от заданной траектории движения (заданного курса ψ) на величину Δ в устройстве формирования закона управления рулем – 1 блока управления – 2 вырабатывается электрический сигнал, соответствующий заданному значению угла перекладки руля, который поступает на вход следящей системы, где складывается с отрицательным сигналом внутренней обратной связи. Далее разность сигналов $\delta_3 - \delta$ поступает в усилитель – 3, а с его выхода сигнал подается на исполнительный механизм – 4 судна – 5. Начинается перекладка руля, которая продолжается до тех пор, пока действительное значение угла перекладки δ не станет равным заданному значению δ_3 . При этом сигнал на входе следящей системы станет равным нулю.

Величина δ_3 может быть рассчитана по формуле [2]:

$$\delta_3 = - \left(k_1 \psi + k_2 \omega + k_3 y + k_4 \int_0^T y dt \right), \quad (8)$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты обратной связи, описанные в учебнике [1];
 T – интервал интегрирования;
 y – величина бокового отклонения судна от линии заданной траектории;
 ω – угловая скорость поворота судна.

Угловую скорость ω определяют либо путем дифференцирования курсового сигнала, снимаемого с гирокомпаса – 7, либо путем включения в систему управления измерителя угловой скорости поворота (гиротахометра), либо путем использования спутникового компаса.

Рассмотренное техническое решение обеспечивает автоматический расчет и ввод в авторулевой допустимого бокового отклонения судна от заданной траектории движения в зависимости от условий плавания и подтверждено патентом на изобретение [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов Е. Л., Яловенко А. В., Якушев А. А. Технические средства судовождения: Теория. Учебник для вузов / Под ред. Е. Л. Смирнова. – М.: Транспорт, 1988. – 376 с.
2. Катенин В. А., Бойков А. В., Лысков А. В. К вопросу об обосновании допустимой погрешности места судна при плавании в автоматическом режиме по внутренним водным путям / Речной транспорт, 2007. – №5. – С. 73–77.
3. Катенин В. А., Дмитриев В. И. Навигационное обеспечение судовождения. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005 – 374 с.
4. Радионавигационный план Российской Федерации. Утв. Приказом Минпромторга России от 02.09.2008 г. № 118. – 84 с.
5. Митропольский А. К. Интеграл вероятностей. – Л.: ЛГУ, 1972. – 87 с.
6. Патент на изобретение № 2410282, (Россия). Авторулевой судна. Авторы: Катенин В. А., Лысков А. В., Михальский В. А. Приоритет 2009 г.

ADAPTIVE AUTOMATIC HELMSMAN FOR THE «RIVER-MARINE» VESSELS

V. A. Katenin («GNINGI» OJSC),

A. V. Boikov (The Moscow State Academy of Water Transport)

The principle of operation and automatic helmsman design intended to provide the automated navigation along the inland waterways, adapted for the complicated navigation conditions, taking the admissible position errors, the vessel passage way width and the vessel's dimensions into account, are considered.

УДК 629.067

**МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЕЙ ПОЛНОТЫ БЕЗОПАСНОСТИ
СИСТЕМ КОРАБЕЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ**

А. Д. ГОЛЯКОВ

(ВКА им. А.Ф. Можайского)

Рассмотрена модель функционирования системы корабельной навигации и приведена методика оценки уровня полноты её безопасности. Показано, что одним из определяющих факторов для достижения заданного уровня полноты её безопасности является интервал времени между профилактическими техническими обслуживаниями системы.

Безопасность мореплавания определяется рядом факторов, среди которых одно из важнейших мест занимает способность системы корабельной навигации выполнять заданные функции безопасности в процессе своего функционирования. Согласно методологии общего подхода к обеспечению функциональной безопасности при обосновании требований к системам защиты от различного рода угроз введены четыре дискретных уровня полноты безопасности SIL (Safety Integrity Level) [1, 2].

Каждому уровню SIL1, SIL2, SIL3 и SIL4 соответствует определенный диапазон показателей безопасности. Показатели безопасности устанавливаются в зависимости от режима работы системы. В режиме редких запросов на выполнение функции безопасности (т.е. с частотой не более одного раза в течение года, например, один запрос за два года) в качестве показателя безопасности системы выступает вероятность опасного отказа.

Под опасным отказом при этом понимается такое событие, в результате которого система перестает выполнять установленную функцию безопасности, т.е. система не реагирует на запрос, поступивший на её вход. Примером такой функции является формирование сигнала о появлении угрозы навигационного происшествия в соответствии с заранее выбранными критериями.

Вероятность $Q(t)$ опасного отказа системы является функцией времени. Поэтому при формировании диапазонов вероятностей опасных отказов для всех уровней SIL установлен одинаковый интервал времени равный одному году. В частности, для уровня SIL2 таким диапазоном является $10^{-3} \leq Q(t = 1 \text{ год}) < 10^{-2}$, а для уровня SIL3 – $10^{-4} \leq Q(t = 1 \text{ год}) < 10^{-3}$.

В процессе эксплуатации системы наряду с опасным отказом может возникнуть безопасный отказ. Последствиями безопасного отказа являются, как правило, экономические потери, которые не обусловлены аварийными или катастрофическими ситуациями.

Применительно к системам навигации к безопасному отказу относится, например, отказ, приводящий к выдаче ложного сигнала о предполагаемом навигационном происшествии. К безопасным относятся также так называемые

«защитные отказы» [3]. При появлении защитного отказа система переходит в безопасное состояние, т. е. состояние, при котором возможность происшествия практически исключена.

Формирование защитного отказа осуществляется при наличии в системе обеспечения безопасности корабельных средств диагностики. При их использовании каждый из двух потоков отказов системы (потоки опасных и безопасных отказов) разделяется соответственно на диагностируемые и недиагностируемые.

Очевидно, что оценивание уровня безопасности системы проводится путем анализа опасных недиагностируемых отказов.

Введем допущение, согласно которому время наступления отказов системы обеспечения безопасности в течение назначенного срока её эксплуатации имеет экспоненциальное распределение. Следовательно, интенсивность отказов системы λ , а также интенсивности опасных и безопасных отказов (соответственно λ_o и λ_6) являются постоянными величинами, т. е. $\lambda = \lambda_o + \lambda_6 = \text{const}$, $\lambda_o = \text{const}$ и $\lambda_6 = \text{const}$.

Если предположить, что диагностические средства имеют одинаковую глубину диагностики при обнаружении опасных и безопасных отказов, тогда соответствующие интенсивности отказов принимают вид:

$$\lambda_o = \lambda_{од} + \lambda_{он} = \lambda_o \eta + \lambda_o (1 - \eta),$$

$$\lambda_6 = \lambda_{6д} + \lambda_{6н} = \lambda_6 \eta + \lambda_6 (1 - \eta),$$

где $\lambda_{од}$ и $\lambda_{он}$ – интенсивности опасных диагностируемых и недиагностируемых отказов;

$\lambda_{6д}$ и $\lambda_{6н}$ – интенсивности безопасных диагностируемых и недиагностируемых отказов;

η – глубина диагностики корабельной системы.

Глубина диагностики корабельной системы является, по существу, характеристикой её целевого назначения. Она определяется как доля отказов, которые обнаружены в процессе функционирования системы. Значение глубины диагностики находится в диапазоне – от единицы до нуля. При $\eta \approx 1$ большинство отказов диагностируется, а при $\eta \approx 0$ отказы обнаруживаются крайне редко.

Рассмотрим методику оценивания уровней полноты безопасности на примере одноканальной системы с внутренней самодиагностикой [2]. При этом будем полагать, что для уменьшения вероятности отказа системы, находящейся в работоспособном состоянии, или для перевода системы из состояния неисправности в работоспособное состояние выполняются, соответственно, профилактическое или корректирующее техническое обслуживание (ТО) [4].

Таким образом, модель функционирования системы выглядит следующим образом. При обнаружении средствами самодиагностики опасного отказа система обеспечения безопасности переходит в режим проведения корректирующего ТО, который продолжается в течение интервала времени $\Delta T_{ТО}^K$.

Профилактическое ТО выполняется через заранее установленный интервал времени T , т. е. до наступления отказа (точнее обнаруженного отказа), и

продолжается в течение времени $\Delta T_{\text{ТО}}^{\text{П}}$. При этом необнаруженный средствами корабельной диагностики опасный отказ может появиться в любой момент времени, находящийся внутри интервала $(0, T)$.

Если положить, что интервал времени T намного меньше назначенного срока службы системы, то средним временем наступления её отказа в течение интервала между профилактическими обслуживаниями является момент $T_{\text{ср}} = \frac{T}{2}$.

В связи с этим средняя вероятность опасного отказа в течение времени $t = T + \Delta T_{\text{ТО}}^{\text{П}} + \Delta T_{\text{ТО}}^{\text{К}}$ при условии, что справедливо неравенство $\lambda_o t < 0,1$, находится из выражения:

$$Q_{\text{ср}}(t) = \lambda_{\text{он}} \left(\frac{T}{2} + \Delta T_{\text{ТО}}^{\text{П}} \right) + \lambda_{\text{од}} \Delta T_{\text{ТО}}^{\text{К}} = \lambda_o \left[(1 - \eta) \left(\frac{T}{2} + \Delta T_{\text{ТО}}^{\text{П}} \right) + \eta \cdot \Delta T_{\text{ТО}}^{\text{К}} \right]. \quad (1)$$

Если положить, что продолжительности профилактического и корректирующего ТО системы обеспечения безопасности равны среднему времени восстановления $MTTR$ (Mean Time To Repair), т. е. $\Delta T_{\text{ТО}}^{\text{П}} = \Delta T_{\text{ТО}}^{\text{К}} = MTTR$, тогда соотношение (1) принимает вид, рекомендованный ГОСТ Р МЭК 61508-6-2007¹:

$$Q_{\text{ср}}(t) = \lambda_o t_{\text{ср}} = (\lambda_{\text{он}} + \lambda_{\text{од}}) t_{\text{ср}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{ср}}$ – эквивалентное время отказа канала:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\lambda_{\text{он}}}{\lambda_o} \left(\frac{T}{2} + MTTR \right) + \frac{\lambda_{\text{од}}}{\lambda_o} MTTR = (1 - \eta) \left(\frac{T}{2} + MTTR \right) + \eta \cdot MTTR.$$

На практике интервал времени между профилактическими ТО значительно превышает среднее время восстановления. Поэтому эквивалентное время отказа канала, используемое в выражении (2), рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\lambda_{\text{он}}}{\lambda_o} \frac{T}{2} + \frac{\lambda_{\text{од}}}{\lambda_o} MTTR = (1 - \eta) \frac{T}{2} + \eta \cdot MTTR.$$

При оценивании уровней полноты безопасности по формулам (1) или (2) появляется необходимость определения значения интенсивности опасных отказов (λ_o). В связи с тем, что поиск доли опасных отказов, возникающих в процессе функционирования системы, из общего потока отказов, является достаточно сложной проблемой, стандартом ГОСТ Р МЭК 61508-2007 предлагается принять допущение о

¹Основное содержание ГОСТ Р МЭК 61508-2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью» изложено в работах [1, 2].

равенстве интенсивностей опасных и безопасных отказов, т.е. $\lambda_o = \lambda_6 = \frac{\lambda}{2}$. При этом интенсивность отказов λ одноканальной системы обеспечения безопасности находится путем сложения значений интенсивностей отказов входящих в неё элементов.

Анализ модели функционирования системы показывает, что результатом профилактического ТО является переход системы обеспечения безопасности в исходное состояние, т.е. такое состояние, которое она имела до начала эксплуатации. Поэтому расчетное значение вероятности опасного отказа и соответствующий уровень безопасности SIL в значительной степени зависят от интервала T между двумя последовательными профилактическими ТО.

Для демонстрации роли продолжительности функционирования системы до профилактического ТО рассмотрим систему обеспечения безопасности (СОБ), содержащую три блока:

- 1) блок средств измерений (БСИ) параметров, характеризующих появление угроз навигационного происшествия;
- 2) блок логических элементов (БЛЭ) в виде программируемых логических устройств;
- 3) блок выходных устройств (БВУ), формирующих сигнал об угрозе навигационного происшествия.

Предположим, что интервал между двумя последовательными профилактическими ТО равен одному году, а интервал времени для восстановления работоспособного состояния после обнаружения неисправности и средняя продолжительность профилактического ТО не превышают 24 часов. При этом диагностика всех блоков системы (БСИ, БЛЭ и БВУ) осуществляется с одинаковой глубиной $\eta = 0,9$.

Для расчета искомых вероятностей отказов воспользуемся выражением

$$Q_{cp}(t) = \frac{\lambda}{2}[(1-\eta)\frac{T}{2} + \eta \cdot MTTR] = \frac{\lambda}{2} \cdot [(1-0,9) \cdot \frac{1}{2} + 0,9 \cdot \frac{1}{365}] \approx 0,025\lambda,$$

где интенсивность отказов системы λ имеет размерность 1/год.

Значения средних наработок между отказами MTBF (Mean time between failures) блоков и результаты оценивания уровней SIL приведены в таблице.

Уровни SIL системы обеспечения безопасности и входящих в неё блоков ($T = 1$ год)

Блок	MTBF, год	λ , 1/год	$Q_{cp}(t)$	SIL
БСИ	10	0,1	0,0025	2
БЛЭ	50	0,02	0,0005	3
БВУ	10	0,1	0,0025	2
СОБ	-	0,22	0,0055	2

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что для достижения системой обеспечения безопасности уровня SIL3 необходимо сократить интервалы между профилактическими ТО блоков БСИ и БВУ. Например, можно показать, что при проведении ежемесячных профилактических ТО блоков БСИ и БВУ средние вероятности опасных отказов $Q(t)_{cp}^{БСИ} = Q(t)_{cp}^{БВУ} = 0,00021$. В результате средняя вероятность опасных отказов системы $Q_{cp}(t) = 0,00092$, т. е. уровень полноты безопасности системы составит требуемое значение.

Таким образом, для оценивания уровней полноты безопасности систем корабельной навигации может быть использована приведенная методика, в которой учитываются не только показатели надежности входящих в систему комплектующих элементов и глубина диагностики их отказов, но и характеристики профилактического и корректирующего ТО, в частности, продолжительности их проведения, а также интервал между двумя последовательными профилактическими ТО. При этом значение интервала времени между двумя последовательными профилактическими ТО является одним из определяющих факторов при достижении заданного уровня полноты безопасности системы корабельной навигации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голяков А. Д. Общий подход к обеспечению функциональной безопасности. Основные положения // Навигация и гидрография. – 2009. – №28. – С. 48–54.
2. Смит Д. Д., Симпсон К. Д. Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандарта МЭК 61508 и связанных с ним стандартов. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2004. – 208 с.
3. 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.
4. Голяков А. Д. Переход к международной терминологии в области надежности // Навигация и гидрография. – 2010. – №30. – С. 59–65.

TECHNIQUE OF ESTIMATION OF SAFETY COMPLETENESS LEVEL FOR SHIP NAVIGATION SYSTEMS

A. D. Golyakov (Mozhaiyskiy Military-Space Academy)

The model of functioning of ship navigation system is considered. The technique of estimation of its safety completeness level is presented. It is shown that one of the defining factors for achievement of the set level of its safety completeness is the time interval between the preventive maintenance service operations for the system.

УДК 623.8/9:62.5

**ПЕРВЫЕ УРОКИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МОРСКИХ СРЕДСТВ
НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ СЕВЕРНОГО ФЛОТА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Ю. В. АРНАУТОВ
(в/ч 59051)

В статье анализируется процесс внедрения сервисного обслуживания вооружения и военной техники в Военно-Морском Флоте Российской Федерации. На примере морских средств навигации и океанографии кораблей Северного флота рассматриваются существующие проблемы организации системы технического обслуживания и оперативного ремонта, предлагаются пути и методы их совершенствования.

В 2010 г. Министерством обороны Российской Федерации обнародована «Концепция адаптации системы обслуживания и ремонта вооружений и военной техники (ВВТ) к новому облику Вооруженных Сил Российской Федерации» (далее – Концепция), которая предусматривает переход от системы периодического технического обслуживания к более широкому понятию сервисного обслуживания сил воинских формирований. В условиях стремительного формирования перспективного облика войск органы военного управления (ОВУ) армии и флота находятся в поиске оптимальной организации поддержания в исправном состоянии техники, состоящей на вооружении. Очевидно, по причине неготовности сформированного и проходящего процесс становления ОАО «Оборонсервис» выполнить большой объём необходимых работ командование Военно-Морского Флота России остановило свой выбор на судостроительной отрасли страны как единственно способной в настоящее время выступить в качестве головного исполнителя сервисного обслуживания.

В 2009 г. принято Совместное решение начальника вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации – заместителя министра обороны Российской Федерации и президента ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОАО «ОСК») о внедрении системы технического надзора в процессе эксплуатации некоторых проектов кораблей ВМФ. Этим документом закладывались основы гарантированного поддержания технической готовности сил в межремонтный период предприятиями корпорации. На Северном флоте апробация осуществлялась главным исполнителем – ОАО «Центр судоремонта «Звёздочка», которое распоряжением Правительства Российской Федерации включено в Реестр единственных поставщиков российского вооружения и военной техники.

Очередным шагом логично было ожидать разработки правил взаимоотношений заказчика и исполнителя, согласования терминов и определений, однако такой документ в 2010 г. на флот так и не поступил. В результате факт заключения головным исполнителем контрактов с соисполнителями на сервисное обслуживание ВВТ довольствующим органам Северного флота не доведен, контроль над процессом

длительное время ими не осуществлялся. По этой же причине корабли, предназначенные Совместным решением для апробации системы технического надзора, вместе с личным составом продолжала эксплуатировать группа технического обслуживания навигационных комплексов (ГТО НК) № 5 и радиомеханики штурманских мастерских гидрографической службы СФ. Именно они произвели преобладающую часть необходимого ремонта морских средств навигации и океанографии (МСНиО), обеспечив выполнение кораблями поставленных задач. Техника номенклатуры УНиО МО непосредственно специалистами ОАО «ЦС «Звездочка» не обслуживалась, а соисполнитель предприятия сосредоточил основные усилия на кампании по продлению назначенных показателей эксплуатации, причём 56% работ по наиболее сложным образцам штурманского вооружения выполнены специалистами сторонних организаций региона. Не был реализован и предусмотренный Совместным решением механизм восполнения флоту израсходованных во время работ запасного имущества и принадлежностей (ЗИП). Красноречивым итогом 2010 г. стало возрастание стоимости работ в рамках апробации сервисного обслуживания МСНиО *более чем втрое* по сравнению с расходами на содержание ГТО НК!

Тем не менее, ОВУ ВМФ сделали вывод о положительных результатах внедрения системы технического надзора и возможности распространения приобретённого частного опыта на весь процесс сервисного обслуживания кораблей в перспективе. Недостатки не были учтены и при формировании государственного оборонного заказа текущего года, что продолжает вносить диссонанс в отношения сторон.

Понимая важность формирования единых правил, ОАО «ОСК» и «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега» разработали проект документа «Корабли и суда ВМФ. Порядок выполнения работ по сервисному обслуживанию в процессе их эксплуатации. Положение НЯДИ.000.0420.00.029» (далее – Положение). На флоте оно не обсуждалось, в результате чего во многом интересы заказчика оказались не учтёнными. Позитивно оценивая замысел документа, имеющего целью разграничить права и обязанности сторон в процессе сервисного обслуживания кораблей, нельзя не отметить его очевидные недостатки.

В частности, Концепция оборонного ведомства рассматривает сервисное обслуживание ВВТ как комплекс мероприятий, включающий:

- мониторинг технического состояния,
- оперативное восстановление,
- текущий ремонт,
- периодическое техническое обслуживание,
- поддержание ВВТ в установленной степени готовности к использованию по назначению [1].

В Положении существует аналогичное определение, однако в дальнейшем рассматривается лишь аспект технического обслуживания с элементами текущего ремонта «...исходя из лимитов финансирования» [2]. Таким образом, личному составу, ОВУ флота и звену войскового ремонта фактически придётся возложить на себя обязанности по мониторингу, оперативному восстановлению и поддержанию ВВТ в готовности к использованию. Это преобладающая часть работ, выполнение которой силами ВМФ в условиях значительного сокращения численности военнослужащих и гражданского персонала маловероятно.

Документом по сути предлагается узаконить монопольное право ОАО «ОСК» на сервисное обслуживание объектов ВМФ. Головной исполнитель настаивает на трёхлетнем цикле заключения контрактных обязательств, не добившись эффективной организации своих работ. Положение также не отражает вопросы системного взаимодействия с подразделениями войскового ремонта и предприятиями ОАО «Оборонсервис». В проекте не дано толкование новому понятию «мониторинг», которое подменено частным термином «освидетельствование». Для формирования единства подходов также чрезвычайно важно договориться о значении словосочетания «оперативное восстановление». Нуждаются в конкретизации права и обязанности ОВУ флота, структуру и подчинённость которых авторы, видимо, представляют недостаточно четко. Всю систему сервисного обслуживания Положение основывает на весьма спорной схеме движения финансовых потоков, которую рассмотрим на примере флотской организации 2011 г. (рис. 1).

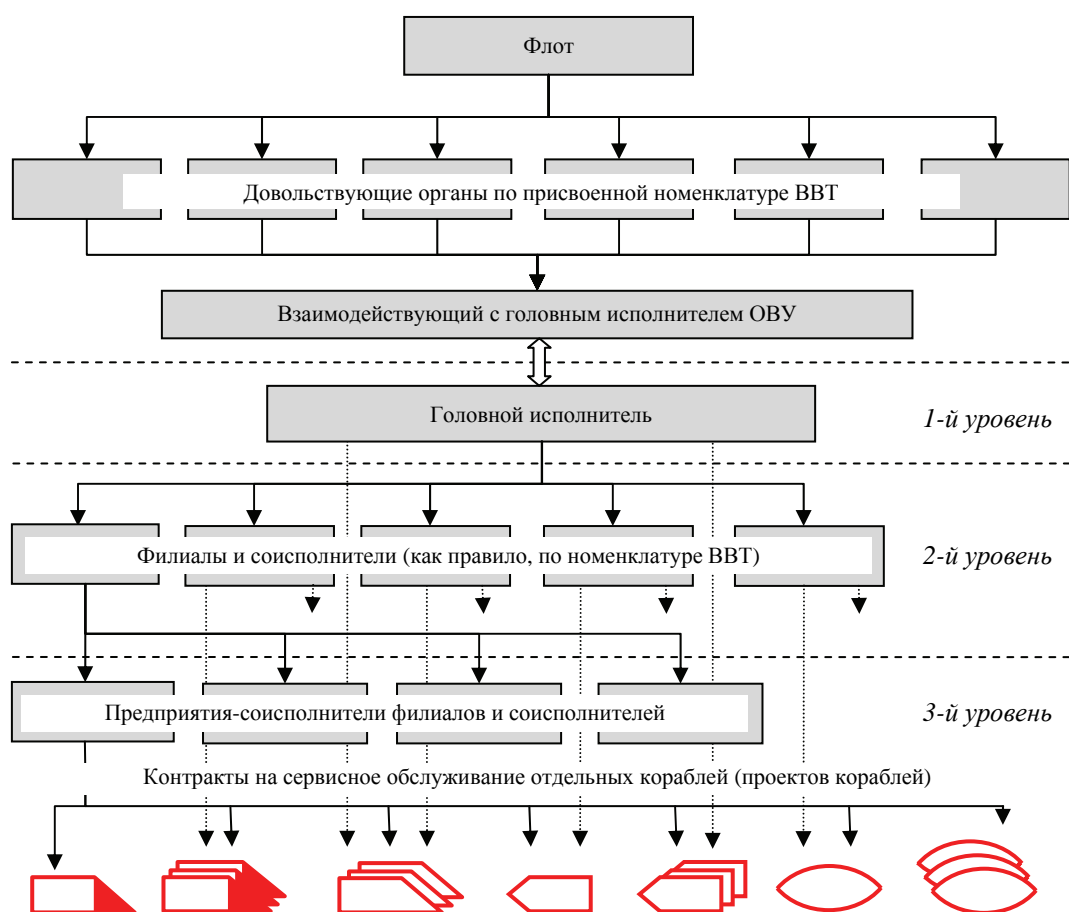


Рис. 1. Внедряемая организация сервисного обслуживания ВВТ

Лимиты денежных средств для планирования объёмов сервисного обслуживания ВВТ распределяются довольствующим органам флота по присвоенной

номенклатуре, основываясь на практическом опыте руководителей техническим обеспечением, т. е. субъективно. Далее сведения о размерах финансирования тех или иных работ в виде ведомостей исполнения аккумулируются уполномоченным командованием органом и передаются на предприятие. При этом декларируется ответственность за объективность процесса ценообразования военных представительств на предприятиях-исполнителях. На практике же у эксплуатирующего личного состава востребуются сведения и о трудоёмкости работ, и об их стоимости. Ввиду отсутствия в штате экономистов, потребность в денежных средствах штабы соединений указывают либо по подсказке заинтересованных потенциальных исполнителей, либо по результатам консультаций с довольствующими органами. Последние, в свою очередь, начальную цену контрактов рассчитывают по ориентировочной трудоёмкости и согласованной в прошедшем году стоимости нормо-часа или отождествляют с аналогичными контрактами, применив коэффициенты-дефляторы. Зачастую производится экспертная оценка, брать в расчёт достоверность которой не представляется возможным. Не определен механизм компенсации командировочных расходов исполнителя и его затрат на приобретение запасных частей и материалов.

В схеме организации работ (рис. 1) отчетливо просматривается «горлышко» при слиянии флотских лимитов и передаче их головному исполнителю. Оно означает, что сбои в деятельности органа технического обеспечения, аккумулирующего финансовые потоки, или взаимодействующего с ним отдела предприятия неизбежно приведут к потрясениям всей системы. Представляется иррациональным сначала делить финансовые средства между довольствующими органами флота, а затем объединять их вновь, чтобы передать единому исполнителю, который вновь распределит их соисполнителям работ по номенклатурным принадлежностям.

Головное предприятие – это объединение нескольких судоремонтных заводов, каждый из которых специализируется на работах с определёнными классами подводных лодок, кораблей и судов. С точки зрения организации производства холдингу-монополисту не выгодно разделять исполнение заказа по номенклатурным принадлежностям, как это принято на флоте. Он заинтересован сначала загрузить судоремонтные заводы корпорации «ОСК», не допуская на рынок специализированных услуг пусть даже более рентабельные предприятия иных собственников. Отсюда первичное дифференцирование общего лимита по филиалам, каждый из которых осуществляет сервисное обслуживание одного или нескольких проектов кораблей. Такая схема затрудняет оперативное перераспределение денежных средств между самостоятельными юридическими лицами, допуская его внутри группы кораблей, а чаще – между боевыми частями и службами отдельно взятого корабля. Влияние ОВУ на ситуацию здесь вторично по сравнению с коммерческой выгодой холдинга, заказчик искусственно удаляется от регулирования процессов.

Не имея, как правило, собственных производственных подразделений и стандового оборудования для проверки и ремонта высокотехнологичных комплексов радиоэлектронного вооружения, головной исполнитель кроме своих филиалов, вынужден полученные финансовые средства перераспределять соисполнителям, работающим в сфере ВВТ. Пользуясь предоставленными Гражданским кодексом Российской Федерации правами, монополист зачастую избирает контрагентами 2-го

уровня (рис. 1) вовсе не разработчиков или изготовителей техники. Выбор падает на партнёров, самостоятельно осваивающих часть объёмов обслуживания техники по одной или нескольким номенклатурам, способных организовать соисполнителей 3-го уровня для завершения заявленных флотом работ. Нередко выбор определяется не критерием лучшего соотношения цены и качества, а заботой о территориальном партнёрстве в моногородах. Таким образом, декларируя принцип обязательности согласования участников исполнения гособоронзаказа с ОВУ флота, головной исполнитель на деле не всегда преследует интересы ВМФ.

Несомненно, проект Положения ценен большим количеством решений «тактического» уровня, не подлежащих оспариванию. Однако недостатком схемы, предлагаемой ОАО «ОСК» и «НИПТБ «Онега», является потеря одного из важнейших преимуществ единого исполнителя – возможности в условиях ограниченного финансирования (в том числе в период нарастания военной угрозы) быстро перераспределять силы и средства судоремонта в пользу корабля, назначенного для решения внезапно возникшей задачи. Положением в этом случае предусмотрен лишь экстенсивный путь – увеличение суммы контракта на 10–15% [2]. В итоге, осуществляя борьбу с недобросовестными исполнителями, военное ведомство создало посредника (на рис. 1 – 1-го уровня), оплату непроизводственных услуг которого в размере более 5% суммы контракта вынуждено финансировать.

Если предложенная ныне система работ не является оптимальной, то закономерен вопрос: «Как организовать сервисное обслуживание ВВТ, кораблей и судов для достижения максимальной отдачи вложенных финансовых средств?» Ответ на него – тема отдельного исследования, однако, на наш взгляд, должны учитываться следующие аспекты.

1. Следует поддерживать исторически сложившиеся в судоремонтном комплексе отношения отраслевых предприятий промышленности с довольствующими органами флота, постепенно адаптируя эти связи к условиям рыночной экономики.

2. Необходимо исключить излишнюю глобализацию процесса заключения контрактов, передав *функции заказчиков по присвоенной номенклатуре главным управления ВМФ*, а представителей заказчика – довольствующим органам флотов. Действительно, неработоспособной с точки зрения гражданско-правовых отношений выглядит схема, когда начальник вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации – заместитель министра обороны Российской Федерации заключает контракт с акционерным обществом, являющимся малым предприятием! В 2010 г. в таких случаях подписание дополнительного соглашения превращалось в сверхзадачу! Следует также избежать схем с «горлышком» и созданием посредников 1-го уровня.

3. Следует разделить понятия судоремонта и сервисного обслуживания. Все виды заводских ремонтов кораблей осуществлять по контрактам между ВМФ и головными исполнителями – предприятиями ОАО «ОСК». Именно они обладают уникальным опытом и сложившейся кооперацией с соисполнителями в этой области, однако мониторинг состояния ВВТ, техническое обслуживание, оперативный ремонт, ежедневное поддержание готовности – не лучшее применение громоздкой и неповоротливой структуры судоремонтных гигантов.

4. Сервисное обслуживание ВВТ разумно организовать по единым для всех флотов контрактам с *головными отраслевыми исполнителями* (в Концепции –

отраслевыми центрами). Роль их исходя из предназначения и самой этимологии названия должны выполнять предприятия ОАО «Оборонсервис». В полезности такого построения убеждает универсальность многих образцов ВВТ по носителю (подводной лодке, надводному кораблю, судну). В этом их отличие от корпусных конструкций и энергетических установок, уникальных для каждого проекта. Отраслевой центр сможет заведомо эффективнее взаимодействовать с тремя – четырьмя десятками контрагентов, чем головной исполнитель с сотнями, если будет работать без посредников! Пирамидальная структура построения на рис. 2 выглядит более «живучей», чем схема с «горлышком» на рис. 1.

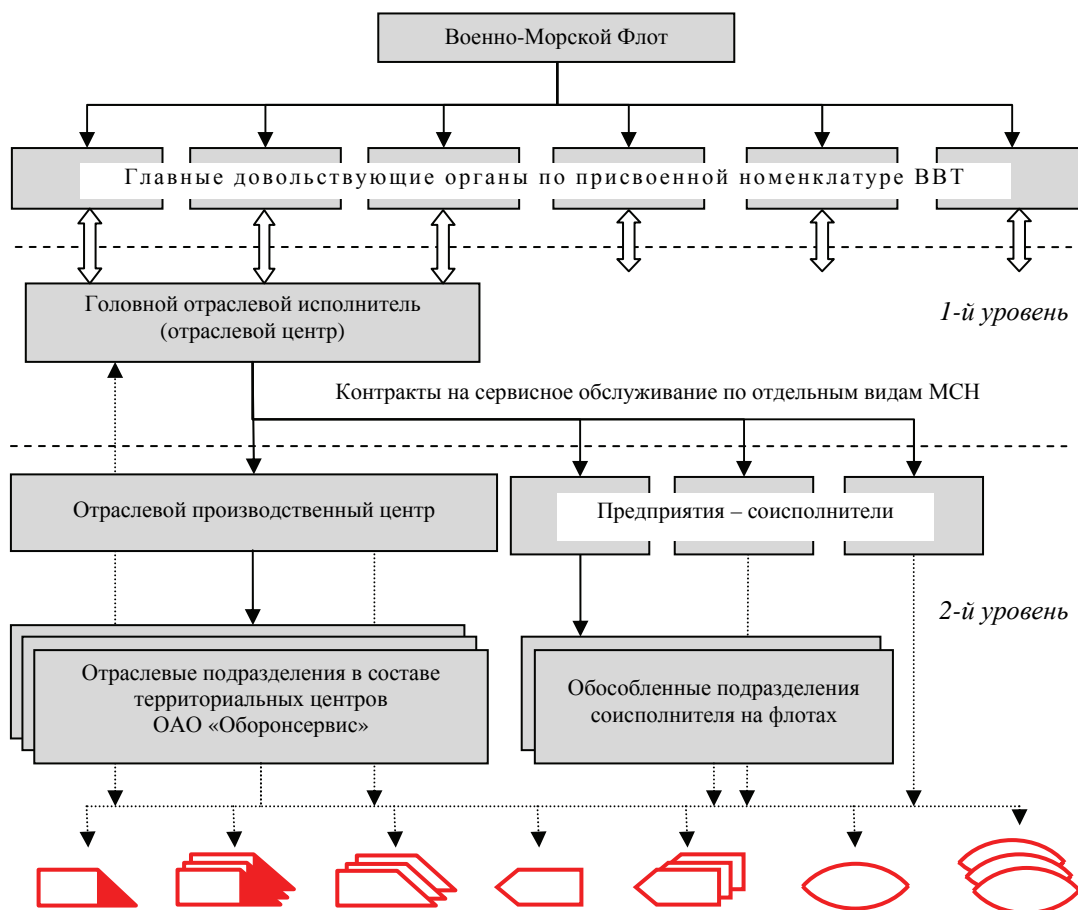


Рис. 2. Предлагаемая организация сервисного обслуживания ВВТ

5. Ограничение пределами отрасли круга предприятий-соисполнителей сервисного обслуживания позволит заключать договоры между участниками работ с видом цены «ориентировочная» и переводить её ежеквартально в твёрдую фиксированную по фактическим затратам. Подобная схема в начале 2000 годов позволяла гидрографической службе СФ экономить до 8% бюджетных средств, выделенных на техническое обслуживание и ремонт МСНиО. Высвобождаемые деньги создавали резервный фонд для решения внезапно возникающих задач.

6. Функции организатора сервисного обслуживания рационально исполнять *непроизводственной* отраслевой организации, обладающей подразделениями специалистов-аналитиков и бухгалтеров-экономистов. Аргументы следующие. Даже беспрецедентно высокие расходы на оборону государственного бюджета 2011–2013 годов обеспечивают потребность финансирования сервисного обслуживания МСНиО менее чем на 90%, да и то на кораблях (судах), выполняющих основные задачи. Кроме того, сегодня не существует необходимых производственных мощностей, стендового оборудования и квалифицированных специалистов, способных обеспечить всеобъемлющее сервисное обслуживание МСНиО всего боевого состава ВМФ. И только единая для всех флотов, проектов и кораблей система управления, основанная на мониторинге состояния ВВТ, адекватно и быстро реагирующая на изменение обстановки сосредоточением усилий всей отрасли, станет инструментом эффективного использования бюджетных ассигнований. Распределение же объёмов работ производственной организацией неизбежно приведёт к «перекоосу» в сторону выгодной загрузки именно её мощностей.

Непроизводственный характер отраслевого центра позволит ему строить отношения с контрагентами так, что несоблюдение ими условий контракта будет подвергаться штрафным санкциям в пользу первого. Это должно стимулировать рост качества услуг. Отраслевой центр также мог бы выполнять объективные расчеты потребностей ЗИП, материалов и затрат на их приобретение. При всём этом число уровней соисполнения контрактов сократилось бы с нынешних трёх (рис. 1) до двух (рис. 2).

7. Соисполнителями сервисного обслуживания ВВТ могли бы являться как организации ОАО «Оборонсервис», так и традиционно привлекаемые по коммерческим договорам предприятия промышленности России, их обособленные подразделения в местах базирования кораблей и зарубежные партнёры.

8. Насущным представляется создание *территориального отраслевого* звена сервисного обслуживания МСНиО с целью приближения подразделений, оказывающих услуги, к потребителям услуг – кораблям. Выездными бригадами немисливо решить задачу оперативного ремонта ВВТ. Полагая быстрое формирование новой отраслевой структуры на флотах неосуществимым, разумно максимально использовать сохранившиеся возможности ГТО НК и войскового ремонтного звена – штурманских мастерских флота. Необходимо сохранить специалистов-радиомехаников, которые по причине невысоких доходов уже сегодня активно ищут высокооплачиваемую работу в других акционированных ремонтных организациях.

Для завершения жизненного цикла морально стареющих образцов МСНиО полезно использовать имеющееся в штурманских мастерских стендовое оборудование. Контрольно-проверочная лаборатория после некоторых капиталовложений способна удовлетворить устойчивый спрос флота на поверку гидрометеоприборов и измерителей времени. Доход может приносить и утилизация МСНиО.

9. Для сокращения затрат на сервисное обслуживание жизненно необходимо перевести на научную и рыночную основу порядок ценообразования, так как погоня за объёмами финансирования приобрела сегодня гротескные формы. Извечный спор между довольствующимися органами о том, чья материальная часть нуждается в больших капиталовложениях, может быть решен применением простого механизма.

Он заключается в финансировании сервисного обслуживания ВВТ пропорционально отношению построечной стоимости вооружения одной номенклатуры к общей стоимости корабля. Цифры могут уточняться введением априорных коэффициентов, учитывающих статистическую надёжность изделий, территориальные особенности изготовителей, степень ранее выполненной модернизации (замены) ВВТ и т. п.

10. Успешность выполнения контрактных обязательств исполнителями должна оцениваться конечным результатом приблизительно таким образом. Предположим, согласно плану обеспечения боевой готовности, корабль должен содержаться в течение 63 суток I-го квартала в составе сил постоянной готовности. Фактически в этот период гидрокомпас был неисправен 5 суток при нормативе восстановления – 1 сутки. То есть 6,3% времени боевая готовность корабля не обеспечена, за что исполнитель подвергается пропорциональным стоимости работ штрафным санкциям.

11. Достойна поддержки высказанная в Положении мысль об обязательности создания типовых ведомостей работ по сервисному обслуживанию. Разработанные ЦКБ-проектантами, специализированными технологическими предприятиями и специализированными конструкторско-технологическими бюро по закреплённой номенклатуре ВВТ, прошедшие процедуру анализа и должным образом утверждённые документы могли бы:

- стать основой для определения трудоёмкости и стоимости работ;
- исключить ежегодное создание многотомных, избыточных неточностями ведомостей исполнения; личный состав корабля ежегодно заявлял бы только дополнительный объём мероприятий;
- позволить спланировать расходы на восполнение использованного в процессе ремонта ЗИП на базе статистических данных о надёжности образцов ВВТ;
- сыграть антикоррупционную роль, не позволяя завышать стоимость работ отдельных соисполнителей.

Выводы:

1. Сохранившаяся на Северном флоте система технического обслуживания и ремонта морских средств навигации и океанографии в основном успешно решает задачи обеспечения сил.

2. Внедряемая сегодня в ВМФ организация сервисного обслуживания ВВТ не соответствует общему замыслу Минобороны России максимально освободить военнослужащих от выполнения несвойственных функций.

3. Положение НЯДИ.000.0420.00.029 не обеспечивает всеобъемлющий и непрерывный процесс поддержания техники в установленной степени готовности к использованию силами предприятий промышленности. Предлагаемый порядок работ применим лишь в течение переходного периода, необходимого для становления производственной структуры ОАО «Оборонсервис».

4. Предлагаемая органами вооружения и эксплуатации вооружения ВМФ система головных исполнителей – судоремонтных предприятий – существенно усложняет сервисное обслуживание штурманского вооружения кораблей и судов и повышает его стоимость.

5. Целесообразно вернуться к существовавшей до середины 2000-х годов системе заказчиков – главных управлений ВМФ по присвоенной номенклатуре. При этом единым исполнителем сервисного обслуживания ВВТ смогут выступить организации и предприятия ОАО «Оборонсервис».

ЛИТЕРАТУРА

1. О Концепции адаптации системы обслуживания и ремонта вооружений и военной техники к новому облику Вооруженных Сил Российской Федерации: Приложение № 1 к приказу Министра обороны РФ от 06.04.2010 № 320 /. М.: ОАО «12 Центральная типография», 2010. – С. 4.
2. Корабли и суда ВМФ. Порядок выполнения работ по сервисному обслуживанию в процессе их эксплуатации. Положение НЯДИ.000.0420.00.029 (проект) // [Электронный ресурс] / ОАО «ОСК», «НИПТБ «Онега». – М., 2010. – С. 8, 10, 17.

THE FIRST LESSONS LEARNED FROM SERVICE SUPPORT FOR THE MARINE AIDS TO NAVIGATION AND OCEANOGRAPHY OF THE RF NORTH FLEET

Y. V. Arnautov (Unit 59051)

The process of the service support implementation for the armament and military technology in the RF Navy is analysed. Using the marine aids to navigation and oceanography of the North Fleet as an example, the current problems of the organization for the technical support and operational repairs system are considered. The ways and methods of their improvement are suggested.

УДК 623:658.5:34

***ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА
СОВРЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ОПК***

В. С. КРАСОВСКИЙ

(ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

Проанализирован опыт предприятия по совершенствованию инновационного процесса создания изделий военного, двойного и гражданского назначения. Рассмотрены правовая защищенность и проблемы коммерциализации результатов работ на внутреннем и внешнем рынках, в том числе при выполнении работ по федеральным целевым программам.

В течение обоих прошедших десятилетий экономическая политика Российской Федерации сопровождается настойчивыми, но в целом пока недостаточно эффективными, усилиями государства по определению путей создания современной инновационной производственной инфраструктуры, а также выработке необходимых мер по защите и коммерциализации создаваемой интеллектуальной собственности. Интеграция страны в мировую экономику невозможна без решения в сжатые сроки этих взаимосвязанных проблем.

Ниже рассмотрен практический опыт «Концерн ЦНИИ «Электроприбор» по разработке инновационных изделий различного назначения, а также эффективности и влияния правовой защищенности на возможности коммерциализации изделий. Этот опыт может быть достаточно интересен и показателен, поскольку предприятие:

– относится к оборонно-промышленному комплексу и входит в «Перечень стратегических оборонных обществ», при этом оно не просто выжило в трудные годы, но продолжает достаточно успешно развиваться;

– прошло путь от государственного унитарного предприятия до открытого акционерного общества, преобразовавшись из обычного профильного научно-исследовательского института с небольшим опытным производством в концерн с тремя современными производственными структурами и широкой тематикой работ;

– специализируется все годы своего существования в основном на создании наукоемких и сложных в техническом отношении комплексов, которые в настоящее время превалируют в общем объеме продукции.

В целом за прошедшее десятилетие предприятие не только существенно расширило номенклатуру разрабатываемых изделий в основной области деятельности, но пытается найти свои ниши в гражданском судостроении и в смежных областях техники, проводя активную политику диверсификации. Конечно же, это происходит не без проблем, но все-таки с явным поступательным движением. Периодически возникавшая неопределенность ситуации в экономическом развитии предприятия объясняется тем, что по воле государственных исполнительных органов с 2002 г. к институту были последовательно присоединены и стали структурными подразделениями три предприятия, отнюдь не отличавшиеся в тот период экономическими достижениями. Кроме того, уже после реорганизации в 2008 г. института в акционерное общество прибавилось еще одно предприятие, находящееся за тысячи километров, которое необходимо было загружать заказами. Реформирование, проводимое в отрасли, никаких преференций для нашего предприятия не предусматривало ни до, ни после приватизации. Проблемы усиливались и тем, что два присоединяемых предприятия занимаются несвойственными для института наукоемкими направлениями. Поэтому к проблемам активизации инновационной деятельности института добавилась необходимость структурной реорганизации присоединяемых коллективов и их производств. И все это в основном за счет использования собственных средств и творческих усилий руководства и работников предприятия.

Выход из сложившейся ситуации был один – усиление инновационной политики института за счет структурной перестройки организации работы отделов-разработчиков, совершенствования производственной базы и технологических процессов производства, поиск эффективных путей использования имеющегося инновационного потенциала (научно-технического задела). Нововведения по созданию необходимой инновационной инфраструктуры коснулись абсолютно всех сфер деятельности предприятия и были направлены на повышение эффективности использования финансовых, интеллектуальных, научно-технических и иных ресурсов. В ходе реализации инновационной политики института за последние 10 лет с тем или иным успехом были опробованы различные организационно-инновационные формы, в том числе:

– создание инновационно-технологического центра, просуществовавшего всего несколько лет,

– образование не прижившихся в конечном итоге творческих коллективов,

– расширение сотрудничества с ведущими ВУЗами Санкт-Петербурга (создание совместной лаборатории, финансирование проведения ВУЗами научных проработок

и привлечение к работе в институте отдельных ведущих ученых) для реализации наукоемких научно-технических проектов,

- совершенствование форм подготовки молодых специалистов и учебных программ подготовки студентов в учебном центре концерна, что обеспечивает снижение времени их адаптации для работы на предприятии,

- модернизация технологического и стендового оборудования,

- широкое внедрение современных информационных технологий на всех этапах создания изделий, что обеспечивает функционирование системы управления потоками конструкторской, программной, эксплуатационной и технологической документации,

- совместные работы по созданию инновационной продукции и технологий с отечественными и зарубежными разработчиками и производителями.

Необходимо учитывать и то, что к 2000 году количество научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполняемых по линии государственного оборонного заказа, было сведено к минимуму. С 2005 года прекратилось, пусть и незначительное по объему, бюджетное финансирование программ по линии Государственных научных центров РФ (ГНЦ РФ), хотя исследования и работы проводились институтом по десяти критическим технологиям Российской Федерации, что обеспечивало создание реального научно-технического задела для перспективных разработок предприятия и, что немаловажно, подготовку молодых ученых. При выполнении программ ГНЦ РФ с 1994 г. было выполнено около 150 научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в основных и смежных областях знаний, в то время как по линии Министерства обороны за этот же период институт провел только три научно-исследовательские работы. Дали ли программы ГНЦ РФ ожидаемый результат? Ответ однозначно утвердительный. Поскольку средства, получаемые по федеральной целевой научно-технической программе, поддержали предприятие в сложное время перемен, когда страна и наука находились на стадии развала, и единственная оставшаяся льгота по освобождению от налога на имущество была не лишней. Благодаря этим работам институт не только сохранил научно-технический коллектив, но через три десятилетия вновь вернулся к космической тематике и активно вторгся в такие новые области практических приложений, как обеспечение безопасности движения на речном транспорте, транспортная логистика, создание изделий для нефтедобывающей отрасли. Результаты ряда прикладных работ были переведены из стадии создания экспериментальных образцов в серийные изделия гражданского и военного назначения. Это системы навигации на основе миниатюрных гироскопических датчиков, мобильный гравиметр, система управления движением судов на речных коммуникациях, системы измерения микроускорений и ориентации для космических аппаратов, единая система навигации и стабилизации и другие.

В дальнейшем, когда получение бюджетных средств было окончательно переведено на конкурсную основу, инновационная деятельность предприятия была переориентирована в основном на проведение инициативных работ, финансируемых из внебюджетных источников (их собственной прибыли предприятия и средств от поставок на экспорт продукции). Необходимо отметить, что в последние три года вновь стала увеличиваться доля работ, выполняемых в рамках федеральных целевых программ. В некоторых опытно-конструкторских работах, проводимых по ФЦП, находят воплощение результаты инициативных проработок.

В настоящее время инновационная составляющая в общей номенклатуре производимой институтом продукции составляет: по военной продукции – около 40%, из которых три четверти инноваций представляют собой усовершенствование ранее разработанных образцов. По продукции двойного назначения – 70%, большая часть которых является новыми инновационными продуктами. Уменьшение инновационных показателей по сравнению с периодом пятилетней давности связано с завершением многих разработок и переходом к стадии серийного производства [1].

При этом руководство предприятия на каждый среднесрочный период старалось последовательно определить в соответствии с принятой на западе терминологией «проекты, обреченные на успех». К таковым в области военной техники можно отнести малогабаритный навигационный комплекс «Аппассионата-ЭКМ», единую систему навигации и стабилизации «Ладога-МЭ», унифицированный перископный комплекс (УПК) «Парус-98Э». Среди инновационных средств радиосвязи – это ряд всплывающих антенно-фидерных устройств, решающих задачи передачи и приема связной и навигационной информации, в том числе в аварийных условиях. В области разработок двойного назначения – бескарданные инерциальные системы на базе электростатических гироскопов (БИНС на ЭСГ) со сплошным ротором для систем управления космических аппаратов, миниатюрные инерциально-спутниковые системы, новый интегрированный комплекс внутрикорабельной связи.

Каковы результаты такого подхода в инновационной сфере? Во-первых, поставки модификаций навигационных комплексов и систем, общее количество которых достигло уже сотни образцов, оказывают существенное стабилизирующее влияние на финансовое положение института в течение последних десяти лет, а перископный и гидроакустический комплексы могут стать таковыми в ближайшей перспективе [2].

Насколько сложно проходила реализация инновационных проектов и их внедрение? Комплекс «Аппассионата-ЭКМ» был создан на базе задела, полученного еще в конце советской эпохи. На момент внедрения это был первый инерциальный навигационный комплекс для неатомных подводных лодок, что предопределило отсутствие альтернативы для экспортного варианта. Вместе с тем необходимо было всего за два года решить сложнейшие технические проблемы, пройдя путь от аванпроекта до опытного образца. Зато «Ладога-МЭ», «Парус-98Э», интегрированный комплекс внутрикорабельной связи – это продукция российского времени, когда на рынке военной техники для экспортных кораблей уже шла жесткая борьба за «место под солнцем» не только с отечественными, но и с зарубежными образцами. Важным достижением можно считать обстоятельства, что эти изделия поставляются не только на корабли ВМФ России и корабли, предназначенные для экспорта, но и на объекты, строящиеся за рубежом. Отдельно необходимо отразить сложности реализации революционных инновационных идей в новом гидроакустическом комплексе. Для доработки образца, перешедшего предприятию в 2006 г. «по наследству», пришлось создавать отдельные подразделения, в том числе по программному обеспечению, и специальное стендовое оборудование, что позволило через четыре года все-таки успешно завершить разработку изделия.

Понятно, что БИНС на ЭСГ и миниатюрные интегрированные системы ориентации и навигации на волоконно-оптических гироскопах по своим стоимостным показателям в общем объеме предприятия не могут сравниться с вышеуказанными комплексами. Однако число модификаций миниатюрных

интегрированных систем достигает уже десятка образцов, соответственно, растет и количество их поставок не только для морских, но уже и для наземных подвижных объектов. А количество БИНС на ЭСГ, поставленных уже на пять типов космических аппаратов и окончательно укрепивших свои позиции в качестве основы их систем управления, в этом году уже достигнет десяти единиц.

Однако часть изделий гражданского и двойного назначения, на разработку которых ранее было затрачено немало лет и средств, в том числе из госбюджета, не смогли найти должного спроса. Для одних изделий (например, комплекс ГМССБ, система динамического позиционирования) причинами невостребованности стала их низкая конкурентоспособность, обусловленная неприемлемыми массогабаритными параметрами и высокой стоимостью. В отношении систем управления движением судов для речного транспорта, хотя и эффективно показавших себя на Волго-Балте, внедрение стало невозможным по объективным причинам. Речными ведомствами очень медленно реализуется система развития отечественной речной транспортной инфраструктуры, несмотря на то, что она является составной частью Международных транспортных коридоров [3]. В результате – уходят время и специалисты, пропадает интерес к продолжению работ по совершенствованию этой системы.

Следует отметить, что поиск новых областей реализации имеющегося на предприятии задела не останавливается. Иногда это процесс по отдельным проработкам (например, по мостиковым системам, оптико-электронной обзорной системе, системам на микромеханических датчиках) затормаживается или совсем затихает, но потом вновь активизируется. Основные причины временной приостановки работ – техническая и экономическая неготовность нашего предприятия, соисполнителей и потенциальных заказчиков, недостатки маркетинга.

Здесь показательным примером может служить интерес к мостиковым системам, в которых могут быть применены отдельные изделия концерна. Первые попытки по разработке мостиковой системы, которые были предприняты десять лет назад, показали необходимость поиска партнера, имеющего не только необходимый опыт создания таких изделий для гражданских судов, но и опыт применения в мостиковых системах зарубежной техники. Теперь усилия по созданию мостиковой системы и оптико-электронной обзорной системы, которые должны соответствовать требованиям Российского Морского Регистра судоходства и международных конвенционных документов, возобновлены и осуществляются теперь совместно с серьезными партнерами – ЗАО «Транзас» и ЗАО «ЦНИИМФ» – в работе по федеральной целевой программе «Развитие гражданской морской техники». Техническая сторона работ не оставляет сомнений в реализуемости проекта таким триумvirатом проекта, а вот экономическую эффективность покажет будущее

Степень участия концерна в выполнении работ по федеральным целевым программам приведена в табл. 1.

Таблица 1

Участие Концерна «ЦНИИ «Электроприбор» в выполнении работ по федеральным целевым программам

Название федеральной целевой программы	«Национальная технологическая база»		«Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг.
	на 2002–2006 гг.	на 2007–2011 гг.	
Количество выполняемых работ	5	2	5
Количество организаций-соисполнителей	1	–	9
Количество разрабатываемых изделий	5	4	12
Количество завершенных разработок	5	2	7
Количество полученных патентов (количество заявок)	–	8	5 (2)

Анализ результатов работ, выполняемых предприятием по ФЦП, позволяет сделать следующие выводы:

1. Количество разрабатываемых изделий гражданского и двойного назначения возрастает. Но, по-видимому, только небольшая часть из них сможет получить реальные шансы на реализацию на рынке. Термин «инновация» устанавливает, что «нововведение – конечный результата инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности». Никто поэтому не будет оспаривать, что оптимальный вариант завершения ОКР – это готовность к серийному производству созданных образцов. Фактически же согласно целям программ большинство работ завершается созданием опытного образца, прошедшего испытания на стенде, что для гражданской техники неприемлемо. Понадобятся дополнительные финансовые вливания и время для объектовых испытаний, что, в частности, приведет к завышению оптимального инновационного срока разработки изделий, составляющего по статистике 3–4 года. Особенно это скажется на инновационных изделиях, завершение проектирования которых перенесено в другие ОКР.

2. Открытым, уже сейчас на этапе завершения указанных выше федеральных целевых программ, остается основной вопрос – о реальных судах, на которые должны поставляться изделия, разрабатываемые, в частности, по программе «Развитие гражданской морской техники». Как показывает даже беглый обзор направленности и содержания других работ по этой программе, они в основном направлены на создание концепций и отдельных изделий, тогда как постройка конкретных объектов (например, судов арктического плавания) в ближайшей

перспективе не предусматривается. Судостроительная программа гражданского флота все еще находится в проекте, хотя государством уже приняты и Морская доктрина и Стратегия развития судостроительной отрасли до 2020 г. Кроме того, общеизвестно, что на строящиеся на наших верфях гражданские суда в подавляющем большинстве случаев поставляется импортная техника. А насколько трудно, почти нереально, российским образцам пробиться на гражданский зарубежный рынок не понаслышке знают в том же ЗАО «Транзас», потратившем на это почти пятнадцать лет. Такой пессимистический вариант развития ситуации с внедрением создаваемых изделий может, учитывая темпы совершенствования техники, элементной базы и информационных технологий, просто привести к их моральному старению. Поставка нескольких образцов не окупит затраченных государством средств, хотя что-то из созданного научно-технического задела и будет использовано в других разработках и технологических процессах. Конечно, результаты разработок могут быть использованы в качестве изделий двойного назначения, что повышает шансы на их реализацию на рынке отечественного и экспортного военного кораблестроения. Но это опять-таки будет очень незначительная толика, поскольку военная кораблестроительная программа утверждена, реализуется, но все поставщики уже, как правило, определены. Таким образом, можно констатировать, что пока для большинства разрабатываемых по ФЦП изделий о серийности речь идти не может.

3. Правовая защита полученных технических решений, предусмотренная условиями государственных контрактов, осуществляется своевременно. Но из общего числа только по четырем патентам правообладателем является исполнитель работы – концерн, остальные оформлены на имя Российской Федерации в лице Минпромторга России. При этом ни одна из организаций-соисполнителей работ не создала охраноспособного технического решения. Но в целом по формальному признаку Индикаторы федеральных программ выполняются, банк принадлежащих государству патентов растет, отчетность чиновников – в порядке. Счетная палата РФ удовлетворена. Однако, с точки зрения автора, главное в этом вопросе – это возможности коммерциализации, то есть использования созданной интеллектуальной собственности. Фактически же получается, что ни созданные изобретения, ни так называемые «единые технологии» не могут быть в короткие сроки вовлечены в экономический оборот. Причины этого лежат на поверхности. Во-первых, до сих пор, несмотря на принятый законодательный акт [4], не претворяется в действие механизм передачи прав на результаты интеллектуальной деятельности от Государственного заказчика к Исполнителю, т. е. отсутствует даже формальное право применения полученных результатов. Во-вторых, и это – самое главное обстоятельство, не будет, как показано выше, заинтересованности предприятий в приобретении созданных ими же технологий для серийного производства техники из-за отсутствия реального спроса.

4. Порядок подтверждения новизны полученных технологических решений, установленный федеральными целевыми программами, предусматривает в основном получение патента, государственную регистрацию программы для ЭВМ или оформление ноу-хау. Однако такой подход, как нам представляется, не всегда правомерен, т. к. большинство патентов направлено на правовую защиту полезной модели или части (доли) разработанного технического решения, иногда не самого значительного способа, не говоря уже о простой регистрации программы для ЭВМ. Более эффективным все-таки видится получение экспертного заключения

независимых ведущих организаций или группы видных специалистов, как это было ранее в программах ГНЦ РФ. Причем оценка результатов работ целесообразна не только по отдельным изделиям, но и по направлениям работ (разделам) ФЦП, что позволило бы оценить эффективность бюджетных инвестиций в целом по программе, проводить их своевременную корректировку и исключить дублирование работ в разных программах.

Таким образом, анализ выполняемых по ФЦП работ свидетельствует, что благие намерения государства, выраженные в реальных инвестициях – финансировании федеральных целевых программ, причем довольно затратных для бюджета, – могут привести к тому, что большинство созданных изделий, даже соответствующих по своему уровню мировым образцам, просто ляжет на полки складских помещений и окажется невостребованным.

Для оценки общей картины по правовой защите интеллектуальной собственности, созданной предприятием, ниже (см. табл. 2) приведены сведения по количеству полученных концерном патентов.

Таблица 2

Получение Концерном «ЦНИИ «Электроприбор» патентов в разные годы

Вид продукции	1996–2000	2001–2005	2006–2010
Количество патентов по продукции военного назначения	26	25	24
Количество патентов по продукции двойного и гражданского назначения	11	15	45

Примечание: предприятие имеет также 19 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, реализованных в инновационных разработках.

Здесь следует отметить следующие особенности правовой защиты и использования интеллектуальной собственности на предприятии:

- около половины патентов, приходящихся в последнее десятилетие на военные изделия, относятся к электростатическим гироскопам, являющимся основой прецизионных навигационных комплексов для подводных лодок ВМФ России;
- существенно возросло количество патентов, поданных по тематике изделий гражданского и двойного назначения, причем 2/3 из них в последнее пятилетие приходится на перспективную микромеханическую тематику;
- три международных заявки по системе РСТ, поданные по микромеханической тематике, не были переведены на национальные фазы из-за неясности сбыта изделий, позиции зарубежного партнера и высокой стоимости процедуры патентования в зарубежных странах;
- получено несколько патентов и поданы заявки на правовую охрану по новым для предприятия перспективным видам работ: по гидроакустической тематике, на волоконно-оптический гироскоп, феррозондовый скважинный инклинометр, градиентометрический сейсмоприемник, гиригоризонткомпас и др.;
- приобретен опыт совместного патентования, получено уже шесть патентов на совместное владение интеллектуальной собственностью, в том числе с Российской Федерацией.

Слабым звеном является использование изобретений, принадлежащих третьим лицам, хотя, например, ОАО «ГНИНГИ», в течение полувека осуществлявшее научно-техническое сопровождение работ концерна, имеет сотни патентов по тематике работ нашего предприятия. Основные причины такого положения – снижение уровня взаимодействия предприятий промышленности и институтов Минобороны, а также экономическая составляющая данной проблемы.

Опыт последних лет показывает, что противостоять в дальнейшем конкуренции лучших зарубежных образцов, созданных с использованием более точных гироскопических датчиков, можно будет только за счет продолжения инновационной деятельности в этом направлении. Поэтому, кроме модернизации самих навигационных систем, предприятие все больше средств и сил вкладывает в создание собственных новых гироскопических чувствительных элементов – микромеханических датчиков и волоконно-оптического гироскопа.

Интересно остановиться на примере разработки микромеханического гироскопа, хотя предприятие все годы своего существования в основном занималось созданием достаточно габаритных наукоемких изделий.

Обращение к несвойственной институту тематике в общем-то естественно. Внутренний и внешний рынки дорогостоящих прецизионных навигационных систем крайне ограничены, и количество заказов с каждым годом снижается. А микромеханические датчики, имеющие цену всего несколько десятков долларов, но применяемые в каждом современном автомобиле, в медицине и робототехнике, выпускаются за рубежом сотнями тысяч штук. Кроме того, если этими изделиями не заниматься сейчас, то не будет обеспечиваться технологическая независимость государства, а пропасть технологического отставания будет расти. Предприятие, обратившись к этой проблеме десять лет назад, разработало свою оригинальную конструкцию вакуумированного кремниевого модуля (ВКМ) микромеханического гироскопа. Французский партнер, обладающий необходимым оборудованием для изготовления ВКМ и микромеханического гироскопа в целом, разработал электронную часть гироскопа и технологии серийного производства. Сейчас микромеханический гироскоп уже практически готов и по своим техническим характеристикам достаточно конкурентоспособен. То есть техническая сторона вопроса решена.

Но есть еще одна существенная экономическая составляющая, заключающаяся в создании производства микромеханических датчиков на территории России, которая возможна только при приобретении импортного оборудования и соответствующей технологической документации. Стоимость этого вопроса – десятки миллионов евро. Вторая немаловажная проблема связана со сбытом, т. е. с объектами практического применения изделия на территории России. В этих вопросах также не обойтись без помощи государства. Нельзя сказать, что со стороны министерств вопросу разработки микромеханических датчиков совсем не уделялось внимания. В течение десяти лет было проведено бюджетное финансирование нескольких различных НИОКР, выполнявшихся предприятием в этой области. Общий объем государственного финансирования составил около пятидесяти миллионов рублей. Не меньше собственных средств вложил за эти годы по микромеханической тематике и сам концерн. Государства сделало и следующий необходимый шаг – предусмотрело в проекте ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 годы» серьезное бюджетное

финансирование по созданию производственного комплекса для массового изготовления микромеханических изделий и отраслевого центра системного уровня проектирования интеллектуальных датчиков различного назначения [5]. Но в ходе утверждения программы финансирование этих мероприятий без учета последствий, было перенесено на четыре года. Это обстоятельство отдаляет как минимум на пять – шесть лет возможность серийного производства изделия, и, кроме того, приводит к тому, что реальный срок от начала разработки до внедрения инновационного продукта, несомненно нужного государству, уже составит 15–16 лет. В этом случае изделие уже может не только морально, но и физически устареть, что создаст определенные трудности с его внедрением. Кроме того, не реализуются и другие государственные инициативы в этой области. Так, например, провозглашенная федеральными исполнительными органами и городскими властями политика, предусматривающая переориентацию иностранных предприятий, выпускающих автомобили в России, на приобретение комплектующих от российских производителей, пока мягко говоря, буксует. Может остаться открытым вопрос и возможности применения этого изделия в качестве продукции двойного назначения, поскольку государство в лице Министерства обороны в отличие от других развивающихся стран так называемого сообщества BRICS все больше начинает склоняться к приобретению военной продукции и технологий за рубежом. Таким образом, вопросов пока больше, чем ответов.

В целом на основе анализа опыта деятельности Концерна «ЦНИИ «Электроприбор» в инновационной сфере, с точки зрения автора, можно сделать следующие заключения:

1. Создание инновационных изделий, обеспечивающих технологическую безопасность страны и реализацию промышленных Критических технологий, требует со стороны государства при формировании и оптимизации федеральных целевых программ системного подхода, учитывающего степень разработки изделия, технологической подготовленности предприятий и реальных перспектив вовлечения результатов интеллектуальной деятельности в экономический оборот.

2. Предприятия ОПК, сохранившие квалифицированный научно-технический персонал, постоянно развивающие производственную и испытательную базу при обдуманной инновационной политике, поддержанной со стороны государства, и в настоящее время имеют большой инновационный потенциал, позволяющий им расширять номенклатуру разрабатываемой наукоемкой продукции и сферы ее применения.

3. Повышение профессионального уровня сотрудников и качества разработок в целом требует со стороны руководства предприятий, учитывая смену поколений, усиления внимания к вопросам обучения молодых специалистов в области изобретательской деятельности, создания и эффективного использования предшествующей интеллектуальной собственности, в том числе за счет укрепления состава патентных подразделений.

4. На современном этапе содействием диверсификации продукции несомненно способствует расширение взаимовыгодного сотрудничества как с высшими образовательными и научными учреждениями, так и с частными фирмами-разработчиками, имеющими опыт разработки и внедрения изделий в гражданской сфере, что может также обеспечить качественный скачок за счет сокращения сроков создания инновационных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А. П., Красовский В. С. Инновационные разработки двойного назначения // Навигация и гидрография. – 2006. – №20–21. – С. 184–189.
2. Новое поколение морской техники навигации и связи ЦНИИ «Электроприбор» // Военный парад. – 2003. – №3(57). – С. 38–40.
3. Фундамент для уверенного будущего // «Судостроение». – 2001. – Спецвыпуск (737). – С. 45–46.
4. Федеральный закон «О передаче прав на единые технологии» №284-ФЗ от 25.12.2008.
5. Постановление Правительства РФ от 26.11.2007 №809 (в редакции Постановления Правительства РФ от 25.02.2009 №168) «О федеральной целевой программе «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 годы».

SPECIFIC FEATURES OF IMPLEMENTING THE INNOVATION POTENTIAL OF THE «CRI ELEKTROPRIBOR» CONCERN»

V. S Krasovsky («CRI Elektropribor» Concern» OJSC)

The experience of the enterprise aimed at improvement of the innovation process of creating the military and double-use products is analysed. The legal protection and commercialization problems for the work results on the domestic and foreign markets, including the work carried out to meet the state objectives, are considered.

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

УДК 551.46.06:681.3

ПОЛИГАРМОНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ И ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ

А. Е. АНТОНОВ (ГосНИОРХ),
Д. И. ЯКУШЕВ (СПбГЭТУ)

В статье изложены результаты полигармонического моделирования ряда уровня Каспийского моря (1891–1985 гг.), которые включают в себя две составляющие с периодами 32 и 120 лет. Кроме того, на основе естественнонаучных и исторических данных сделан вероятный вывод о колебаниях уровня Каспийского моря с периодом в 1800 лет. Дан прогноз изменения уровня Каспийского моря на 600–700 лет.

Изменение уровня Каспийского моря оказывает определяющее влияние на всю инфраструктуру прилегающего региона, поэтому составление долгосрочного прогноза этого показателя является важной социально-экономической задачей.

Особую остроту проблема изменения уровня Каспийского моря приобрела в 30-х годах XX века, когда его падение привело к выводу из строя ряда морских и береговых насосных станций, трудностям в нефтедобыче, обмелению портов, снижению уловов рыбы и другим негативным для экономики региона последствиям.

Одним из объяснений происходящего было влияние антропогенного фактора – строительство каскада волжских ГЭС. Однако последующие исследования (см. например, [1]) показали, что изменения уровня Каспийского моря возможно рассматривать как проявления автоколебательных процессов.

В работе представлены результаты математического моделирования ряда уровня Каспийского моря. Авторы исходили из гипотезы о циклических изменениях уровня Каспийского моря, а также допустимости их описания гармоническими составляющими. Особенностью этой модели являются признание несущественности антропогенного влияния на уровень Каспийского моря. Модель не объясняет причин происходящих изменений, однако позволяет рассчитывать долгосрочные прогнозы.

Рассматривалась модель следующего вида:

$$x(t_i) = \sum_{j=1}^n A_j \sin\left(\frac{2\pi t_i}{T_j} + \varphi_j\right) + m_x + u(t_i),$$

где $x(t_i)$ – моделируемый временной ряд;
 n – количество гармоник;

$A_j = \text{const}$;
 $T_j = \text{const}$;
 φ_j – фаза j -ой гармоники;
 $m_x = \text{const}$ – среднее значение модели;
 $u(t_i)$ – аддитивный шум.

Вид модели априорно не предусматривает:

- требование отсутствия пропусков в исходном временном ряде $x(t)$;
- требование равномерной дискретизации исходного временного ряда $x(t)$;
- количество входящих в сигнал гармонических составляющих;
- требование кратности искомым периодам;
- ограничения на продолжительность искомым периодов T_j .

Перечисленные ограничения, в разной степени присущие современным методам расчёта стационарных параметров полигармонических моделей временных рядов, накладываются не постановкой задачи, а возможностями метода расчёта.

В результате проведённых исследований был разработан метод расчёта, свободный от перечисленных выше ограничений [1]. Метод является аналогом периодограмм-анализа А. Шустера с той разницей, что итерационный процесс затрагивает не только параметры амплитуды и фазы, но и параметр периода, что позволяет не только повысить разрешающую способность расчётов, но и включить в модель гармонические составляющие с периодами, превышающими интервал наблюдений. Итогом исследований явилась программная реализация разработанного метода, позволяющая получать результаты моделирования в автоматическом режиме, что обеспечивает их воспроизводимость. Для достаточно широкого диапазона условий оценки искомым параметров являются несмещёнными, состоятельными и эффективными.

Исследовался ряд среднегодовых значений уровня Каспийского моря с 1891 по 1985 г. На рис. 1 приведена периодограмма этого ряда. Анализ периодограммы показывает, что полученная зависимость характеризуется наличием двух максимумов, превышающих пороговое значение, следовательно, модель исследуемого временного ряда должна содержать две гармонические составляющие ($n=2$).

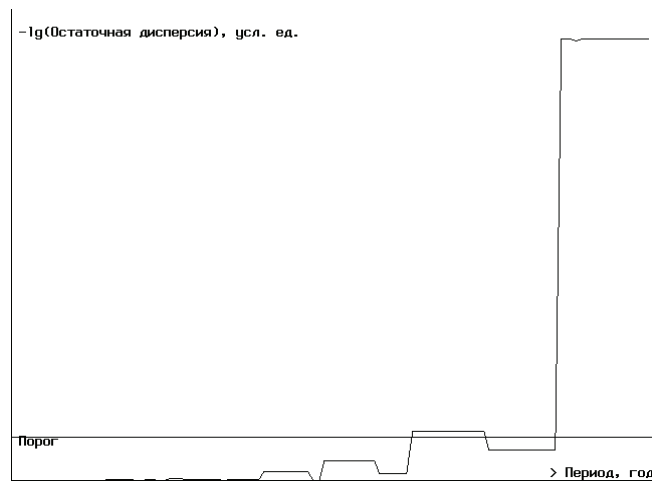


Рис. 1. Периодограмма ряда уровня Каспийского моря

Далее были рассчитаны параметры этих составляющих, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры и доверительные интервалы полигармонической модели ряда уровня Каспийского моря

Номер гармоники (j)	Амплитуда (A_j), см	Период (T_j), год	Начало периода ($\varphi_j=0$), год
1	24,7±9,3	32,3±2,4	1921,5±4,7
2	148,0±11,0	124,0±11,0	1998,6±5,1
Среднее значение модели (m_x)	90,0±10,0		

Наложённые графики ряда уровня Каспийского моря и его полигармонической модели приведены на рис. 2.

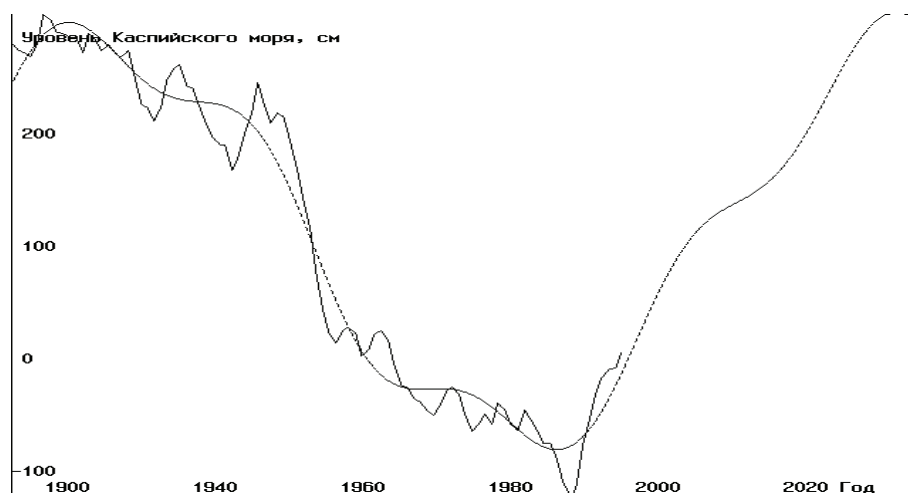


Рис. 2. Наложённые графики ряда уровня Каспийского моря (сплошная линия) и его полигармонической модели (пунктир)

Анализ полученных результатов показывает, что первая выделенная гармоника (с периодом 32,3 года) относится к так называемому брикнеровскому климатическому циклу, продолжительность которого оценивается примерно в треть столетия. На существование этого цикла в изменении уровня Каспийского моря указывал как сам Брикнер [3], так и другие исследователи [4, 5].

Предположения же о существовании второго цикла изменения уровня Каспийского моря (продолжительностью ~120 лет) высказывались, в частности, Б. А. Шляминим [6] и В. Н. Малининым [7].

Согласно полученным результатам подъём уровня Каспийского моря, который начался в середине 70-х годов XX века, продолжится, приблизительно до 2030 г., а затем наступит период очередного спада.

К сожалению, в распоряжении авторов не было достоверных числовых данных по уровню Каспийского моря после 1985 г. Однако известно, что с 1977 по 1995 г.

уровень Каспийского моря поднялся на 2,4 метра, с 1996 по 2001 г. отмечалось падение уровня на 0,6 м, затем уровень снова пошёл вверх.

Эти сведения, не учитывавшиеся при моделировании, укладываются в рассчитанную полигармоническую модель изменения уровня Каспийского моря и являются подтверждением адекватности предложенной модели и метода расчёта её параметров.

Короткий интервал измерений уровня Каспийского моря не позволил выделить более длительные гармонические составляющие, на важность учёта которых при долгосрочном прогнозировании указывал, например, М. С. Эйгенсон [5]. Имеющиеся данные об этих составляющих не позволили учесть их при расчёте параметров полигармонической модели, однако некоторые сведения (см. табл. 2) позволяют это сделать на качественном уровне.

Таблица 2

Сведения об изменении уровня Каспийского моря

Время	Характеристика уровня	Источник
4 200 – 3 700 лет назад	Регрессия Каспийского моря.	[8]
III в. до н. э.	Волжский залив вытянут к северу на 100 км относительно современного.	[9]
I в. до н. э.	< - 25,3 м	[9]
459–487 гг.	Постройка городской стены порта Абескун	[4]
VI–VII века н. э.	- 32 м	[10]
XII в.	Около – 30 м	Э. А. Брикнер (цит. по [1])
1304 г.	Порт Абескун (восточный берег) погрузился в воду.	Наджати (перс.) (цит. по [9])
1320 г.	«Море каждый год прибывает на одну ладонь, и уже многие хорошие города затоплены».	Марино Сануто (итал.) (цит. по [9])
1400 г.	Часть Бакинской крепости погрузилась в воду (-20,7 м).	Бакуи (араб.) (цит. по [9])
Конец XIII – начало XIV в.	Море поднялось более чем на 10 м	[9]
1500 г.	На картах помещен остров Чечень, высшая отметка которого -23,8 м	[11]
XVI в.	- 29 м	[12]
XVIII в.	- 23,0 м	[3]
1805 г.	-22,0 м	[13]
1830 г.	-25,7 м	[13]
1977 г.	-29,0 м	[13]

Анализ данных приведённых в табл. 2 позволяет подтвердить предположение А. В. Шнитникова [4] о вероятном колебании уровня Каспийского моря с периодом ~1800 лет, минимум которого ожидается около 2300 года. Судя по приведённым данным, амплитуда этой составляющей около 10 м. Поскольку эта многовековая составляющая колебаний уровня Каспийского моря находится вблизи своего минимума, её вклад в общую изменчивость уровня в ближайшие 600–700 лет будет незначительным и не превысит -1 м.

Данные, позволяющие судить о более длительных составляющих изменения уровня Каспийского моря (например, циклах Миланковича), не найдены.

Вклад в изменчивость уровня Каспийского моря цикла Брикнера с периодом 32,3 года незначителен (см. табл. 1).

В ближайшие 600–700 лет уровень Каспийского моря будет определяться циклом с периодом ~120 лет и амплитудой ~1,5 м, максимум которого ожидается около 2030 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Л. С. Климат и жизнь. – М.: Географгиз, 1947. – 356 с.
2. Якушев Д. И. Геоинформационное моделирование пространственно-временных полигармонических процессов. – Дисс. на соиск. уч. ст. докт. техн. н. – СПб.: РГГМУ, 2008. – 321 с.
3. Берг Л. С. Уровень Каспийского моря за исторический период / Очерки по физической географии. – М.-Л, 1949. – С. 208–212.
4. Шнитников А. В. Изменчивость общей увлажнённости материков Северного полушария // Записки Географического общества СССР. – Т. 16. – М.-Л, 1957. – 337 с.
5. Эйгенсон М. С. Очерки физико-географических проявлений солнечной активности. – Львов: Львовский ГУ, 1957. – 230 с.
6. Шлямин Б. А. Сверхдолгосрочный прогноз уровня Каспийского моря // Известия ВГО. – Т. 94. – В. 1. – 1962. – С. 26–33.
7. Малинин В. Н. Проблема прогноза уровня Каспийского моря. СПб.: Изд-во РГГМУ, 1994. – 158 с.
8. Варущенко С. И., Варущенко А. Н., Клиге Р. К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. – М: Наука, 1987. – 240 с.
9. Разумов Г. А., Хасин М. Ф. Тонушие города. – М.: Стройиздат, 1991. – 260 с.
10. Рычагов Г. И. Плейстоценовая история Каспийского моря. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 267 с.
11. Аполлов Б. А. Каспийское море и его бассейн. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 118 с.
12. Гумилев Л. Н. Изменения климата и миграции кочевников // Природа. –1972. – №4. – С. 44–52.
13. Латыпов Ю. Я. Уровень Каспийского моря вновь изменяется // Вестник РАН. – 1997. –Т. 67. – №12. С. 1082–1087.

POLYHARMONIC MODEL OF THE CASPIAN SEA LEVEL AND LONG-TERM FORECAST OF ITS CHANGE

A. E. Antonov (The State Research Institute of Riverine and Lacustrine Fisheries),
D. I. Yakushev (St. Petersburg State Electrotechnical University)

The results of polyharmonic modeling of the Caspian Sea level series (1891-1985) including two components with periods of 32 and 120 years, are presented. In addition, based on the natural-scientific and historic data, the conclusion is drawn about the possible variations of the Caspian Sea level with a period of 1800 years. The change of the Caspian Sea level is forecast for 600-700 years.

УДК 528.9:681.3

МОРСКИЕ ГРАНИЦЫ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

А. В. КАВРАЙСКИЙ

(ОАО «ГНИНГИ»)

Предложен метод расчета координат точек морских границ с использованием способа линий положения. Приведены последовательности расчетных операций, выполняемых для получения точек границы, проходящей на заданном расстоянии от исходных линий, и точек срединной линии. Дана оценка достоверности и точности расчета координат точек границ.

1. Виды морских границ

Конвенцией ООН по морскому праву 1982 г. [1] (далее – «Конвенция») установлены следующие виды морских границ:

- внешняя граница территориального моря ;
- внешняя граница прилежащей зоны;
- внешняя граница исключительной экономической зоны;
- внешняя граница континентального шельфа (ВГКШ).

В переговорных процессах с государствами, имеющими смежные с Россией или противоположные береговые линии, важную роль играет расчёт положения срединных линий разграничения морских пространств. Так, статья 15 Конвенции указывает: «Если берега двух государств расположены один против другого или примыкают друг к другу, ни то, ни другое государство не имеет права, если только между ними не заключено соглашение об ином, распространять свое территориальное море за срединную линию».

Расчёт положения указанных выше линий и границ и их показ на официальных морских картах является одной из важных задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности государства и его интересов в международно-правовом, военном и экономическом отношении.

Международно-правовые аспекты установления границ на море, а также современное состояние вопроса установления и отображения на картах морских границ России подробно освещены в статье В. П. Кисловского [2].

2. Исходные геодезические данные

Исходными геодезическими данными, необходимыми для построения морских границ, являются так называемые «исходные линии для измерения ширины территориального моря» (ИЛ) [1].

Согласно ст. 5 Конвенции «нормальной исходной линией» является линия наибольшего отлива вдоль берега, указанная на официальных крупномасштабных навигационных морских картах (НМК) прибрежного государства. В местах, где береговая линия глубоко изрезана и извилиста, или где имеется вблизи берега цепь островов, могут устанавливаться «прямые исходные линии», соединяющие точки берега, официально установленные прибрежным государством (ст. 7 Конвенции).

Таким образом, исходные линии согласно Конвенции состоят из последовательности прямых ИЛ и нормальных ИЛ, смыкающихся в общих точках берега. В Российской Федерации координаты конечных точек прямых ИЛ установлены официальным Перечнем [3].

Координаты точек морских границ должны рассчитываться машинными программами, использующими в качестве исходных данных цифровое точечно-координатное представление ИЛ – «цифровую ИЛ».

3. Географическое определение морских границ

Статьей 3 Конвенции установлено, что ширина территориального моря устанавливается государством до предела, не превышающего 12 морских миль. В Российской Федерации установлена ширина территориального моря равная 12 милям. В ст. 4 Конвенции внешняя граница территориального моря определена как «линия, каждая точка которой находится от ближайшей точки исходной линии на расстоянии, равном ширине территориального моря». Аналогичные положения применяются и для морских границ, проходящих на других расстояниях от ИЛ: границы прилегающей зоны (24 мили), границы исключительной экономической зоны (200 миль), ограничительной линии, применяемой для установления ВГКШ (350 миль). Таким образом, общее определение морской границы, проходящей на заданном расстоянии D от побережья страны, можно сформулировать как «линия, каждая точка которой находится от ближайшей точки исходной линии на расстоянии, равном D ». Такие линии ограничивают определенные морские зоны, простирающиеся от берега, и, в дальнейшем, в отличие от срединной линии, будем их именовать «зональными границами».

Срединная линия между побережьями двух сопредельных или противоположных прибрежных государств определена в ст. 15 Конвенции как линия, проведенная таким образом, что каждая её точка является равноотстоящей от ближайших точек исходных линий этих двух государств.

4. Методы расчета морских границ

Береговая линия, показанная на морских картах, либо представленная в цифровом виде, является, как правило, весьма извилистой линией случайной формы. Поэтому расчет координат точек зональных границ и срединных линий представляет собой достаточно сложную процедуру. На практике для расчета зональных границ применяются так называемые «метод замыкающих дуг» и «метод параллельных трасс» [4, 5]. В Руководстве комиссии ООН по границам континентального шельфа [4] эти методы указываются в качестве приемлемых методик для определения зональных границ (метод параллельных трасс – для расчета точек границ относительно прямых ИЛ). Методы характеризуются как итеративные с использованием «исчерпывающего алгоритма комбинаторного поиска» для анализа «всех возможных комбинаций пар точек» [4]. Методы «замыкающих дуг» и «параллельных трасс» применены, например, в программном комплексе CARIS LOTS v4.0, предназначенном для реализации положений ст. 76 Конвенции. В руководстве по его использованию [6] предусмотрены отдельные процедуры расчетов границы относительно нормальных и прямых ИЛ.

В издании The «Hydrographic Journal» в 2009 г. опубликована статья А. Кристенсена [5], где рассмотрен метод определения морских границ, основанный на построении последовательности линий, конформных линии берега (так

называемый метод «waterlining» или «шаттен»). Метод характеризуется автором как «полностью автоматизированная процедура, при которой выполняется построение морских границ с учетом всех точек и изгибов береговой линии», а при разработке данной методики «исходили из понимания того, что основной проблемой при установлении границ на море является распознавание очертаний и работа с ними». Отметим в этой связи с этим, что Конвенция ООН по морскому праву не содержит положений о необходимости какого-либо отражения извилин берегов в очертаниях морских границ. Единственным критерием для точек зональных границ является соблюдение заданного расстояния до ближайшей точки ИЛ, для срединной линии – равенство расстояний до ближайших точек исходных линий двух сторон. Более того, Руководство комиссии ООН по границам континентального шельфа [4] напоминает об известном свойстве зональной границы: она «проще, чем нормальная ИЛ».

Для расчета координат точек срединной линии известен метод на основе упомянутого выше алгоритма «комбинаторного поиска», предложенный Г. Каррера [7].

Очевидно, что математическую основу упомянутых методов, как и любых других мыслимых методов расчета морских границ, должно составлять решение известных в геодезии прямых и обратных геодезических задач (ПГЗ и ОГЗ).

5. Расчет морских границ с использованием способа линий положения

Согласно приведенным выше определениям зональные границы и срединные линии, является своего рода изолиниями. Любой достаточно малый участок зональной границы является изостадией относительно одной из точек ИЛ. Любой достаточно малый участок срединной линии можно рассматривать как гиперболическую изолинию, а именно, нулевую гиперболу относительно двух фокусов, являющихся ближайшими точками исходных линий двух противоположных или прилежащих друг к другу побережий.

Поэтому, на наш взгляд, вполне корректно для вычисления координат точек таких границ использовать прием, применяемый в известном в навигации «способе линий положения». Сущность способа линий положения выражается формулой [8]:

$$\Delta n = \frac{\Delta U}{g}, \quad (1)$$

где U – измеряемый параметр (расстояние, разность расстояний и др.), определяющий линию положения, g – модуль градиента параметра U , ΔU – изменение параметра U , Δn – смещение линии положения по направлению градиента g , соответствующее величине ΔU .

Рассмотрим основные действия и формулы, реализующие предлагаемый метод. Переменные величины будем обозначать именами из одного и более символов (букв, букв и цифр), знак умножения указывается точкой. Для последовательностей однородных данных применяются нижние индексы. Заданное число K точек границы будем получать в процессе циклических (K циклов) вычислений, где индекс k принимает значения от 1 до K .

Расчет координат точек зональной границы.

Исходными данными для решаемой задачи являются:

– цифровая ИЛ, содержащая N точек, представленная географическими (геодезическими) координатами φ_i, λ_i точек t_i , где индекс i принимает значения от 1 до N .

- линейная величина D , определяющая расстояние точек границы от ближайших точек ИЛ;
- линейная величина v смещения от точки к точке границы, задающая частоту точек, определяемых на линии границы;
- выбранное направление последовательности вычисляемых точек границы на местности (обход суши либо по часовой стрелке, либо против часовой стрелки);
- задаваемое для вычисления число K точек границы.

Процедура циклических вычислений координат точек зональной границы иллюстрируется рис. 1.

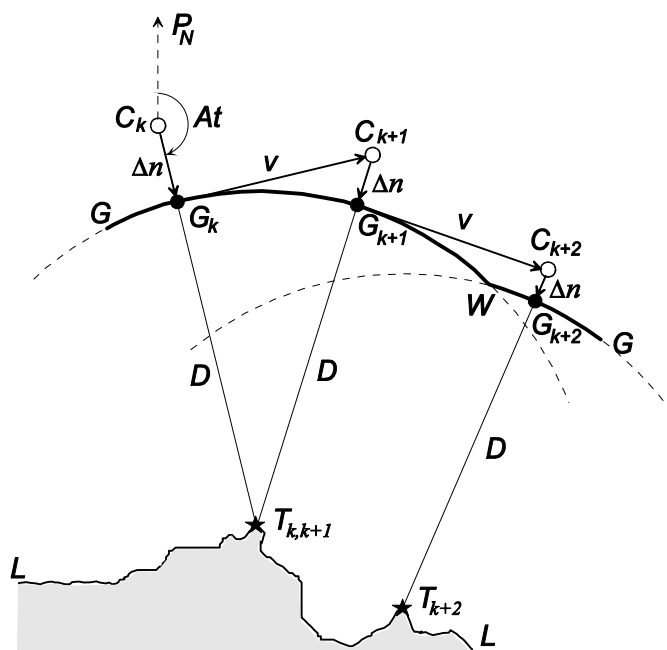


Рис. 1. Схема определения точек зональной границы (объяснение в тексте)

На этом рисунке:

- GG – действительное положение линии зональной границы, на которой должны быть определены координаты точек с заданной частотой (через промежутки, примерно равные v);
- C_k – предварительно определяемые вблизи искомой границы точки, которые будем называть, согласно навигационной терминологии, «счислимыми»;
- G_k – найденные точки зональной границы;
- LL – исходная линия;
- T_k – опорные точки ИЛ, с координатами ϕ_{ot_k} , λ_{ot_k} .

На рисунке показана общая схема метода: по счислимым точкам, последовательно определяемым в циклах, и вычисленным смещениям Δn находим точки G границы. Координаты ϕ_{c_1} , λ_{c_1} начальной счислимой точки $C_{k=1}$, находящейся вне зоны, близко к зональной границе, достаточно просто определяются графическими методами на навигационной морской карте (НМК) заданного района.

С целью упрощения вычислений, выполняемых при многократном решении ПГЗ и ОГЗ, в алгоритме решения задачи целесообразно использовать прием

изображения эллипсоида на шаре. Для этого до циклических вычислений, должны быть однократно выполнены следующие расчеты:

А) Вычисление параметров α , k , R равноугольного изображения эллипсоида на шаре по Гауссу (с искажениями длин не ниже 3-го порядка малости), где R – радиус шара на котором изображается поверхность эллипсоида [9].

Б) Пересчет географических (геодезических) координат точек ИЛ (ϕt_i , λt_i) и начальной счислимой точки (ϕc_1 , λc_1) в сферические широты и долготы ut_i , wt_i , uc_1 , wc_1 . Выполняется по известным зависимостям $u = u(\phi)$, $w = w(\lambda)$ [9].

Расчеты в циклах производятся с использованием сферических координат по сравнительно простым формулам сферической тригонометрии. Полученные в итоге сферические координаты точек зональной границы ug_k , wg_k пересчитываются в геодезические (географические) координаты ϕg_k , λg_k по формулам вида $\phi = \phi(u)$, $\lambda = \lambda(w)$.

В каждом k -ом цикле выполняются следующие операции (рис. 1).

1. По координатам счислимой точки C_k и координатам всех N точек t_i цифровой ИЛ, из решения обратных геодезических задач (ОГЗ) получаем N значений расстояний s_i . Находим минимальное из них $\min(s)_k$ и фиксируем координаты соответствующей исходной точки T_k – опорной точки ИЛ. Вычисляем разность

$$\Delta s = \min(s)_k - D. \quad (2)$$

Учитывая, что для расстояния $g = 1$, по формуле (1) имеем: $\Delta n = \Delta U = \Delta s$.

2. Используя координаты точек C , T , линейные величины Δn , v , из решения ПГЗ и ОГЗ получаем:

- азимут Act с точки C_k на точку T_k , являющийся направлением градиента g из формулы (1);
- координаты точки G_k границы;
- направление Av смещения из точки G_k к следующей счислимой точке C_{k+1} по формуле $Av = Act \pm 90^\circ$, где знак зависит от выбранного направление обхода суши;
- координаты счислимой точки C_{k+1} следующего цикла.

Расчеты прекращаются, если в очередном цикле получим $k + 1 > K$.

В результате получим заданное число точек $G_k(ug_k, wg_k)$ границы и опорных исходных точек $T_k(ut_k, wt_k)$. Сферические координаты затем пересчитаем в географические $\phi g_k, \lambda g_k; \phi ot_k, \lambda ot_k$.

Расчет координат точек срединной линии.

Для вычисления координат точек срединных линий метод, основанный на способе линий положения [8], реализуется процедурами, аналогичными описанным выше, с соответствующей адаптацией для иной изолинии – гиперболы.

В исходных данных должны присутствовать две цифровых ИЛ, принадлежащие побережьям двух «сторон» «а» и «б»: линия, представленная координатами $\phi a_{ia}, \lambda a_{ia}$ точек ta_{ia} , где индекс ia принимает значения от 1 до Na , и линия, представленная координатами $\phi b_{ib}, \lambda b_{ib}$ точек tb_{ib} , где индекс ib принимает значения от 1 до Nb . Также задаются величина v , требуемое число определяемых точек K , направление последовательности вычисляемых точек границы на местности.

4. По формуле (1) находим величину смещения Δn от точки C_k к нулевой гиперболе, принимая $\Delta U = \Delta s$, $g = 2 \cdot \sin \frac{\omega}{2}$ [8]:

$$\Delta n = \frac{\Delta s}{2 \cdot \sin \frac{\omega}{2}}. \quad (3)$$

5. Находим направление A_n градиента разности расстояний: $A_n = A_m \pm 90^\circ$ [7], где знак соответствует знаку Δs (на рис. 2 знак «+»).

6. По координатам точки C_k , азимуту A_n и расстоянию Δn из решения ПГЗ получаем координаты точки M_k на срединной линии.

7. Определяем направление A_v перехода из точки M_k к следующей счислимой точке по формулам: $A_v = A_m$, если задаётся направление обхода суши стороны «а» по часовой стрелке, $A_v = A_m + 180^\circ$, если задаётся направление обхода суши стороны «а» против часовой стрелки (на рис. 2 $A_v = A_m$). По координатам точки M_k , азимуту A_v и расстоянию v из решения ПГЗ получаем координаты счислимой точки следующего цикла – C_{k+1} .

Расчеты прекращаются, если получим $k+1 > K$. В результате, согласно п. 6, получим заданное число K точек $M_k(um_k, wm_k)$ срединной линии и опорных исходных точек $Ta_k(uoa_k, woa_k)$, $Tb_k(uob_k, wob_k)$. Сферические координаты затем пересчитаем в географические.

6. Корректность и точность расчета морских границ предложенным методом

Корректность метода

Как следует из описания метода и рис. 1, 2, при расчете границ осуществляются последовательные перемещения по векторам Δn и v , имеющим конечную линейную величину. При этом величина Δn находится в прямой зависимости от величины v , задаваемой исходя из требуемой частоты точек границы. В том случае, если при расчете зональной границы очередная «счислимая» точка C_k окажется внутри зоны (получим $\Delta s < 0$), теоретически возможно, что рассчитанная точка G_k , находясь на заданном расстоянии D от найденной первоначально ближайшей исходной точки, окажется ближе расстояния D к другой исходной точке. Таким образом, положение некоторых рассчитанных точек границы может оказаться некорректным. Аналогичный «отрицательный эффект» возможен и при расчете срединной линии, причем независимо от того, с какой стороны от неё находится счислимая точка.

Теоретически величины векторов Δn и v (за исключением вектора Δn от начальной счислимой точки C_1) могут быть заданы сколь угодно малыми, например, меньшими, чем допустимая погрешность $\sigma_{\text{доп}}$ определения точек границы, что обеспечивало бы корректность расчета всех точек на линии границы. На практике целесообразно выбирать оптимальные величины v , исходя из целесообразной частоты точек, координаты которых вычисляются для данного участка границы. Выполняется расчет заданного числа K точек границы с заданной частотой, после чего для каждой полученной точки отыскивается ближайшая исходная точка и

выполняется контрольное вычисление Δs . При получении $\Delta s > \sigma_{\text{доп}}$ точка исключается из выходных данных. Если частота точек была задана на грани допустимой, то для участков пропуска той же программой рассчитываются точки с частотой в четыре – пять раз большей, т. е. с соответственно меньшими величинами v . Резкое уменьшение v исключает повторение ситуации, приведшей к появлению «некорректной» точки.

Такой же прием дополнительного расчета с уменьшенным шагом между определяемыми точками целесообразно применять для участков около так называемых «поворотных» точек границы. Эти участки следует определить по графическому изображению первоначально рассчитанного набора точек границы в местах заметного изменения её направления. Выбрав для этих участков достаточно малый шаг, получим поворотные точки с требуемой точностью.

Для зональной границы возможно и строгое вычисление координат поворотных точек. Согласно описанному в п. 7 алгоритму в каждом цикле вычислений фиксируется опорная точка ИЛ. Переход от одной опорной точки к другой означает и переход на другую дугу, образующую границу (точка G_{k+2} на рис. 1). Поворотная точка W (рис. 1) может быть определена вычислением координат точки пересечения дуг окружностей с центрами в известных опорных точках $T_{k,k+1}$ и T_{k+2} .

Для проверки работоспособности и корректности алгоритмов, приведенных в п. 7, были созданы экспериментальные программы расчета зональных границ и срединных линий. В программу расчета зональных границ включена процедура строгого вычисления координат поворотных точек. Программы созданы в программной среде *Mathcad 14*.

Пример результатов расчета точек зональной границы ($D = 12$ миль) показан на рис. 3. В качестве ИЛ использована нормальная ИЛ восточного побережья Чукотки, дополненная для экспериментальных расчетов «виртуальным» островом (на юге) и рядом прямых ИЛ. Принятая для расчетов цифровая ИЛ включает в сумме 9207 точек. Для вычисления было задано $K = 300$ точек границы с шагом 2000 м. Получена таблица координат 373 точек границы (вычислено точек больше, чем задано, за счет вычисленных координат поворотных точек). Продолжительность счёта составила около 4 минут.



Рис. 3. Пример построения зональной границы ($D = 12$ миль)

На рис. 4 показан пример результатов расчета точек срединной линии между участками побережий России и США. Цифровые ИЛ, использованные для расчетов, включают 3172 и 2810 точек для побережий России и США соответственно. Для вычисления было задано $K=1300$ точек границы с шагом 1 000 м. Получена таблица координат 1300 точек границы (ни одна из точек не была отбракована блоком контрольных расчетов программы). Продолжительность счёта составила около 7 минут.

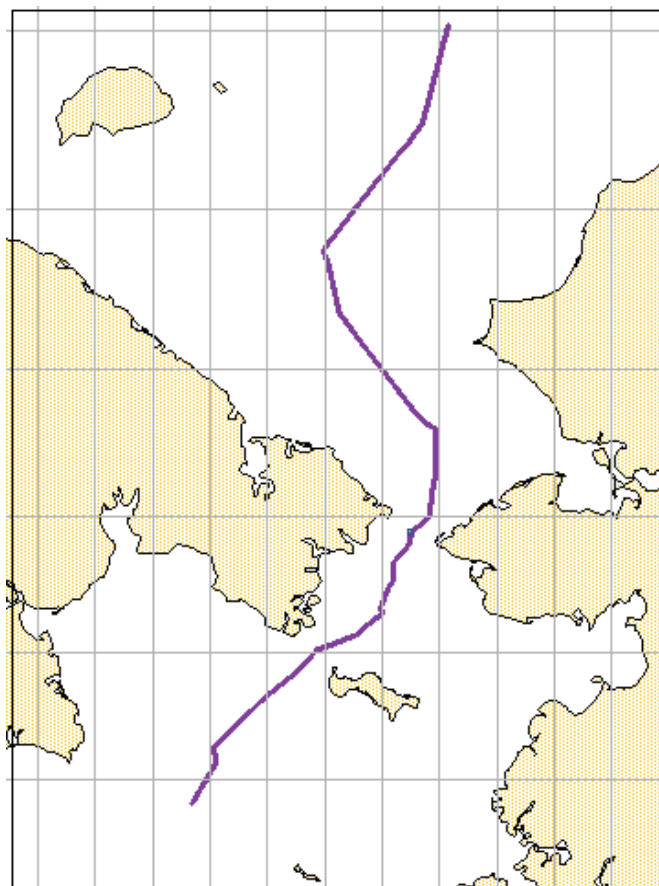


Рис. 4. Пример построения срединной линии

Точность метода

В Конвенции ООН по морскому праву [1] нет численных критериев требуемой точности расчетов морских границ. В связи с этим важно обратить внимание на положения из ст. 3.4.9 Руководства комиссии ООН по границам континентального шельфа [4]. В статье указано, что от точности местоположения ИЛ зависит «доверительная зона», которая может быть определена для рассчитанной границы, а «... выведенная морская граница никогда не будет рассчитана точнее, чем местоположение самих ИЛ». Данные формулировки указывают на возможный принципиальный подход к установлению допустимых погрешностей расчетов границ.

В настоящее время и в среднесрочной перспективе нет других официальных документов, определяющих положение нормальных ИЛ, кроме навигационных морских карт («крупного масштаба», как указано в ст. 5 Конвенции ООН по морскому праву [1]). Наиболее крупный масштаб отечественных НМК, покрывающих всю береговую линию, находится в пределах 1:200 000 – 1:300 000, значительные участки побережья покрыты картами масштаба 1:100 000. Средняя квадратическая погрешность (СКП) положения береговой линии на НМК составляет величину 0,7–1,0 мм [10]. Таким образом, СКП точек оцифрованной линии наибольшего отлива, без учета погрешностей цифрования, в лучшем случае составит 70 м. Следуя известному правилу, что добавление к результатам измерений и расчетов, имеющим СКП σ_1 , дополнительной погрешности $\sigma_2 = \frac{1}{3} \cdot (\sigma_1)$ практически не влияет на точность конечного результата, получим допустимую величину методической СКП вычисления положения точек морской границы: $\sigma_2 = 23$ м. Погрешность принятого метода вычислений целесообразно оценивать не средней квадратической, а предельной погрешностью. Отсюда следует, что предельная погрешность метода расчета морских границ порядка $m_{\text{выч}} = 25$ м тем более допустима.

Погрешность решения ПГЗ и ОГЗ с применением равноугольного изображения эллипсоида на шаре по Гауссу полностью определяется искажениями длин, возникающими при таком изображении. Предельная погрешность расчёта расстояний D , выполненных на данном сферическом изображении, составит $\pm 0,000012D$ для $D = 200$ морских миль, т.е. не превысит 5 м [9], а для меньших D (12 и 24 мили) будет еще во много раз меньше.

7. Заключение

Предложенный метод расчета морских границ с использованием способа линий положения обеспечивает автоматизированный расчет координат точек морских границ в полном соответствии с их определением, данным в Конвенции ООН по морскому праву 1982 г.

Основные свойства метода.

1. Метод применим для любой конфигурации исходных линий, не требуется отдельных процедур расчета относительно нормальной и относительно прямой ИЛ.
2. На предполагаемом протяжении границы задается требуемое положение начальной точки, частота вычисляемых точек и протяженность рассчитываемого участка границы (например, в пределах рамок выбранной НМК).
3. Определяются координаты поворотных точек на линии границы.
4. Фиксируются координаты опорных точек исходных линий – минимального набора исходных точек, необходимых и достаточных для расчета и обоснования полученного участка границы.
5. Методическая погрешность рассчитанных координат точек границы не превышает в линейном выражении величины $0,00001 \cdot S$, где S – расстояние от границы до ИЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международная Конвенция по морскому праву 1982 г. – М.: Военное издательство МО СССР, 1985. – 224 с.
2. Кисловский В. П. Государственная граница России на море. // Навигация и гидрография. – 2010. – № 29. – С. 99–106.
3. Перечень географических координат точек определяющих положение исходных линий для отсчета ширины территориальных вод, экономической зоны и континентального шельфа СССР (утвержден постановлениями Совета министров СССР от 7 февраля 1984 г. и от 15 января 1985 г.). Морское законодательство РФ, кн. 1, адм. № 9055.1. – Л.: ГУНиО МО, 1994. – 332 с.
4. Научно-техническое руководство комиссии по границам континентального шельфа. Нью-Йорк: Комиссия по границам континентального шельфа, 1999. – 92 с.
5. Christensen A. H. J. Automated Delineation of Sea Limits Following All Baseline Sinuosities // The Hydrographic Journal. – 2009. – No. 128 & 129. – P. 2–34.
6. Training Manual CARIS LOTS 4.0 Article 76. Hydro-C JSC. St. Petersburg, 2010. – 176 p.
7. Carrera G. A method for the delimitation of an equidistant boundary between coastal States on the surface of a geodetic ellipsoid // The International Hydrographic Review. – 1987. – Vol. LXIV, No. 1. – P. 147–159.
8. Коломийчук Н. Д. Гидрография – Л.: ГУНиО МО СССР, 1975. – 470 с.
9. Каврайский А. В. Универсальный алгоритм равноугольного изображения эллипсоида на шаре по Гауссу. // Навигация и гидрография. – 2007. – № 24. – С. 115–122.
10. Правила гидрографической службы № 5, Часть 1. – Л.: ГУНиО МО СССР, 1989. – 352 с.

MARITIME BORDERS AND METHODS OF THEIR CALCULATION

A. V. Kavraisky («GNINGI» OJSC)

The method of calculation of the maritime borders points co-ordinates, using the position lines techniques is suggested. The sequence of calculation operations carried out to obtain the points of the border located at a given distance from the base lines and the median line points is presented. The validity and accuracy of the points co-ordinates calculation are evaluated.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.466.3

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТЫ ВОЛНЕНИЯ ПО ДАННЫМ СУДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

С. И. МАСТРЮКОВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

Дан обзор сведений о методах и точности визуальных наблюдений за высотой ветрового волнения. Предложена методика расчета высоты ветрового волнения, основанная на современных рекомендациях Всемирной метеорологической организации. Методика дополнена проверкой климатологической однородности рядов наблюдений и проверкой верхнего предела высот ветровых волн.

Судовые наблюдения за волнением остаются одним из основных источников данных для климатических обобщений и широко используются моряками и морскими инженерами. Однако для того чтобы квалифицированно использовать данные этих наблюдений, необходимо учитывать их особенности.

Добровольные судовые наблюдения за высотой, периодом и направлением распространения ветрового волнения и зыби выполняются исключительно визуально.

В качестве методической основы наблюдений за волнением в системе добровольных судовых метеорологических наблюдений Всемирная метеорологическая организация (ВМО) рекомендует использовать Руководства [1, 2].

Согласно Руководству [1] наблюдатель в нерегулярном поле ветрового волнения должен выделить ветровое волнение и зыбь. Зыбь в отличие от ветрового волнения распространяется в направлении, отличающемся от направления ветрового волнения на более чем 30° и имеет период, не менее чем на 4 с превышающий период ветрового волнения. Зыбь может состоять из нескольких систем волн (до трех), различающихся в основном направлением распространения (более чем на $20\text{--}30^\circ$). Для каждой из выделенных групп волн наблюдатель должен определить их период, высоту и направление распространения.

Период и высота ветровых волн и зыби определяются как средние из 15–20 хорошо оформленных волн [1]. Эти волны не должны быть последовательными, мелкие волны пропускаются.

Отметим, что в национальных руководствах отдельных стран по морским метеорологическим наблюдениям и в документах ВМО [1, 2] продолжительность наблюдений за волнением не оговаривается. Так, в руководстве США для штурманского состава [3] указывается, что высота волн «оценивается визуально.... как средняя высота нескольких хорошо выраженных волн, находящихся вблизи центра группы волн. Плохо выраженные волны игнорируются».

В отечественной практике наблюдения за волнением выполняются на судах, на береговых станциях и регламентированы Наставлениями [4, 5].

Раньше эти же наблюдения регламентировались наставлениями 1966 и 1984 годов издания, например [6]. Представляют интерес требования некоторых руководств.

На береговых станциях согласно наставлению [5] «при визуальной оценке высот волн наблюдатель должен определить высоту наиболее крупных волн (отдельно ветровых волн и волн зыби), отличающихся хорошо выраженными гребнями. Для этого в течение 5 минут он визуальным образом оценивает высоты наиболее крупных волн, записывает их на листке и вкладывает его в наблюдательскую книжку. Из записанных в течение 5 минут высот крупных волн последовательно вычеркивают самые меньшие с тем, чтобы осталось пять наиболее высоких волн. Для пяти наибольших волн находит среднее значение высоты волнения, которое записывает в книжку, а по максимальной высоте волнения определяет степень волнения в баллах». Таким образом средняя из пяти наиболее высоких волн за 5-минутный период принимается за высоту волнения.

В Наставлении штурманскому составу 1966 года издания [6] содержится следующее требование: «визуально оцениваются высоты пяти – шести волн, которые кажутся наблюдателю наиболее крупными из всех существующих, из них выбирается максимальная высота, и ее значение записывается в графу «высота волны». По мнению составителей Наставления «эта высота наилучшим образом приближается к средней высоте волн, имеющих трехпроцентную обеспеченность, кодируется и включается в радиограмму как высота H_w ».

В современном Наставлении штурманскому составу [4] требование о количестве волн, которые при оценке высоты волны должны быть рассмотрены, пропадает, указано только, что «при визуальной оценке высоты волн следует выбирать волны с хорошо выраженными гребнями, находящиеся на некотором расстоянии от судна». В то же время средний период определяют, как «средний период из 10 идущих друг за другом гребней ветровых волн».

Таким образом, рекомендованные для применения в отечественной практике методы визуальной оценки элементов волн отличаются от принятых в международной практике и исторически изменялись. Отечественные методы судовых и береговых визуальных наблюдений за волнением также отличаются. Все это не может не приводить к нарушению однородности данных исторических наблюдений за волнением.

В зарубежной практике наблюденные высоты волнения отождествляют со значительной высотой ветрового волнения h_s , а в нашей стране – с высотами волн трехпроцентной обеспеченности $h_{3\%}$.

Существует ряд исследований, посвященных расчету характеристик значительных высот волн по данным визуальных наблюдений, выполняемых по программе добровольных судовых наблюдений. В работе [7] обобщены сведения о точности данных добровольных судовых морских наблюдений за ветром и волнением. Большинство найденных связей между значительной высотой волн, измеренных инструментально h_s и оцененных визуально h_v имеют вид линейной зависимости:

$$h_s = ah_v + b, \quad (1)$$

где h_s – значительная высота волн;

h_v – визуально определенная высота волн.

Коэффициенты уравнения линейной регрессии a , b зависят от района Мирового океана. В работе С. Масселя [8] обобщены результаты многочисленных сопоставлений визуальных наблюдений с инструментальными в целом по Мировому океану и рекомендовано использовать выражение:

$$h_s = 0,84h_v + 1,47. \quad (2)$$

Для северной Атлантики в работах Т. Жардина [9,10] рекомендовано использовать выражение:

$$h_s = 0,89h_v + 0,5. \quad (3)$$

В пособии [11] приведены результаты сопоставления данных инструментальных наблюдений с отечественными и зарубежными визуальными судовыми наблюдениями за волнением. Полученные результаты соответствуют результатам работ Т. Жардина [9].

Результаты недавних работ по сравнительному анализу инструментальных и визуальных наблюдений, выполненные С. К. Гулевым и другими [12] показали, что средняя квадратическая погрешность визуальной оценки высоты волнения составляет около 0,8 м для ветрового волнения и 1,0 м для волн зыби. Для того чтобы избежать переоценки высот волн по данным судовых наблюдений для небольших скоростей ветра, в работе С. К. Гулева [7] рекомендуется при расчете значительных высот ветровых волн h_s в случае слабого ветра использовать выражение:

$$h_s = 0,5 - \exp(-0,658V), \quad (4)$$

где $1,2 \leq V \leq 6$ – скорость ветра в м/с.

При таких скоростях ветра погрешность расчета высот ветровых волн не выше 20%. Для волн зыби найти способ коррекции данных не удалось.

Выражение (4) рекомендуется использовать для коррекции высот ветрового волнения при слабом ветре.

Считается, что визуальные оценки периода ветровых волн дают завышение в среднем на 0,4 с, а волн зыби – на 0,8 с [7,12].

Несмотря на то, что погрешность визуальных наблюдений за высотой волн по результатам исследований ряда авторов может достигать 20 и более процентов, в Руководстве ВМО [1] не рекомендуется корректировать результаты визуальных наблюдений. Для оценки значительной высоты суммарного волнения h_s по данным отдельных наблюдений за ветровым волнением и зыбью в Руководстве рекомендуется использовать выражение [1, 2]:

$$h_s = \sqrt{h_{wv}^2 + h_{sv}^2}, \quad (5)$$

где h_{wv} и h_{sv} – наблюдаемые визуально высоты ветрового волнения и зыби соответственно.

Исходя из изложенного в практике расчета климатических показателей ветрового волнения НИЦ ОАО «ГНИНГИ» принята следующая методика.

На первом этапе проверяется климатологическая однородность рядов по высотам ветрового волнения и зыби. Это важно, поскольку в некоторые годы в исходных массивах могут отсутствовать данные наблюдений за зыбью.

Исходя из принятых в международной практике методов наблюдения за волнением высоты значительных волн h_s , соответствующие высотам волн 13%-ной обеспеченности, рассчитываются по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned}
 h_s &= \sqrt{h_{wv}^2 + h_{sv}^2}, \text{Abs}(dirs - dirw) \leq 30^\circ, h_{wv} > 0, h_{sv} > 0; \\
 h_s &= \max(h_{wv}, h_{sv}), \text{Abs}(dirs - dirw) > 30^\circ, h_{wv} > 0, h_{sv} > 0; \quad (6) \\
 h_s &= h_{wv}, h_{wv} > 0, h_{sv} = 0; \\
 h_s &= h_{sv}, h_{sv} > 0, h_{wv} = 0,
 \end{aligned}$$

где h_{wv} и h_{sv} – наблюдаемые высоты ветрового волнения и зыби соответственно, $dirw$, $dirs$ – направление ветрового волнения и зыби, соответственно.

Т. е. если зарегистрированы ветровые волны и волны зыби, при соответствии направления волн зыби и ветрового волнения (в одном секторе шириной 30 градусов) высота значительного волнения равна среднегеометрическому значению из наблюдаемых высот ветровых волн и волн зыби. При разных направлениях (разность направлений больше 30°) за высоту преобладающих волн рекомендуется принимать максимум из двух (нескольких) значений высот ветровых волн и волн зыби. Если наблюдалось волнение только одного типа (ветровое или зыбь), высота этого типа волнения считается высотой преобладающих волн. Чтобы избежать переоценки высот волн по данным судовых наблюдений для небольших скоростей ветра, при расчете значительных высот ветровых волн h_s в случае слабого ветра рекомендуется использовать выражение (4).

Дополнительно в соответствии с Руководствами [2, 13] при контроле верхней границы значительной высоты ветрового волнения предлагается использовать выражение, вытекающее из анализа спектра волнения Пирсона-Московица:

$$h_s < 0,0246V^2. \quad (7)$$

Для перехода от значительной высоты волнения h_s к высоте волнения 3%-ной обеспеченности в первом приближении допускается использовать выражение:

$$h_{3\%} = 1,32h_s.$$

Таким образом, отмечая неоднородность исторических данных визуальных наблюдений за волнением, при расчете статистических характеристик волнения в практике НИЦ ОАО «ГНИНГИ» целесообразно использовать методы расчета, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией с дополнительной проверкой климатологической однородности рядов наблюдений и верхней границы высоты ветрового волнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. WMO guide to meteorological instruments and methods of observation [Electronic resource]. – Geneva: WMO, 2008. – № 8 (Seventh edition). – (Access conditions: <http://www.wmo.ch>).
2. Guide to wave analysis and forecasting observation [Electronic resource]. – Geneva: WMO, 1998. – № 702 (Second edition). – 159 p. – (Access conditions: <http://www.jcomm.info>).
3. National weather service observing handbook [Electronic resource] // Marine weather observations. – NOAA, Stennis Space Center, MS, 2004. – № 1. – 50 p. – (Access conditions: <http://www.nws.noaa.gov/om/marine/handbk1.pdf>).
4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрометеорологические наблюдения на станциях: РД 52.04.585-97. – Вып. 9. – Ч. III: Гидрометеорологические наблюдения, производимые штурманским составом на морских судах. – М.: Гидрометеиздат, 1999. – 197 с.
5. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – Вып. 9. – Ч. 1. – 312 с.
6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрометеорологические наблюдения на станциях: – Вып. 9. – Ч. III Гидрометеорологические наблюдения, производимые штурманским составом на морских судах. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 159 с.
7. Gulev, S.K. Evaluation of ocean winds and waves from voluntary observing ship data. Advances in the applications of marine climatology / S.K. Gulev [et. al.] // The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Meteorology. – Geneva: WMO/TD, 2003. – № 1081. – JCOMM Technical Report. – № 13. – P. 26–68.
8. Massel S. R. Ocean surface waves; their physics and prediction [Electronic resource] / S. R. Massel. – Singapore: World scientific Publishing Co, 2005. – 490 p. – (Access conditions: <http://books.google.ru/books>).
9. Jardine T. P. The reliability of visual observed wave height / T. P. Jardine // Coastal Eng. – 1979. – Vol. 3. – P. 711–723.
10. Jardine T. P. An analysis of wave height records for the N.E. Atlantic [Electronic resource] / T. P. Jardine, F. R. Latham // Quart. J. Royal Meteorological Society. – 1980. – Vol. 107. – P. 415–426. – (Access conditions: <http://www3.interscience.wiley.com/journal>).
11. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные / под ред. И. Н. Давидана (в надзаг. «Регистр СССР»). – Л.: Транспорт, 1974. – 360 с.
12. Gulev S. K., Hasse L. North Atlantic wind waves and wind stress from voluntary observing data / J. Phys. Oceanogr. – 1998. – № 28. – P. 1107–1130.
13. Coastal Engineering Manuals [Electronic resource] // U.S. Army corps of engineers. – Part II. – Ch. 1: Water wave mechanics. – 2006. – 121 p. – (Access conditions: <http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/>).

METHODS OF WIND WAVE HEIGHT CALCULATION USING THE SHIP OBSERVATIONS DATA

S. I. Mastryukov («GNINGI» OJSC)

The information about the methods and accuracy of visual observations of the wind wave height is reviewed. The method of wind wave height calculation based on the current recommendations of the World Meteorological Organization is proposed. The method is supplemented by the check of climatological uniformity of the observation series and check of the upper limit of the wind waves height.

УДК 551.32:656.6.08

**ОЦЕНКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА
БРЫЗГОВОГО ОБЛЕДЕНЕНИЯ СУДОВ****С. И. МАСТРЮКОВ**
(ОАО «ГНИНГИ»)

Дано описание методов расчета брызгового обледенения судов, используемых в России и за рубежом. Проведен сравнительный анализ результатов их применения для условий Финского залива и Баренцева моря. Сделан вывод о предпочтительности использования зарубежного метода, особенно в районах с нормальной соленостью морской воды.

К числу наиболее опасных для мореплавания гидрометеорологических явлений относится обледенение судов, которое многократно приводило к авариям, гибели судов и человеческим жертвам. Хотя в кодовой форме FM13-XI Ext. SHIP предусмотрена группа со сведениями о виде обледенения, толщине и скорости нарастания льда, этот вид наблюдений выполняется не всегда. Поэтому обычно расчет характеристик обледенения осуществляется косвенными методами.

Различают несколько видов обледенения:

1. Обледенение в потоке морских брызг, возникающих при ударе волн о корпус судна (брызговое обледенение). Образующийся при этом лед отличается значительной прочностью и плотностью, а сила его сцепления с обмерзаемой поверхностью выше, чем при обледенении, вызванном другими причинами.

2. Обледенение вследствие заливания палубы судна забортной водой. При этом на некоторых участках палубы судна образуется «ледяная каша», которая часто смывается, а оставшаяся масса периодически разбавляется сравнительно теплой забортной водой.

3. Обледенение в атмосферных осадках: переохлажденном дожде, мороси или мокром снеге, в переохлажденном тумане (атмосферное обледенение). Интенсивность такого обледенения, как правило, мала, но лед обладает большой прочностью и значительной адгезией (сцеплением) к обледеневающей поверхности.

4. Смешанное обледенение, которое образуется при совместном действии морских брызг, заливания забортной водой, атмосферных осадков.

Брызговое обледенение является наиболее распространённым и составляет более 90% всех случаев обледенения, в то же время оно наиболее опасно из-за неравномерного нарастания льда. Во время хода судна от ударов корпуса о волны образуются брызги, которые оседают на корпусе судна и замерзают, если температура воздуха отрицательная. Предельная высота обледенения конструкций судна зависит от скорости ветра и высоты волн и редко превышает 20 м. Чем больше скорость ветра и высота волн, тем выше летят брызги морской воды, следовательно, выше распространяется обледенение. К основным гидрометеорологическим факторам, обуславливающим брызговое обледенение, относятся:

- скорость ветра V ;

- температура воздуха T_a ;
- температура воды T_w ;
- температура замерзания воды T_f (соленость воды S);
- направление ветра относительно судна;
- характеристики ветрового волнения и зыби.

Методы расчета, используемые на практике в нашей стране и за рубежом, отличаются.

В нашей стране существуют критерии гидрометеорологических величин для различных по интенсивности видов обледенения. Известны, по крайней мере, три группы критериев, используемых в различных ведомствах. Критерии, принятые в ВМФ, приводятся в Лощих, например [1], критерии для рыболовных судов приведены в «Наставлении по предупреждению аварий и борьбе за живучесть судов флота рыбной промышленности СССР» [2], критерии принятые в Росгидромете изложены в Рекомендациях и Наставлении по службе морских гидрологических прогнозов [3–5].

В табл. 1 приведены страны критерии обледенения для судов водоизмещением 300–500 т, принятые в различных ведомствах. Как можно видеть, критерии обледенения, принятые в ВМФ и Росгидромете, согласованы между собой, но не совпадают с критериями, принятыми в рыбной промышленности.

Повторяемость обледенения рассчитывается по данным судовых метеорологических наблюдений как вероятность комплекса приведенных гидрометеорологических условий (сочетания условий).

Таблица 1

Отечественные критерии условий обледенения

Интенсивность обледенения	Рыбная пром. [2]	Интенсивность обледенения	ВМФ [1]	Росгидромет [3]
Слабое (до 1,5 т/час)	$V \leq 9$ $T_a > -5$	медленное (до 1,5 т/час, до 2 см/ч)	$-1 > T_a \geq -3$ и любая скорость ветра или ($V \leq 9$ и $T_a < -3$)	$0 < V < 9$ $-1 > T_a > -3$
Умеренное (1,5-3,0 т/час)	$9 < V \leq 12$ $-5 > T_a \geq -9$	быстрое (1,5-4,0 т/час, 2-4 см/ч)	$9 < V \leq 15$ $-3 > T_a \geq -8$	$9 < V \leq 15$ $-3 > T_a \geq -8$
Сильное (3,0-5,0 т/ч)	$12 < V \leq 19$ $-9 > T_a > -15$	очень быстрое ($>4,0$ т/ч, >6 см/ч)	($V > 15$ и $T_a < -3$) или ($8 < V < 15$ и $T_a < -8$)	($V \geq 15$ и $T_a < -3$) или ($8 < V < 15$ и $T_a < -8$)
Катастрофическое ($> 5,0$ т/час)	$V \geq 19$ $T_a < -15$			

В графической форме сочетание принятых в ВМФ и Росгидромете температурных и ветровых условий, приводящих к обледенению судов, приведено на рис. 1.

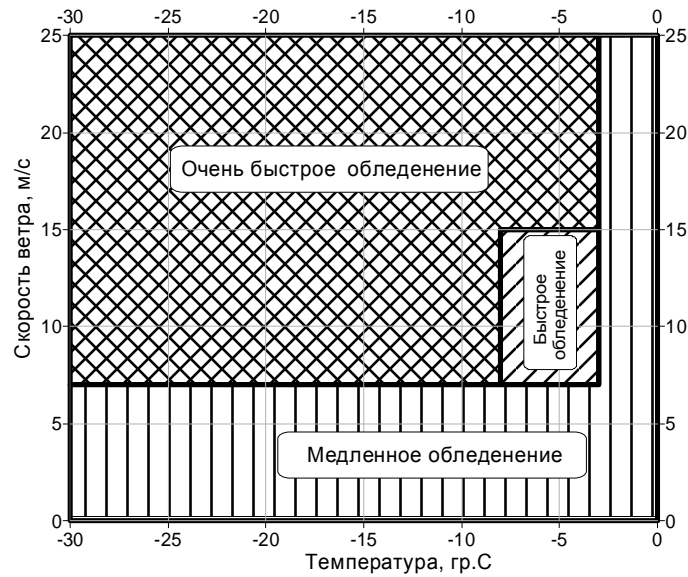


Рис. 1. Критерии различных видов обледенения, принятые в ВМФ и Росгидромете

Для прогноза брызгового обледенения за рубежом широко используется метод Д. Оверлэнда [6, 7]. В отличие от отечественного метода, основанного на учете двух факторов приводящих к обледенению – температуры воздуха и скорости ветра, этот метод позволяет дополнительно учесть температуру воды и температуру замерзания морской воды. Метод построен путем обобщения сообщений об обледенении судов длиной 20–75 м и поэтому, строго говоря, применим к судам таких размеров. На первом этапе выполняется расчет величины так называемого показателя (предиктора) обледенения PPR , как функции от скорости ветра V , температуры воздуха T_a , температуры воды T_w , и температуры замерзания воды T_f :

$$PPR = \frac{V(T_f - T_a)}{1 + 0,3(T_w - T_f)}. \quad (1)$$

Температура измеряется в градусах Цельсия, скорость ветра – в м/с.

Температура замерзания на поверхности воды T_f зависит только от солёности воды S и определяется по эмпирической формуле [8]:

$$T_f = -0,0575S + 0,001710523S^{\frac{3}{2}} - 0,0002154996S^2. \quad (2)$$

После определения величины показателя обледенения PPR в соответствии с табл. 2 оценивается интенсивность и скорость обледенения.

В графическом виде диаграмма критериев обледенения, полученная на основе выражения (1) при температуре воды 0°C и температуре замерзания $-1,7^\circ\text{C}$ представлена на рис. 2.

Таблица 2

Интенсивность и скорость обледенения в зависимости от показателя обледенения

PPR	<0	0–22,4	22,4–53,	53,3–83,0	>83,0
Обледенение	нет	легкое	умеренное	тяжелое	экстремальное
Скорость роста толщины льда, см/час	0	<0,7	0,7–2,0	2,0–4,0	>4,0

Сравнивая диаграмму для отечественных критериев обледенения (рис. 1) с диаграммой, основанной на использовании метода Оверлэнда (рис. 2) можно отметить, что последняя представляется физически более обоснованной.

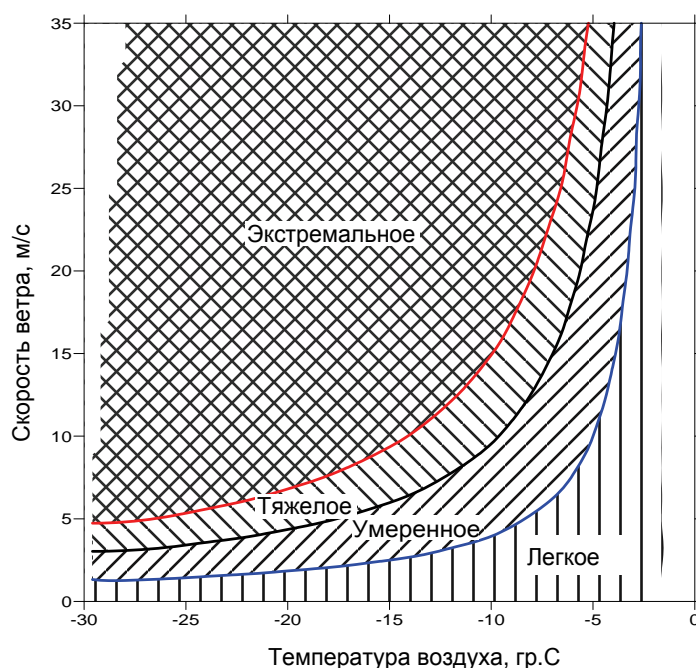


Рис. 2. Критерии обледенения при температуре воды 0°C и температуре заморзания -1°C

Следует отметить еще одно обстоятельство, по которому априори метод Оверлэнда представляется более обоснованным. В отечественной практике обледенение оценивается по его интенсивности, измеряемой в тоннах в час, то есть вес отложений льда не зависит от размерений судна. При использовании метода Оверлэнда показателем интенсивности обледенения является скорость отложения льда, измеряемая в см/час, что позволяет учесть геометрические особенности судна.

В настоящей работе выполнен расчет повторяемости брызгового обледенения для Финского залива и юго-западной части Баренцева моря. В Финском заливе соленость не превышает 7‰, а в юго-западной части Баренцева моря соленость около 33‰.

В качестве исходных данных использованы результаты судовых наблюдений в этих районах за 1960–2000 гг. Результаты расчета представлены на рис. 3, 4.

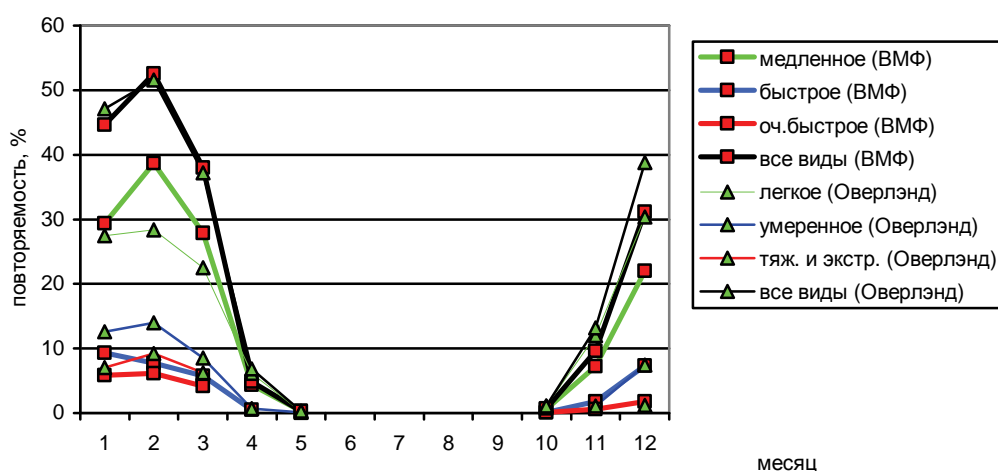


Рис. 3. Оценка повторяемости различных видов обледенения с использованием отечественных методов и метода Оверлэнда для Финского залива

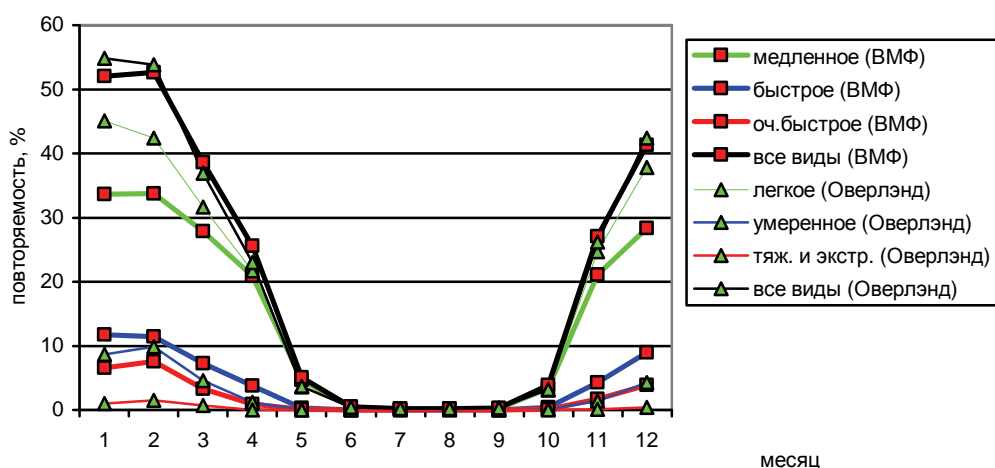


Рис. 4. Оценка повторяемости различных видов обледенения с использованием отечественных методов и метода Оверлэнда для юго-западной части Баренцева моря

Для упрощения анализа будем полагать, что слабое обледенение соответствует медленному, умеренное – быстрому, а тяжелое и экстремальное – очень быстрому. В таком случае анализ полученных результатов показывает:

1. Оценки суммарной повторяемости всех видов обледенения по критериям, принятым в ВМФ, и по методу Оверлэнда хорошо соответствуют друг другу для районов с соленой и распресненной водой (средняя невязка менее 2%).

2. В районах с распресненной водой (Финский залив) средняя невязка повторяемостей отдельных видов обледенения при использовании отечественных критериев обледенения и метода Оверлэнда не превышает 1,5% при стандартном отклонении 2–6%.

3. В районах с соленой водой (Баренцево море) средняя невязка повторяемостей отдельных видов обледенения возрастает до 2,5–4% (при

стандартном отклонении 2–5%). При этом повторяемость медленного обледенения с использованием отечественных критериев по отношению к слабому обледенению по методу Оверлэнда занижена в среднем на 4% (при стандартном отклонении 4,7%), а повторяемость быстрого и очень быстрого обледенения в среднем завышена по отношению к соответствующим видам обледенения по методу Оверлэнда на 2–3% при стандартном отклонении 2%.

Таким образом, для районов с пресной и солоноватой водой при расчете характеристик брызгового обледенения оба метода расчета дают аналогичные результаты. В районах, где соленость воды близка к океанской, использование критериев обледенения, принятых в практике ВМФ и Росгидромета, дает заметно завышенные оценки повторяемости быстрого и очень быстрого обледенения.

Проведенный анализ дает основание рекомендовать для использования в практике ГМО ВМФ и общего мореплавания, а также и при расчете климатических показателей брызгового обледенения судов метод Оверлэнда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лоция северо-западного берега Японского моря / ред. В. Г. Храповицкий. – СПб.: Изд. ГУНиО МО, 1996. – 356 с.
2. Наставление по предупреждению аварий и борьбе за живучесть судов флота рыбной промышленности СССР. – Л., 1983. – 120 с.
3. Методические указания по предупреждению угрозы обледенения судов. – Л.: ГУГМС, ААНИИ, 1972. – 21 с.
4. Наставление по службе прогнозов. – Разд. 3. – Ч. III: Служба морских гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 143 с.
5. Шехман А. И. Гидрометеорологические условия обледенения судов / А. И. Шехман. – М.: НИИАК, 1967. – Вып. 45. – С. 51–64.
6. Overland J. E. Prediction of vessel icing for near-freezing sea temperatures / J. E. Overland // *Weather and Climate*. – 1990. – № 5. – P. 62–77.
7. Overland J. E. Prediction of vessel icing / J. E. Overland, C. H. Pease, R. W. Preisendorfer, A. L. Comiskey // *Journal of Climate and Applied Meteorology*. – 1986. – № 25. – P. 1793–1806.
8. Algorithms for computation of fundamental properties of sea water // UNESCO technical report in marine science. – 1983. – № 44. – P. 35–40.

EVALUATION OF THE DOMESTIC AND FOREIGN METHODS USED TO CALCULATE THE ICE FORMATION ON VESSELS DUE TO SPRAYING

S. I. Mastryukov («GNINGI» OJSC)

The methods used to calculate the icing of vessels due to spraying applied in Russia and abroad are described. The comparative analysis of the results of their use for conditions of the Gulf of Finland and the Barents Sea is carried out. The conclusion about the preferable use of the foreign method is drawn, especially in the areas having the normal salinity of the sea water.

УДК 528.92

**АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЧИСЛОВАЯ СИСТЕМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК****Ю. Н. ЖУКОВ**
(ОАО «ГНИНГИ»)

Числовые значения гидрометеорологических характеристик принято представлять в виде вещественных чисел. В физике наряду с вещественными числами, представляющими измеренные значения физических величин, используются и p -адические числа. Приводится возможный путь введения p -адических чисел в гидрометеорологические исследования состояния окружающей среды.

Бог создал натуральные числа, все остальное – дело рук человеческих.

Леопольд Кронекер

Объектами исследования гидрометеорологии являются состояния атмосферы и океана. Их изменчивость в различных географических точках Земли в зависимости от времени представляется различными свойствами, которые количественно описываются гидрометеорологическими характеристиками (физическими величинами), например, свойство «степень нагретости» количественно представляется физической величиной – температурой. В гидрометеорологии значения любой характеристики среды выражаются с помощью соответствующей поименованной системы вещественных чисел, например, температура – в градусах Цельсия. Это согласуется с тем, что все математические модели гидрометеорологических полей базируются на системе вещественных чисел. Этот приоритет в использовании вещественных чисел в гидрометеорологии никогда и никем не подвергался сомнению. Однако возникает вопрос: единственный ли это вариант числовой системы, который возможен при описании гидрометеорологических полей? Это не праздный вопрос. Например, если обратиться к родственной науке – физике, то в ней существует альтернативная числовая система для количественного представления физических величин – система p -адических чисел (p – простое число) [1, 2]. Проблема нахождения адекватных числовых систем в физике рассматривалась в работе [3]. Одним из источников, инициирующих такие исследования, служит оппозиция непрерывность – дискретность: вещественные числа моделируют непрерывность, а p -адические – дискретность.

Приведем возможный путь введения p -адических чисел для количественного представления гидрометеорологических характеристик. Начнем с некоторых фактов из основ теории измерений, важных для нашего изложения, а определение p -адических чисел и основные их свойства дадим позднее, в подходящем для этого месте.

Физическая величина – это характеристика свойств физических объектов или явлений, имеющая числовое значение, которое определяется в результате измерения.

Количественную характеристику величин находят на основе определенных процедур сравнения свойств физических объектов, т. е. введением некоторой единицы и некоторой шкалы величины, ставящей в соответствие разным степеням проявления свойства определенные числа. Основатель динамической метеорологии А. А. Фридман [4] писал, что важнейшим этапом является адекватная арифметизация изучаемых свойств исследуемого физического объекта. Этот этап включает известный произвол, что связано не только с произволом в выборе единицы измерения, но, главное, с выбором системы чисел для арифметизации.

Методологические проблемы процедуры арифметизации рассматриваются так называемой репрезентационной теорией измерений [5]. Здесь укажем лишь традиционную аргументацию применения в измерениях вещественных чисел: для любых двух положительных вещественных чисел l и L можно найти такое натуральное число n , что будет иметь место неравенство

$$(n-1)l \leq L < nl, \quad (1)$$

называемое аксиомой Архимеда (Евдокса). По существу, аксиома Архимеда – это аксиома физической теории измерений. В силу этой аксиомы всегда возможно измерить любую величину L с помощью другой величины l (выбранной в качестве единицы измерения) с точностью не меньшей, чем l . В большинстве научных моделей считается, что такое предположение о возможности измерений обосновано. Это влечет практически повсеместное использование вещественных чисел и производных от него комплексных чисел. Заметим, что понятие «вещественного числа» включается в объем понятия «величины» в том и только в том случае, если одна из десяти аксиом величины является аксиомой Архимеда [6].

Однако уже в древности были известны и неархимедовы величины, например, величина роговидного угла. Под роговидным углом между двумя кривыми понимают часть плоскости, заключенную между самими кривыми вблизи точки их пересечения (или касания) [7]. Для таких углов аксиома Архимеда не удовлетворяется, поэтому такие углы, например, между касающимися окружностями, являются актуально бесконечно малыми по сравнению с «обычными» углами между пересекающимися прямыми.

К классу неархимедовых числовых систем относятся и p -адические числа.

Мотивация к применению в гидрометеорологии числовых систем, отличных от вещественных чисел, связана со следующими основными обстоятельствами.

Во-первых, система вещественных чисел бесконечна, тогда как в реальности термодинамические характеристики океана и атмосферы всегда лежат в ограниченном диапазоне значений. Действительно, например, температура океана не может быть ниже абсолютного нуля и выше некоторой температуры, при которой океан испарится. Следовательно, выражение (1) не должно выполняться для таких n и l , которые выводят за границы этого диапазона. Вещественные числа не обеспечивают этого условия. Заметим, что не термодинамические характеристики, используемые в гидрометеорологии, например количество облачности, также имеют интервальный тип.

Во-вторых, в результате любых измерений гидрометеорологических характеристик получают количественные значения в рациональных числах.

Действительно, в любом физическом измерении может быть принципиально достигнута только конечная точность [3], т. е. оперируют только с числами, имеющими конечное число знаков (десятичных или, например, двоичных), – это рациональные числа. Однако, стартуя от системы рациональных чисел, можно получить либо систему вещественных чисел, либо одну из систем p -адических чисел. По теореме Островского другие числовые системы из рациональных чисел получить невозможно. Исторически приоритет получили вещественные числа, а p -адические по формальным свойствам равноправны с ними, имеют значительно меньшее применение. Это можно объяснить тем, что p -адические числа открыты на 800 лет позже вещественных – в конце XIX века, их не изучают в ВУЗах, и они имеют непривычные свойства относительно вещественных чисел.

В-третьих, пространственно-временная структура гидрометеорологических характеристик принципиально неоднородна. Динамика океана и атмосферы является турбулентной. Вихревые образования прослеживаются на всех масштабах пространства и времени и образуют сложную иерархическую структуру по размерам и времени существования. Состояние иерархии имеет естественное представление в виде древовидной графовой структуры, например, известны графовые модели турбулентности [8]. Описать подобные структуры вещественными числами невозможно, так как важнейшей чертой вещественного континуума является его однородность.

В-четвертых, изменчивость гидрометеорологических характеристик явно связана с рассматриваемым пространственно-временным масштабом. В первом приближении эта зависимость описывается степенной функцией [9].

$$\begin{aligned}\delta X(\Delta t) &\sim \Delta t^\alpha, \\ \delta X(\Delta V) &\sim \Delta V^\beta,\end{aligned}\tag{2}$$

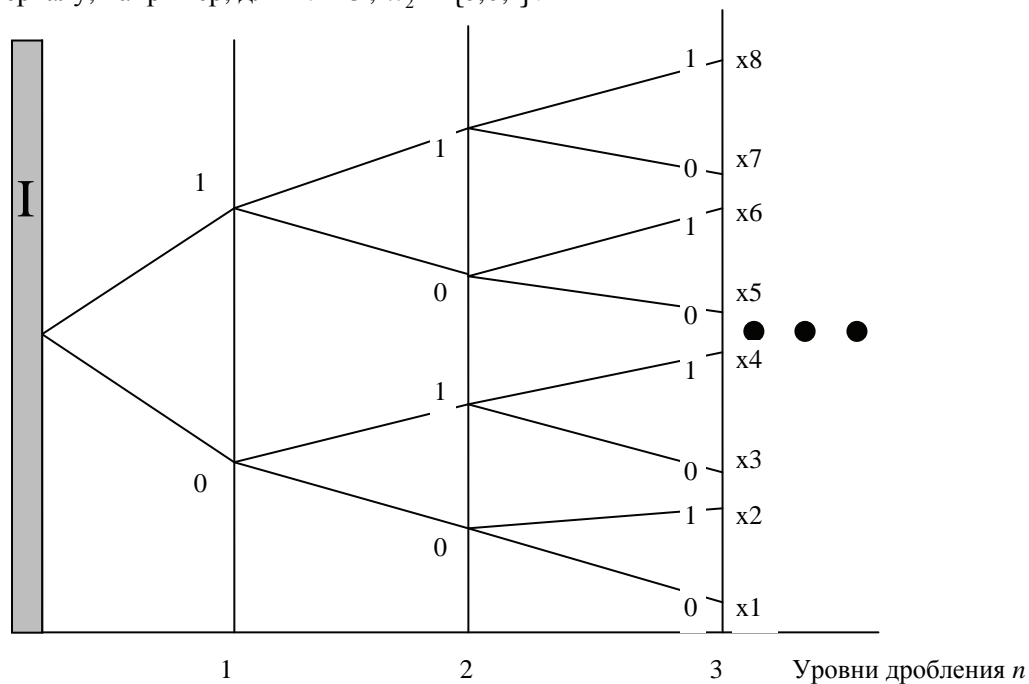
где δX – средняя изменчивость гидрометеорологической характеристики на интервале времени Δt и на интервале пространства объемом ΔV , α , β – вещественные параметры больше нуля. Заметим, что для соотношения (2) обнаруживается связь с древовидными структурами [10].

Широко используется выражение: «сейчас измеренная температура в Санкт-Петербурге равна $X^\circ\text{C}$ », что совершенно некорректно. В реальности значение температуры (вещественное число) в различных точках Санкт-Петербурга будет существенно (намного больше погрешности измерений температуры) отличаться от этого значения и меняться со временем. Величина отличий оценивается выражениями (2). Таким образом, вещественные числа, используемые при измерениях, принципиально не могут описывать гидрометеорологические характеристики в требуемом пространственно-временном масштабе. Это «точечные» данные. Однако на практике они неявно применяются при описании состояния среды для пространственно-временных областей. Следствием этого является то, что в принципе отсутствует возможность сравнения значений характеристик, измеренных в различных областях. Например, некорректно сравнивать значения температур, измеренных даже в один момент времени в разных городах, так как площади городов и интервалы изменчивости в них различны.

В-пятых, использование вещественных чисел приводит к проблеме согласования значений измерений, проведенных приборами с различной разрешающей способностью. Действительно, при округлении или уточнении числового значения возможно изменение непосредственно предыдущего (предыдущих) знака числа по отношению к изменяемой позиции.

Представим один из возможных путей перехода к представлению гидрометеорологических характеристик p -адическими числами, использование которых снимает указанные выше недостатки, возникающие при использовании вещественных чисел. Опишем этот переход с помощью трех последовательных этапов: введение иерархической структуры, определение на ней ультраметрического расстояния, переход к p -адическим числам.

Пусть дана гидрометеорологическая характеристика X , и определен допустимый диапазон изменения ее значений $X \in [X_{\min}, X_{\max}] = I$. Проведем, например, простейшее двоичное деление этого диапазона, ему соответствует граф Кейли, представленный на рисунке. На каждом уровне дробления каждому поддиапазону этого уровня ставится в соответствие символ 1 или 0. Каждый интервал на n -уровне дробления описывается последовательностью нулей и единиц, которые располагаются в порядке прохождения пути от корня дерева к требуемому интервалу, например, для $n = 3$, $x_2 = \{0,0,1\}$.



Дерево Кейли двоичного разбиения диапазона изменчивости гидрометеорологической характеристики

Можно проводить не только двоичное дробление, но и для любого $m > 1$, m – натуральное. Кроме того, дробление можно продолжать до бесконечности. Тогда каждая точка разбиения x имеет бесконечное число координат

$$x = (\alpha_1, \dots, \alpha_n, \dots), \quad (3)$$

где каждая координата принимает конечное число значений

$$\alpha \in A_m = \{0, \dots, m-1\}. \quad (4)$$

Обозначим пространство последовательностей (3) символом Z_m . Введем расстояние ρ между элементами этого пространства следующим образом. Фиксируем вещественное число $0 < q < 1$. Пусть

$$x = (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \dots), \quad y = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n, \dots) \in Z_m.$$

Положим

$$\rho_m(x, y) = q^k, \text{ если } \alpha_j = \beta_j, \quad j = 0, 1, \dots, k-1, \text{ и } \alpha_k \neq \beta_k. \quad (5)$$

Эта функция является расстоянием (метрикой) и даже неархимедовым. Такое расстояние называется *ультраметрикой*. Это расстояние удовлетворяет усиленному неравенству треугольника:

$$\rho_m(x, y) \leq \max[\rho_m(x, z), \rho_m(z, y)], \quad x, y, z \in Z_m. \quad (6)$$

Чтобы найти расстояние $\rho_m(x, y)$ между двумя последовательностями цифр x и y , нужно найти первую позицию k такую, на которой последовательности имеют различные цифры. Выбор константы q не играет никакой роли. Стандартный выбор: $q = 1/m$. Таким образом,

$$\rho_m(x, y) = \frac{1}{m^k}. \quad (7)$$

Пример. Для двоичного разбиения $m = 2$. Пусть $x = (0, 1, 0, \dots)$ и $y = (0, 1, 1, \dots)$. Здесь $k = 2$ и, следовательно, $\rho_2(x, y) = 1/4$.

Заметим, что до этого момента никаких числовых систем еще не появилось, только сейчас переходим к введению чисел. Сделаем это следующим образом. Заметим, что точку $x = (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k, \dots)$ пространства Z_m можно отождествить с «числом»

$$x = \alpha_0 \alpha_1 \dots \alpha_k \dots \equiv \alpha_0 + \alpha_1 m + \dots + \alpha_k m^k + \dots. \quad (8)$$

Этот ряд сходится в метрическом пространстве Z_m . В частности, конечные последовательности $x = \alpha_0 \alpha_1 \dots \alpha_k$ могут отождествляться с натуральными числами $x = \alpha_0 + \alpha_1 m + \dots + \alpha_k m^k$.

Следовательно, множество всех конечных последовательностей может быть отождествлено с множеством натуральных чисел. Более того, множество натуральных чисел является плотным подмножеством в Z_m : любой $x \in Z_m$ можно приблизить с произвольной точностью натуральными числами. Если x – натуральное число, то $|x|_m = m^{-k}$ тогда и только тогда, когда x делится на m^k и не делится на m^{k+1} . Здесь $|x|_m$ обозначает m -адическую норму x .

Множество Z_m называется *множеством m -адических целых чисел*.

На множестве m -адических целых чисел Z_m можно ввести алгебраические операции, а именно сложение, вычитание и умножение. Эти операции являются естественными продолжениями стандартных операций на множестве натуральных чисел $N = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$. Отметим, что деление в Z_m не является корректно определенным (это числовое кольцо, но не числовое поле), и для этих числовых систем не развит аппарат математического анализа.

Для получения полноценных числовых неархимедовых систем (p -адических) необходимо расширение числовых множеств Z_m . Рассмотрим выражение вида:

$$x = \sum_{j=s}^{\infty} \alpha_j m^j, \quad (9)$$

где $\alpha_j = 0, 1, \dots, m-1$ и $s = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Обозначим множество всех таких выражений символом Q_m . Положим $|x|_m = m^{-s}$, если $\alpha_s \neq 0$. Это естественное продолжение нормирования, заданного на Z_m . Если $s = 0, 1, 2, \dots$, то $x = \alpha_s m^s + \dots + \alpha_j m^j + \dots$. Тогда $|x|_m = m^{-s}$. С другой стороны, если $s = -1, -2, \dots$, то $x = \alpha_{-k} / m^k + \dots + \alpha_j m^j + \dots$, где $k = -s$. Тогда $|x|_m = m^{-s} = m^k$.

Здесь отметим, что система вещественных чисел R состоит из выражений вида:

$$x = \sum_{j=-\infty}^s \alpha_j m^j. \quad (10)$$

Причем обычно используется десятичное основание, т. е. $m = 10$. В вещественном случае может быть только конечное число членов с положительными степенями при m , а в m -адическом случае может быть бесконечное число членов с положительными степенями при m . Для отрицательных степеней все наоборот.

Введем сложение, вычитание и умножение на Q_m точно так же, как и на Z_m , продолжая стандартные операции, заданные на множестве конечных сумм:

$$x_n = \sum_{j=-s}^n \alpha_j m^j. \quad (11)$$

Заметим, что $|xy|_m \leq |x|_m |y|_m$. Если $m = p$ является простым числом, то (как и для стандартного модуля в вещественном случае) $|xy|_p = |x|_p |y|_p$. В общем случае деление на Q_m не определено. Однако, если $m = p$, то деление определено корректно и, более того, существует аппарат математического анализа и теории вероятностей. Числовые системы типа Q_p называются p -адическими числами. Свойства этих чисел таковы, что при их использовании отсутствуют указанные выше пять проблем, связанных с применением вещественных чисел. Объем статьи не дает возможности привести здесь подробное описание свойств p -адических чисел. Следует обратиться к соответствующей литературе, например, к работе [11].

Проведенное построение вполне возможно осуществить по имеющимся контактным и дистанционным измерениям состояния атмосферы и океана. При этом возможно ограничиться более «слабыми» числовыми системами Z_m . Отметим характерные недостатки представленной иерархии числовых систем: отсутствие изоморфизма между системами с различными m и их бесконечное число, потому что m это любое натуральное число больше 1.

Данная статья представляет собой попытку привлечь исследователей к проблематике арифметизации гидрометеорологических процессов на примере одного из возможных путей в этом направлении. Представляется верным утверждение о том, что закономерности природы не должны зависеть от используемых числовых систем для ее описания, т. е. должны проявляться в любой из них. Однако верно и то, что в некоторых числовых системах эти закономерности имеют более простой вид, что позволяет быстрее их обнаружить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров В. С., Волович И. В., Зеленев Е. И. P -адический анализ и математическая физика. М.: Наука, 1994. – 352 с.
2. Козырев С. В. Методы и приложения ультраметрического и p -адического анализа: от теории всплесков до биофизики. Современные проблемы математики. М.: МИАН, 2008. – 170 с.
3. Хармут Х. Применение методов теории информации в физике. – М.: Мир, 1989. – 344 с.
4. Фридман А. А. Мир как пространство и время. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 96 с.
5. Suppes P., Luce D.H. Foundation of Measurement. – San Diego: Academic Press. – 1990. – 125 pp.
6. Математическая энциклопедия. Т. 1. – М.: Советская Энциклопедия, 1977. – 1152 с.
7. Клейн Ф. Элементарная математика с точки зрения высшей. Т. 2. Геометрия. – М.: Наука, 1987. – 416 с.
8. Benzi R., Biferale L., Trovatore E. Ultrametric Structure of Multiscale Energy Correlations in Turbulent Models // Physical Review Letters, V. 79, № , 1997. – P. 1670–1673.
9. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.

10. Олемской А. И., Флат А. Я. Использование концепции фрактала в физике конденсированной среды. // УФН, Т. 163, № 12, 1993. – с. 1–50.
11. Каток С. Б. *p*-адический анализ в сравнении с вещественным. – М.: МЦНМО, 2004. – 112 с.

ALTERNATIVE NUMERICAL SYSTEM OF PRESENTING THE HYDROMETEOROLOGICAL CHARACTERISTICS

Y. N. Zhukov («GNINGI» OJSC)

The numerical values for hydrometeorological characteristics are traditionally presented in the form of real numbers. In physics, along with the real numbers that are the measurement data of physical values, the p-adic numbers are used as well. The possible way of introducing the p-adic numbers in the hydrometeorological explorations of the environment state is presented.

УДК 551.509.33:551.465.7

**ПОКАЗАТЕЛЬ СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ АНОМАЛИИ
ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА И КРУПНОМАСШТАБНЫЕ
ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В АТЛАНТИКО-
ЕВРОПЕЙСКОМ СЕКТОРЕ**

И. В. ЛАВРОВА (ОАО «ГНИНГИ»),
А. И. УГРЮМОВ (РГГМУ)

В работе выполнено районирование акватории Северной Атлантики и выявлены информативные районы. Показано, что существуют два района, в которых наблюдаются колебания аномалии температуры поверхности океана в противофазе. Предложен численный показатель Северо-Атлантического колебания в океане, описывающий температурный режим теплых и холодных течений. Проанализированы тренды показателя Северо-Атлантического колебания в океане для зимнего и летнего периодов. Исследована связь показателя Северо-Атлантического колебания в океане с показателями Северо-Атлантического колебания в атмосфере. Полученные связи свидетельствуют о том, что Северо-Атлантическое колебание в атмосфере и океане, действительно, являются единым процессом.

Исследования, посвященные изучению теплового состояния Северной Атлантики, продолжают на протяжении многих лет, что вполне обосновано, поскольку Атлантический океан является основным очагом формирования морского воздуха, поступающего на территорию Европы [1–4]. Колоссальные запасы тепла, аккумулированные океаном, имеют большое значение в трансформации перемещающегося над ним воздуха. Интенсивная, охватывающая всю тропосферу, трансформация воздуха над океаном и наличие мощных океанических течений, обуславливающих существенное перераспределение океанического тепла, позволяют объяснить возникновение как климатических, так и аномальных особенностей атмосферных макропроцессов. Свойство сохранения обычно устойчивой тенденции

аномалии температуры воды в океане за счет высокой удельной теплоемкости может быть использовано при решении ряда задач в долгосрочных прогнозах погоды.

В последнее время резко возрос и качественно изменился поток гидрометеорологической информации, что позволяет проводить исследования на более представительном уровне. Прежде всего в последние годы стали доступны для широкого круга пользователей данные ре-анализа. Для оценки интенсивности тепловых потоков в Северной Атлантике использованы данные по аномалии температуры воды в поверхностном слое, осредненные по квадратам $5 \times 5^\circ$ из массива данных ESRL (Earth System Research Laboratory) [5]. Аномалии рассчитаны относительно среднего за период 1951–1980 гг. Данные отобраны по всей акватории Северной Атлантики от экватора до 80° с. ш. по всем месяцам за период с 1856 по 2011 гг.

Наиболее полное представление о крупномасштабных особенностях поля аномалии температуры по поверхности океана (ТПО) можно составить, если рассмотреть районы однородного его изменения на исследуемой акватории. Для этой цели было выполнено районирование поля аномалии температуры воды в поверхностном слое в зимний и летний периоды по сходству колебаний ТПО в отдельных квадратах, где были рассчитаны коэффициенты корреляции между аномалиями ТПО для всех квадратов, т. е. каждый квадрат поочередно брался как центр корреляции. Подробное описание процедуры районирования описано в работе [6].

На основе выполненной в этом районе классификации были выделены шесть однородных районов. Анализ полученных районов показал, что в двух из них изменение аномалии температуры поверхности океана (ТПО) происходит в противофазе, и они имеют достаточно сильную отрицательную корреляционную связь.

Первый из них – район холодных, второй – теплых водных масс. На рис. 1 приведены коэффициенты корреляции между аномалиями ТПО в центре первого района (рис. 1а) и второго района (рис. 1б) и аномалиями ТПО на всей акватории Северной Атлантики. В дальнейшем эти центры районов будем называть информативными районами или просто районами 1 и 2. Действительно, в районах 1 и 2 изменения аномалии ТПО происходят в противофазе, т. е. усиление адвекции тепла в районе 2 сопровождаются усилением адвекции холода в районе 1, и наоборот.

Аналогично рассмотрены поля аномалии ТПО для летних месяцев за период с июля по август. В результате исследований установлено, что в летние месяцы наблюдаются также два температурных диполя, но расположение их немного отличается от зимних месяцев: произошло небольшое смещение района 1 к югу, а района 2 к северу – из Северного моря в Норвежское (рис. 2).

Таким образом, на акватории Северной Атлантики отчетливо выделяется температурный диполь в системе теплых и холодных течений. По аналогии с известным Северо-Атлантическим колебанием в атмосфере (North Atlantic Oscillation – NAO) будем считать, что данный температурный диполь представляет собой проявление Северо-Атлантического колебания в океане.

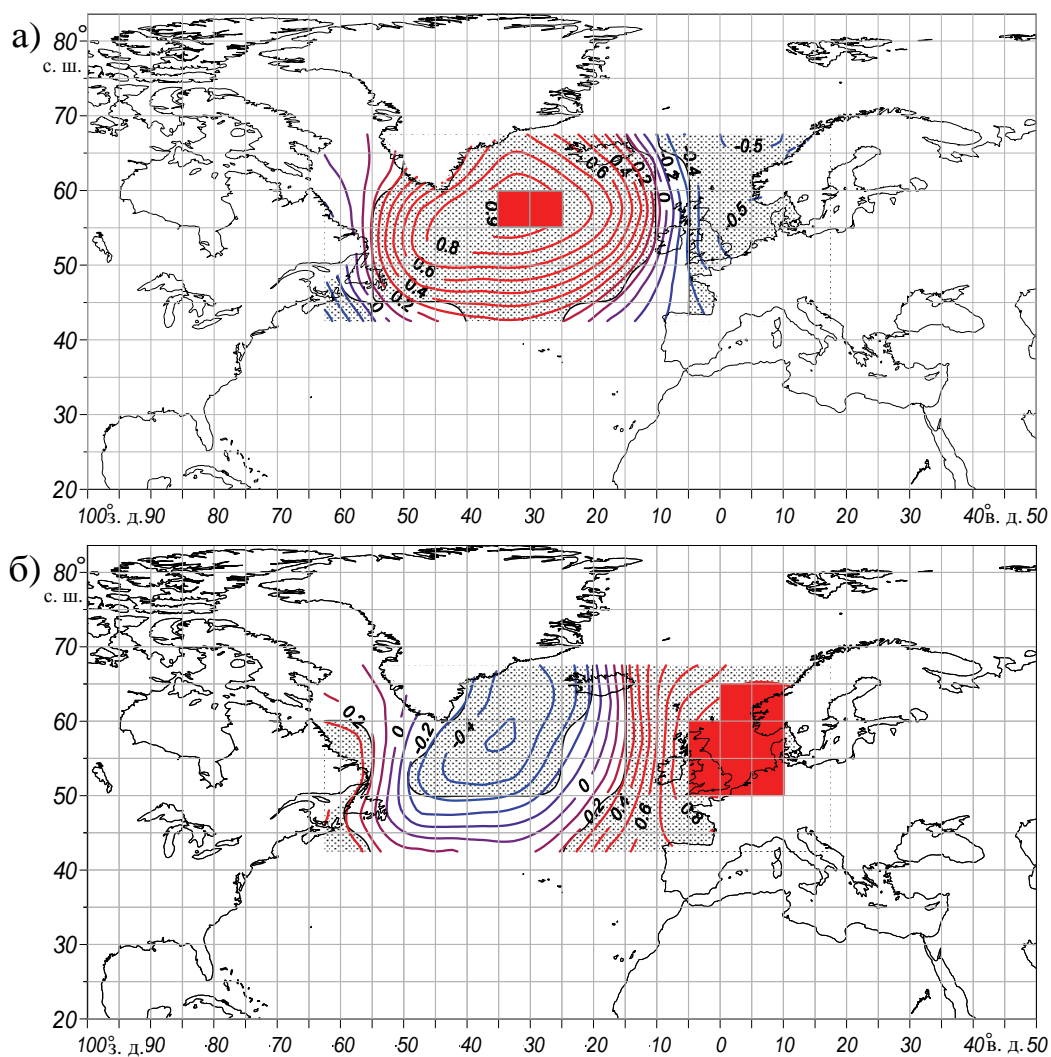


Рис. 1. Поля коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО в информативных районах 1 и 2 аномалиями ТПО на всей акватории Северной Атлантики за период январь-март

■ — информативные районы; а — район 1; б — район 2;
▨ — зона статистически значимых коэффициентов корреляции на уровне 0,95

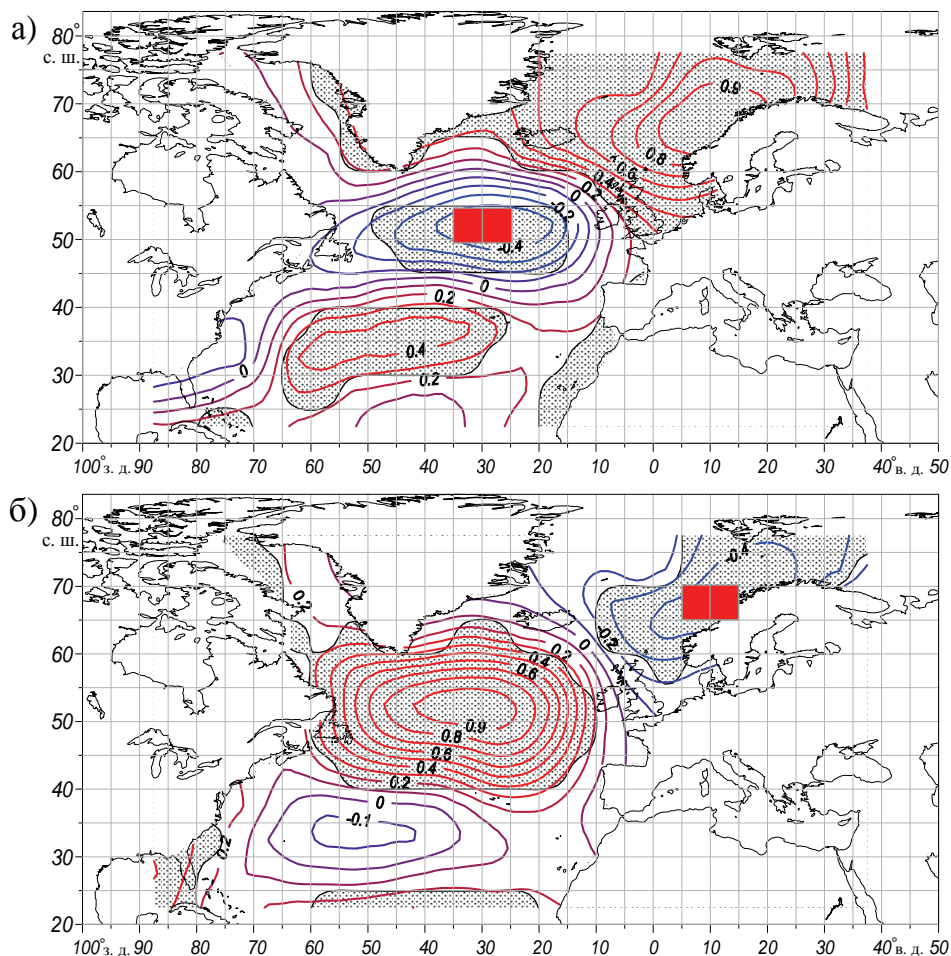


Рис. 2. Поля коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО в информативных районах 1 и 2 и аномалиями ТПО на акватории Северной Атлантики за период с июня по август

– информативные районы; а – район 1; б – район 2;
 – зона статистически значимых коэффициентов корреляции на уровне 0,95

Введем понятие показателя Северо-Атлантического колебания в океане как разность аномалии ТПО в информативных районах:

$$\delta\Delta T_w = \Delta T_2 - \Delta T_1, \quad (1)$$

где $\delta\Delta T_w$ – показатель Северо-Атлантического колебания в океане;

$\Delta T_2 - \Delta T_1$ – разность аномалий ТПО в районе 2 (теплые течения) и в районе 1 (холодные течения).

Показатель $\delta\Delta T_w$ отражает интенсивность двух основных тепловых потоков в океане. Аномалия ТПО в районе 2 (ΔT_2) характеризует интенсивность Северо-

Атлантического течения, аномалия ТПО в районе 1 – интенсивность Восточно-Гренландского течения. Таким образом, при $\delta\Delta T_w > 0$ отмечается общее усиление течений и соответствующей им адвекции температуры воды. При $\delta\Delta T_w < 0$ отмечается снижение интенсивности океанической циркуляции.

Подобным образом расчет показателей $\delta\Delta T_w$ выполнен для всех месяцев. Но для дальнейших исследований будем использовать значения показателя $\delta\Delta T_w$, осредненные по сезонам с периодами январь – март и июнь – август.

Для анализа колебания показателя $\delta\Delta T_w$ построены графики многолетних изменений с 1856 по 2011 гг. для периодов январь-март (рис. 3) и июнь – август (рис. 4). Несмотря на достаточно представительный период в 150 лет, качество данных до 1950 г. сомнительно, поскольку только в 1946 г. была создана первая служба стационарных судов погоды и организованы регулярные метеорологические наблюдения.

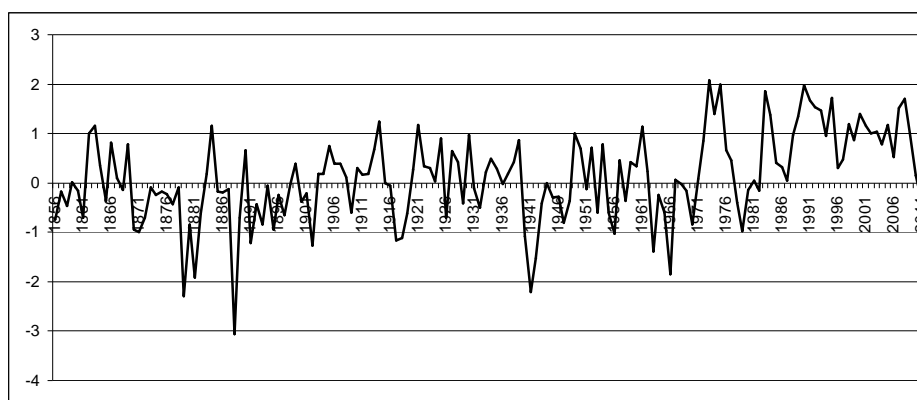


Рис. 3. Многолетние изменения показателя $\delta\Delta T_w$ в океане для периода с января по март

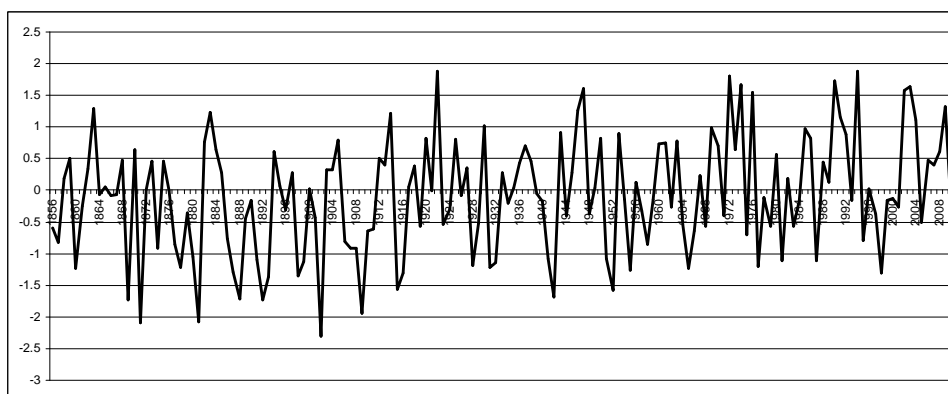


Рис. 4. Многолетние изменения показателя $\delta\Delta T_w$ в океане для периода с июня по август

На графиках видно, что за последние годы наблюдается тенденция к увеличению показателя $\delta\Delta T_w$, что совпадает с периодом «глобального потепления». В период с января по март происходят наиболее заметные многолетние колебания с периодом около 30–40 лет. Колебания показателя $\delta\Delta T_w$ в период июнь–август не имеют четко выраженных тенденций. Оценить изменения показателя $\delta\Delta T_w$ в летний период довольно сложно, поскольку в это время года наибольшее влияние оказывает радиационный прогрев поверхностного слоя по сравнению с адвективным прогревом. Поэтому, на наш взгляд, наиболее показательными значениями индекса $\delta\Delta T_w$ для исследования влияния на атмосферные процессы являются данные полученные за зимние месяцы.

В настоящее время уже существуют несколько показателей Северо-Атлантического колебания в океане. Одним из наиболее известных современных показателей является индекс Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО), где в качестве показателя предлагается среднее годовое значение аномалии температуры в поверхностном слое по всей акватории Северной Атлантики от экватора до 70° с. ш. На рис. 5 показан многолетний ход показателя АМО.

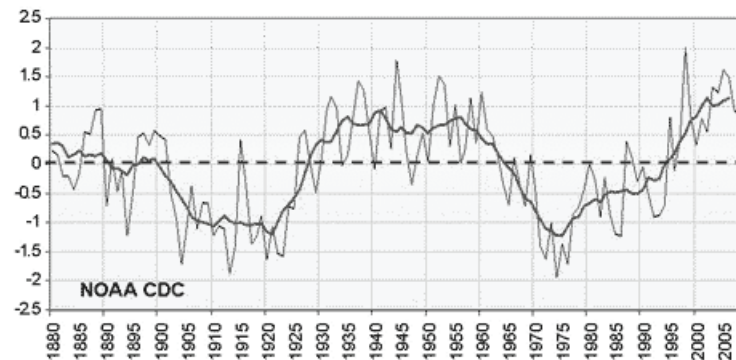


Рис. 5. Многолетние изменения показателя АМО

Большое количество работ по исследованию показателя АМО посвящено изучению его влияния на изменение климата и формированию ураганов в Северной Атлантике [7–8]. Насколько точно среднегодовая аномалия ТПО может охарактеризовать тепловое состояние океана – вопрос спорный, поскольку в зимний и летний периоды наблюдаются два совершенно разных процесса: в летний период океан накапливает тепло, а в зимний – его отдает. Осреднение ТПО за год по всей акватории Северной Атлантике лишает возможности оценить интенсивность потоков тепла с учетом сезонных особенностей, а также распределения теплых и холодных течений и водных масс.

Использование в качестве индекса Северо-Атлантического колебания аномалии ТПО в выявленных информативных районах за отдельные месяцы позволяет оценить влияние океана на формирование атмосферных процессов с учетом сезонных особенностей. Для этого используем хорошо известный индекс Северо-Атлантического колебания (NAO) в атмосфере, который представляет собой

разность давлений между Исландским минимумом и Азорским максимумом. Кроме того, этот индекс широко изучен и признан как в нашей стране, так и за рубежом.

Существуют несколько разновидностей индекса NAO в зависимости от пунктов наблюдения и от периодов осреднения. Индекса Северо-Атлантического колебания в атмосфере измеряется, как правило, в единицах давления (гПа). Несколько таких индексов были рассмотрены из работы Н. П. Смирнова [10]: разность давления между Азорскими островами (Понта-Делгада) и Исландией (Акюрейри), осредненная за три зимних месяца (с декабря по февраль) (NAO1); разности давления между пунктами Лиссабон (Португалия) и Стиккисхоульмур (Исландия) (NAO2), осредненные за четыре зимних месяца (с декабря по март); разность давления между непосредственными ЦД. (NAO3); разность давления в узлах сетки на строго фиксированном меридиане с координатами 45° с. ш., 30° з. д. и 60° с. ш., 30° з. д. (NAO4), где в качестве периода осреднения использованы три зимних месяца (с декабря по февраль), а также индекс NAO_{общ} – первая главная компонента разложения на естественные ортогональные функции, описывающая 84 % общей дисперсии всех четырех рассматриваемых индексов NAO.

На таблице представлены значения коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО в Северной Атлантике в информативных районах 1 и 2 (ΔT_1 и ΔT_2), показателем Северо-Атлантического колебания в океане ($\delta\Delta T_w$) и значениями выше указанных индексов атмосферного Северо-Атлантического колебания за 54 года (с 1940 по 1994 гг.).

На таблице видно, что наиболее сильная связь наблюдается между показателем Северо-Атлантического колебания в океане и индексами NAO2 и NAO_{общ}, где коэффициенты корреляции составляют более 0,7. Корреляционная связь между индексами Северо-Атлантического колебания и аномалиями ТПО в районе 2 положительная, а в районе 1 – отрицательная.

Коэффициенты корреляции (r) между аномалиями ТПО в Северной Атлантике в районах 1 и 2 (ΔT_1 и ΔT_2), показателем Северо-Атлантического колебания в океане ($\delta\Delta T_w$) в период с января по март и индексами Северо-Атлантического, Восточно-Канадского и Северо-Европейского колебания

Аномалии ТПО и показатель Северо-Атлантического колебания в океане	r между разностью давления в пунктах				ГК1, NAO _{общ}
	Понта-Делгада-Акюрейри, NAO ₁	Лиссабон-Стиккисхоульмур, NAO ₂	Между центрами, NAO ₃	45° с. ш., 30° з. д. и 65° с. ш., 30° з. д., NAO ₄	
ΔT_1	-0,54	-0,54	-0,57	-0,57	-0,58
ΔT_2	0,70	0,73	0,66	0,64	0,71
$\delta\Delta T_w$	0,72	0,74	0,71	0,70	0,75

Полученные связи свидетельствуют о том, что Северо-Атлантическое колебание в атмосфере и океане, действительно, являются единым процессом.

Далее рассмотрим, какие районы Северной Атлантики оказывают наибольшее влияние на формирование крупномасштабной атмосферной циркуляции. Для этого построим поля синхронных коэффициентов корреляции между индексом $NAO_{общ}$ и полем аномалии ТПО для периодов с января по март (рис. 6) и с июня по август (рис. 7).

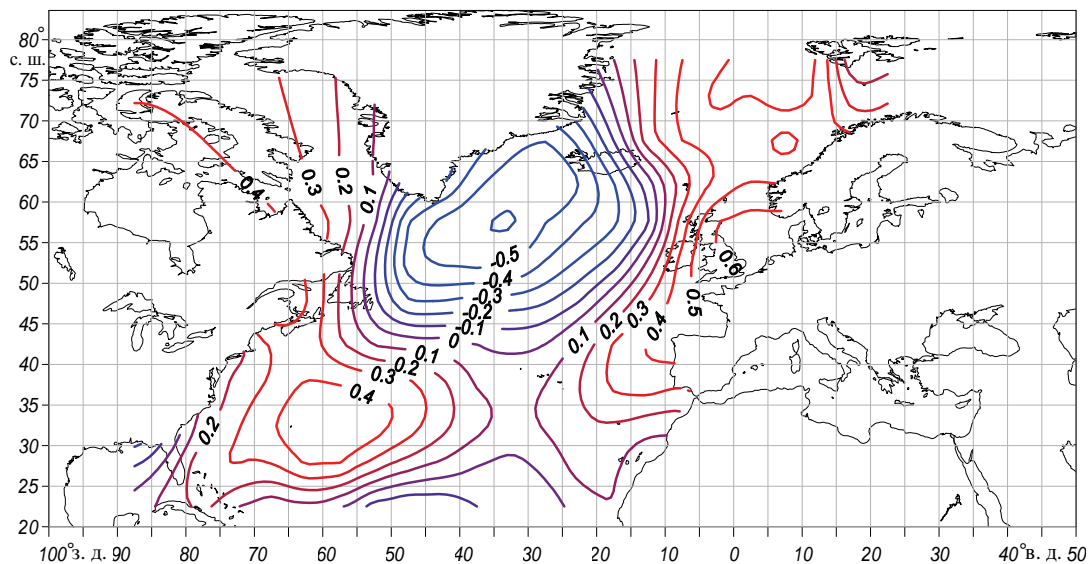


Рис. 6. Поля коэффициентов корреляции между индексом $NAO_{общ}$ и аномалиями ТПО на акватории Северной Атлантики для периода с января по март

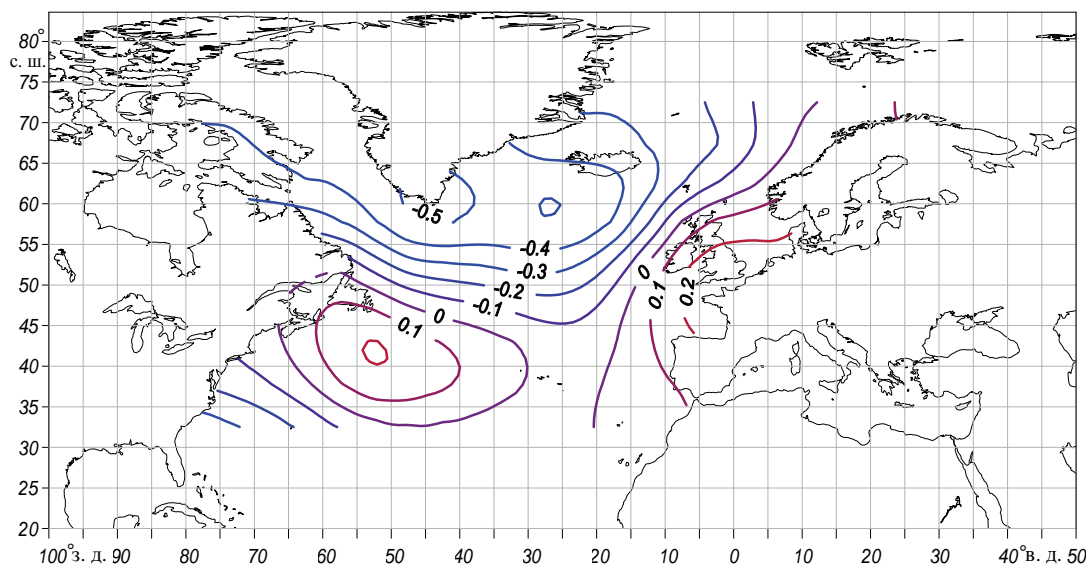


Рис. 7. Поля коэффициентов корреляции между индексом $NAO_{общ}$ и аномалиями ТПО на акватории Северной Атлантики для периода с июня по август

Анализ рисунков показывает, что в зимний период область с минимальными значениями коэффициентов корреляции наблюдается у юго-западных берегов Гренландии, что соответствует положению информативного района 1. Области с положительными коэффициентами корреляции расположены у юго-восточных берегов Северной Америки, в системе течений Гольфстрима и у западных берегов Европы вблизи информативного района 2.

Аналогичная картина наблюдается и в летний период, однако корреляция заметно меньше, чем для зимы. Самые низкие значения составляют около -0,5, а самые высокие – около 0,2. Причина этого явления, по-видимому, заключается в установлении в это время года сезонного термоклина, что видно из графиков типичного вертикального профиля температуры воды.

Проведенные исследования обосновывают выбор используемых информативных районов. На этом основании предложен новый показатель Северо-Атлантического колебания в океане, характеризующий распределение аномалий ТПО в информативных районах. Проведенный анализ корреляционных связей показателя Северо-Атлантического колебания в океане ($\delta\Delta T_w$) и индексов Северо-Атлантического колебания в атмосфере (NAO) подтверждает существование единого процесса теплообмена между океаном и атмосферой. Таким образом, показатель $\delta\Delta T_w$ может быть в дальнейшем использован для исследования вопросов изменений климата, взаимодействия океана и атмосферы в атлантико-европейском секторе, а также для совершенствования существующих и разработки новых методов долгосрочного прогноза на территории Европы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Угрюмов А. И. Тепловой режим океана и долгосрочные прогнозы погоды / А.И. Угрюмов. – Л.: Гидрометеиздат, 1981.–176 с.
2. Угрюмов А. И. О крупномасштабных колебаниях температуры поверхности воды в Северной Атлантике / А. И. Угрюмов // Метеорология и гидрология. – 1973. – № 3. – С.12–22.
3. Sandstrom J. On relation of the surface temperature of the sea to the air temperature / J. Sandstrom // Arkiv for mat., ast., oet. fysik. – 1942. – Vol. 28. – № 3.
4. Дуванин А. И. О модели взаимодействия между процессами в океане и атмосфере / А. И. Дуванин // Океанология. – 1968. – Вып. 4. – С. 571–580.
5. Kaplan Extended SST V2 // Earth System Research laboratory [Electronic resource] / U.S. Department of Commerce (National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory). – USA, 2008. – Point of access: http://www.cdc.noaa.gov/data/gridded/data.kaplan_sst.html.
6. Лаврова И. В. Северо-Атлантическое колебание в океане и его влияние на ледяной покров в западном секторе Арктики / И. В. Лаврова, А. И. Угрюмов // Ученые записки РГГМУ. – 2009. – № 9.
7. Schulz M. Low-frequency oscillations of the Atlantic Ocean meridional overturning circulation in a coupled climate model / M. Schulz, M. Prange, A. Klockner // Climat of the Past, – 2007. – №3. – pp. 97–107.
8. National Oceanic and Atmospheric Administration Frequently Asked Questions about the Atlantic Multidecadal Oscillation [Electronic resource] / http://www.aoml.noaa.gov/phod/amo_faq.php.
9. Смирнов Н. П. Северо-Атлантическое колебание и климат / Н. П. Смирнов, В. Н. Воробьев, С. Ю. Качанов. – СПб.: Изд. РГГМУ, 1998. – 119 с.

INDEX OF THE NORTH-ATLANTIC TEMPERATURE ANOMALY VARIATION OF THE OCEAN SURFACE AND LARGE-SCALE CHANGES IN THE ATMOSPHERE CIRCULATION IN THE ATLANTIC-EUROPEAN SECTOR

I. V. Lavrova ("GNINGI" OJSC),
A. I. Ugryumov (RSHMU)

The subdivision of the North-Atlantic water area is carried out and the informative regions are revealed. It is shown that there are two areas in which the temperature anomaly variations of the ocean surface in the antiphase are observed. The numerical index of the North-Atlantic variation in the ocean describing the temperature regime for the warm and cold currents is suggested. The index trends of the North-Atlantic variation in the ocean for the winter and summer seasons are analysed. The relationship of the North-Atlantic variation index and the variation indices in the atmosphere is studied. The obtained relationships show that the North-Atlantic variations in the atmosphere and the ocean are really a single process.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

АЛЕКСЕЕВ Сергей Петрович,

генеральный директор ОАО «ГНИНГИ», контр-адмирал, докт. техн. н., профессор, заслуженный военный специалист РФ, председатель Санкт-Петербургского регионального отделения Российского общественного института навигации. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – штурман. Автор более 200 печатных трудов.

E-mail: mail@gningi.ru

АНТОНОВ Аркадий Евгеньевич,

ведущий научный сотрудник, ФГНУ ГосНИОРХ, докт. геогр. н. Окончил ЛВИМУ им. адм. С. О. Макарова. Область научных интересов – географические аспекты природной цикличности. Автор 176 печатных работ

АРНАУТОВ Юрий Викторович,

военнослужащий войсковой части 59051, капитан 1 ранга. Окончил Высшее военно-морское училище подводного плавания им. Ленинского комсомола. Специализация – военный инженер-штурман.

E-mail: yurarn@mail.ru

ДОБРОТВОРСКИЙ Александр Николаевич, зам. генерального директора ОАО «ГНИНГИ» по научной работе, член-корреспондент Академии Инженерных наук РФ, полковник в запасе, докт. техн. н., профессор. Окончил военную инженерно-космическую академию им. А. Ф. Можайского. Специализация: системное проектирование. Автор более 180 печатных трудов.

E-mail: dan@gningi.ru

БОЙКОВ Алексей Викторович,

заведующий кафедры судовождения Московской государственной академии водного транспорта, канд. тех. н. Окончил Санкт-Петербургский университет водных коммуникаций. Специализация – эксплуатация водного транспорта, судовождение. Автор более 40 печатных трудов.

E-mail: boykovalexey@bk.ru

Sergey P. ALEKSEYEV,

Director General, «GNINGI» OJSC, Rear-Admiral, DSc, professor. Honoured Military Specialist, chairman of St. Petersburg regional branch of the Russian Public Institute of Navigation. Graduated from Frunze Naval College and Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigation. Author of more than 200 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Arcady E. ANTONOV,

leading researcher, The State Research Institute of Riverine and Lacustrine Fisheries, DSc (geography). Graduated from Leningrad Higher Engineering Marine College. Sphere of scientific interests: geographic aspects of natural cyclic recurrence. Author of 176 publications.

Yuri V. ARNAUTOV,

Captain 1-st Rank, unit 59051. Graduated from the Naval College of Submerged Sailing. Speciality: military engineer-navigator.

E-mail: yurarn@mail.ru

Alexandr N. DOBROTVORSKY,

Deputy Chief of the Director General, «GNINGI» OJSC, Colonel (Ret.), DSc, professor, Corresponding Member of the RF Academy of Engineering Sciences. Graduated from Mozhaisky Military Space Academy. Speciality: system design. Author of more than 180 publications.

E-mail: dan@gningi.ru

Aleksei V. BOIKOV.

Head of the Vessel Navigation Chair, Moscow State Academy of Water Transport, CandSc. Graduated from St. Petersburg University of Water Communications. Speciality: exploitation of water transport, navigation. Author of more than 40 publications.

E-mail: boykovalexey@bk.ru

БРОДСКИЙ Павел Григорьевич,

директор 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

ГОЛЯКОВ Алексей Дмитриевич,

главный специалист ОАО «Научно-исследовательский институт точной механики», 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

ДУБИНКО Юрий Сергеевич,

ведущий специалист КБ «Навис», капитан 1 ранга (в отставке), докт. техн. н., доцент. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – спутниковая радионавигация. Автор более 60 печатных трудов, в том числе двух монографий.

Тел. +7(812)322-10-60

ЖУКОВ Юрий Николаевич,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», докт. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – гидрометеорология. Автор более 60 печатных трудов.

Тел. +7(812)322-63-39

КАВРАЙСКИЙ Александр Владимирович,

старший научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в отставке. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – гидрография, математическая картография. Автор более 40 печатных трудов.

Тел. +7(812)322-66-48

КАТЕНИН Владимир Александрович,

ученый секретарь ОАО «ГНИНГИ», докт. воен. н., профессор. Капитан 1 ранга в отставке. Окончил Каспийское высшее военно-морское училище. Специализация – военная кибернетика. Автор более 190 печатных трудов.

Тел. +7(812)327-99-26

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

Aleksey D. GOLYAKOV,

Main Expert, «Research Institute of Fine Mechanics» JSC, professor. DSc, professor. Graduated from Mozhaisky Military Space Academy. Speciality – navigation and safety. Author of more than 120 publications.

E-mail: algol49@ narod.ru

Yuri S. DUBINKO,

leading specialist of «Navis» Design Bureau, Captain 1st rank (Ret.), DSc, senior researcher. Graduated from Frunze Naval College and Kuznetsov Naval Academy. Speciality: satellite radionavigation. Author of more than 60 publications, including two monographs.

Tel. +7(812)322-10-60

Yuri N. ZHUKOV,

leading researcher, «GNINGI» OJSC, DSc. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute. Speciality: hydrometeorology. Author of more than 60 publications.

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

Alexander V. KAVRAISKY,

senior researcher, «GNINGI» OJSC, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College, Naval Academy. Speciality: hydrography, mathematical cartography. Author of more than 40 publications.

Tel. +7(812)322-66-48

Vladimir A. KATENIN,

scientific secretary, «GNINGI» OJSC, DSc, professor. Captain 1st rank (Ret.). Graduated from Caspian Naval College. Speciality: military cybernetics. Author of more than 190 publications.

Tel. +7(812)327-99-26

КРАСОВСКИЙ Владимир Сергеевич,

начальник группы защиты интеллектуальной собственности и лицензирования ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», канд. техн. наук, доцент. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе. Специализация – навигация. Область научных интересов – защита интеллектуальной собственности. Автор более 40 печатных трудов.

Тел. +7(812)499-82-00

ЛАВРОВА Ирина Викторовна,

начальник отдела ОАО «ГНИНГИ», канд. геогр. наук. Окончила Российский государственный гидрометеорологический университет. Специализация – гидрометеорология. Автор 5 печатных работ.

E-mail: livspb@yandex.ru

МАСТРЮКОВ Сергей Иванович,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», полковник в запасе, канд. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – океанология. Автор более 100 печатных трудов.

Тел. +7(812)322-63-22

СЕЛИВЕРСТОВ Алексей Сергеевич,

начальник отдела ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в запасе. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – навигация. Область научных интересов – развитие космических навигационных технологий и систем. Автор пяти печатных работ.

Тел. +7(812)322-10-60

УГРЮМОВ Александр Иванович,

профессор кафедры метеорологических прогнозов РГГМУ, докт. геогр. н., Заслуженный метеоролог РФ. Окончил Московский государственный университет им. Ломоносова. Специализация – гидрометеорология. Автор более 100 научных трудов.

E-mail: ugrumov-met@mail.ru

ЯКУШЕВ Денис Игоревич,

профессор кафедры военного обучения СПбГЭТУ, докт. тех. н. Окончил СПбГЭТУ. Область научных интересов – геоинформационные аспекты природной цикличности. Автор 44 печатных работ.

E-mail: yakushev@pisem.net

Vladimir S. KRASOVSKY,

the chief of the group for protection of intellectual property and licensing, "CRI "Elektropribor", JSC, CandSc, reader. Graduated from Frunze Naval College. Speciality: navigation. Sphere of scientific interests: protection of intellectual property. Author of more than 40 publications.

Tel. +7(812)499-82-00

Irina V. LAVROVA,

head of division, "GNINGI" OJSC, CandSc. Graduated from the Russian State Hydrometeorological University. Speciality: hydrometeorology. Author of five publications.

E-mail: livspb@yandex.ru

Sergei I. MASTRYUKOV,

leading researcher, «GNINGI» OJSC, Colonel (Ret.), CandSc. Graduated from St. Petersburg Hydrometeorological Institute. Speciality: oceanology. Author of more than 100 publications.

Tel. +7(812)322-63-22

Alexey S. SELIVERSTOV,

chief of division, «GNINGI» OJSC. Captain 1st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College and Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigation. Sphere of scientific interests: development of space navigation technologies and systems. Author of five publications.

Tel. +7(812)322-10-60

Alexandr I. UGRYUMOV,

professor of the chair for meteorological forecasts, the Russian State Hydrometeorological University, DSc, (geography), the RF Honoured meteorologist. Graduated from Moscow State University. Speciality: hydrometeorology. Author of more than 100 scientific publications.

E-mail: ugrumov-met@mail.ru

Denis I. YAKUSHEV,

professor of the chair for military training, the St. Petersburg State Electrotechnical University, DSc. Graduated from The State Electrotechnical University. Sphere of scientific interests: geoinformation aspects of natural cyclic recurrence. Author of 44 publications.

E-mail: yakushev@pisem.net

РЕФЕРАТЫ

УДК 622.276.04

Сотрудничество ВМФ и ОАО «Газпром» - эффективное условие решения проблемы повышения безопасности морских нефтегазовых объектов. С. П. Алексеев, А. Н. Добротворский, П. Г. Бродский. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 7-12.

В статье рассматриваются результаты совместной деятельности ВМФ и ОАО «Газпром», полученные при проведении научно-исследовательских работ и организационных мероприятий в рамках соответствующих Планов. Уникальный опыт и имеющийся потенциал полезны и перспективны для дальнейшего практического решения вопросов безопасности морских нефтегазовых объектов.

Ключевые слова: морские нефтегазовые объекты, проблемы безопасности, сотрудничество ВМФ и ОАО «Газпром», результаты совместной деятельности

УДК 733.34.37.39.05

Подавление ошибок многолучёвости в приемниках спутниковых навигационных систем. Ю. С. Дубинко, А. С. Селиверстов. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 13-21.

В статье рассмотрен способ обработки сигналов спутниковых навигационных систем (СНС) с применением теоретически оптимального дискриминатора задержки. Внедрение разработанного алгоритма в приемниках СНС позволит достичь миллиметрового уровня определения средней квадратической погрешности измерений псевдодальностей за счет исключения влияния отраженных сигналов.

Ключевые слова: спутниковые навигационные системы, реплика сигнала, задержка дальномерного кода, критерий максимума апостериорной плотности вероятностей.

УДК: 629.783:527

Спутниковый речной компас. В. А. Катенин, А. В. Бойков. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 22-27.

В статье рассматривается принцип действия и устройство спутникового речного компаса, предназначенного для установки на судах смешанного «река-море» плавания и адаптированного для сложных условий эксплуатации.

Ключевые слова: спутниковый речной компас, допустимая погрешность места судна, ширина судового хода, угловая скорость поворота судна, отстояние носа и кормы судна от оси судового хода.

УДК: 629.12

Адаптивный авторулевой для судов смешанного «река-море» плавания. В. А. Катенин, А. В. Бойков. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 28-35.

Рассмотрен принцип действия и устройство авторулевого для обеспечения автоматизации судовождения на внутренних водных путях. Авторулевой адаптирован к сложным условиям плавания с учетом допустимой погрешности места, ширины судового хода и размеров судна.

Ключевые слова: авторулевой, допустимая погрешность места судна, адаптивный вычислитель, ширина судового хода, судовая спутниковая навигационная аппаратура.

УДК 629.067

Методика оценивание уровней полноты безопасности систем корабельной навигации. А. Д. Голяков. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 36-40.

Рассмотрена модель функционирования системы корабельной навигации и приведена методика оценки уровня полноты её безопасности. Показано, что одним из определяющих факторов для достижения заданного уровня полноты её безопасности является интервал времени между профилактическими техническими обслуживаниями системы.

Ключевые слова: безопасность, система корабельной навигации, уровни полноты безопасности, опасный отказ, диагностика, среднее время восстановления, профилактическое техническое обслуживание, корректирующее техническое обслуживание.

УДК 623.8/9:62.5

Первые уроки сервисного обслуживания морских средств навигации и океанографии Северного флота Российской Федерации. Ю. В. Арнаутов. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 41-49.

В статье анализируется процесс внедрения сервисного обслуживания вооружения и военной техники в Военно-Морском Флоте Российской Федерации. На примере морских средств навигации и океанографии кораблей Северного флота рассматриваются существующие проблемы организации системы технического обслуживания и оперативного ремонта, предлагаются пути и методы их совершенствования.

Ключевые слова: сервисное обслуживание, морские средства навигации и океанографии, вооружение и военная техника, концепция.

УДК 623:658.5:34

Особенности реализации инновационного потенциала современного предприятия ОПК. В. С. Красовский. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 49-59.

Проанализирован опыт предприятия по совершенствованию инновационного процесса создания изделий военного, двойного и гражданского назначения. Рассмотрены правовая защищенность и проблемы коммерциализации результатов работ на внутреннем и внешнем рынках, в том числе при выполнении работ по федеральным целевым программам.

Ключевые слова: изделия военного и двойного назначения, правовая защищенность, коммерциализация результатов работ.

УДК 551.46.06:681.3

Полигармоническая модель уровня Каспийского моря и долгосрочный прогноз его изменения. А. Е. Антонов, Д. И. Якушев. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 60-64.

В статье изложены результаты полигармонического моделирования ряда уровня Каспийского моря (1891–1985 гг.), которые включают в себя две составляющие с периодами 32 и 120 лет. Кроме того, на основе естественнонаучных и исторических данных сделан вероятный вывод о колебаниях уровня Каспийского моря с периодом в 1800 лет. Дан прогноз изменения уровня Каспийского моря на 600–700 лет.

Ключевые слова: колебания уровня, Каспийское море, моделирование ряда уровня.

УДК 528.9:681.3

Морские границы и методы их расчета. А. В. Каврайский. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 65-75.

Предложен метод расчета координат точек морских границ с использованием способа линий положения. Приведены последовательности расчетных операций, выполняемых для получения точек границы, проходящей на заданном расстоянии от исходных линий, и точек срединной линии. Дана оценка достоверности и точности расчета координат точек границ.

Ключевые слова: морские границы, срединная линия, исходные линии, линии положения, метод, точность.

УДК 551.466.3

Методика расчета высоты волнения по данным судовых наблюдений. С. И. Мастрюков. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 76-80.

Дан обзор сведений о методах и точности визуальных наблюдений за высотой ветрового волнения. Предложена методика расчета высоты ветрового волнения основанная на современных рекомендациях Всемирной метеорологической организации. Методика дополнена проверкой климатологической однородности рядов наблюдений и проверкой верхнего предела высот ветровых волн.

Ключевые слова: ветровое волнение, методика расчета, однородность рядов наблюдений.

УДК 551.32:656.6.08

Оценка отечественных и зарубежных методов расчета брызгового обледенения судов. С. И. Мастрюков. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 81-86.

Дано описание методов расчета брызгового обледенения судов, используемых в России и за рубежом. Проведен сравнительный анализ результатов их применения для условий Финского залива и Баренцева моря. Сделан вывод о предпочтительности использования зарубежного метода, особенно в районах с нормальной соленостью морской воды.

Ключевые слова: брызговое обледенение, метод расчёта, Финский залив, Баренцево море.

УДК 528.92

Альтернативная числовая система представления гидрометеорологических характеристик. Ю. Н. Жуков. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 87-94.

Числовые значения гидрометеорологических характеристик принято представлять в виде вещественных чисел. В физике, наряду с вещественными числами, представляющими измеренные значения физических величин, используются и p -адические числа. Приводится возможный путь введения p -адических чисел в гидрометеорологические исследования состояния окружающей среды.

Ключевые слова: числовая система, ультраметрика, p -адические числа, физическая величина, гидрометеорологические наблюдения, гидрометеорологические характеристики.

УДК 551.509.33:551.465.7

Показатель Северо-Атлантического колебания аномалии температуры поверхности океана и крупномасштабные изменения атмосферной циркуляции в атлантико-европейском секторе. Лаврова И.В., Угрюмов А.И. – Навигация и гидрография. – 2011. – №31. – С. 94-103.

В работе выполнено районирование акватории Северной Атлантики и выявлены информативные районы. Показано, что существуют два района, в которых наблюдаются колебания аномалии температуры поверхности океана в противофазе. Предложен численный показатель Северо-Атлантического колебания в океане, описывающий температурный режим теплых и холодных течений. Проанализированы тренды показателя Северо-Атлантического колебания в океане для зимнего и летнего периодов. Исследована связь показателя Северо-Атлантического колебания в океане с показателями Северо-Атлантического колебания в атмосфере. Полученные связи свидетельствуют о том, что Северо-Атлантическое колебание в атмосфере и океане, действительно, являются единым процессом.

Ключевые слова: аномалия температуры поверхности океана, Северная Атлантика, районирование, циркуляция атмосферы.

ABSTRACTS

Co-operation of the RF Navy and «Gazprom» OJSC – an effective condition necessary to solve the problem of increasing the safety for the offshore oil and gas objects. S. P. Alekseyev, A. N. Dobrotvorskoy, P. G. Brodsky. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 7-12.

The results of the joint activities of the RF Navy and «Gazprom» OJSC obtained in the course of the research work and organizational arrangements in the framework of the relevant Plans, are considered. The unique experience and existing potential are useful and promising for the subsequent practical solution of the safety problems for the offshore oil and gas objects.

Key words: offshore oil and gas objects, safety problems, co-operation of the RF Navy and «Gazprom» OJSC, results of the joint activities.

Suppression of multipath error in receivers of satellite navigation systems. Y. S. Dubinko, A. S. Seliverstov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 13-21.

The technique of processing the signals of satellite navigation systems (SNS) using the theoretically optimum delay discriminator is considered. Introduction of the developed algorithm in SNS receivers will allow to reach the millimetre level of determining the mean quadratic error of pseudorange measurements by elimination of the influence of reflected signals.

Key words: satellite navigation system, replica of signal, ranging code delay, criterion of a posteriori probabilities density maximum.

The satellite river compass. V. A. Katenin, A. V. Boikov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No.31. – P. 22-27.

The principle of operation and design of the satellite river compass are considered. The compass is designed to be installed on the «river-sea» type vessels and adapted for the complicated operating conditions.

Key words: satellite river compass, admissible error of the vessel's position, adaptive calculator, the vessel passage way width, angular velocity of the vessel's turn, distance of the vessel's bow and stern from the passage way axis.

Adaptive automatic helmsman for the «river-marine» vessels. V. A. Katenin, A. V. Boikov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No.31. – P. 28-35.

The principle of operation and automatic helmsman design intended to provide the automated navigation along the inland waterways, adapted for the complicated navigation conditions, taking the admissible position errors, the vessel passage way width and the vessel's dimensions into account, are considered.

Key words: automatic helmsman, admissible error of the vessel's position, adaptive calculator, the vessel passage way width, satellite navigation equipment.

Technique of estimation of safety completeness level for ship navigation systems. A. D. Golyakov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 36-40.

The model of functioning of ship navigation system is considered. The technique of estimation of its safety completeness level is presented. It is shown that one of the defining factors for achievement of the set level of its safety completeness is the time interval between the preventive maintenance service operations for the system.

Key words: safety, dangerous failure, diagnostics, mean time to service, preventive maintenance service operation, corrective maintenance service operation, ship navigation system, safety completeness level.

The first lessons learned from service support for the marine aids to navigation and oceanography of the RF North Fleet. Y. V. Arnautov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No.31. – P. 41-49.

The process of the service support implementation for the armament and military technology in the RF Navy is analysed. Using the marine aids to navigation and oceanography of the North Fleet as an example, the current problems of the organization for the technical support and operational repairs system are considered. The ways and methods of their improvement are suggested.

Key words: service support, marine aids to navigation and oceanography, armament, military technology, concept.

Specific features of implementing the innovation potential of the «CRI Elektropribor» Concern». V. S Krasovsky. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 49-59.

The experience of the enterprise aimed at improvement of the innovation process of creating the military and double-use products is analysed. The legal protection and commercialization problems for the work results on the domestic and foreign markets, including the work carried out to meet the state objectives, are considered.

Key words: military and double-use product, legal protection, commercialization problem for the work results.

Polyharmonic model of the Caspian Sea level and long-term forecast of its change. A. E. Antonov, D. I. Yakushev. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 60-64.

The results of polyharmonic modeling of the Caspian Sea level series (1891-1985) including two components with periods of 32 and 120 years, are presented. In addition, based on the natural-scientific and historic data, the conclusion is drawn about the possible variations of the Caspian Sea level with a period of 1800 years. The change of the Caspian Sea level is forecast for 600-700 years.

Key words: change of the sea level, the Caspian Sea, polyharmonic modeling of the sea level series, forecast.

Maritime borders and methods of their calculation. A. V. Kavraisky. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 65-75.

The method of calculation of the maritime borders points co-ordinates, using the position lines techniques is suggested. The sequence of calculation operations carried out to obtain the points of the border located at a given distance from the base lines and the median line points is presented. The validity and accuracy of the points co-ordinates calculation are evaluated.

Key words: maritime border, median line, base lines, position line, method, accuracy.

Methods of wind wave height calculation using the ship observations data. S. I. Mastryukov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 76-80.

The information about the methods and accuracy of visual observations of the wind wave height is reviewed. The method of wind wave height calculation based on the current recommendations of the World Meteorological Organisation is proposed. The method is supplemented by the check of climatological uniformity of the observation series and check of the upper limit of the wind waves height.

Key words: wind wave, method of calculation, uniformity of the observation series.

Evaluation of the domestic and foreign methods used to calculate the ice formation on vessels due to spraying. S. I. Mastryukov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 81-86.

The methods used to calculate the icing of vessels due to spraying applied in Russia and abroad are described. The comparative analysis of the results of their use for conditions of the Gulf of Finland and the Barents Sea is carried out. The conclusion about the preferable use of the foreign method is drawn, especially in the areas having the normal salinity of the sea water.

Key words: methods used to calculate, icing of vessels due to spraying, method of calculation, the Gulf of Finland, the Barents Sea.

Alternative numerical system of presenting the hydrometeorological characteristics. Y. N. Zhukov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 87-94.

The numerical values for hydrometeorological characteristics are traditionally presented in the form of real numbers. In physics, along with the real numbers that are the measurement data of physical values, the p -adic numbers are used as well. The possible way of introducing the p -adic numbers in the hydrometeorological explorations of the environment state is presented.

Key words: numerical system, ultrametrics, p -adic numbers, physical value, hydrometeorological observations, hydrometeorological characteristics.

Index of the North-Atlantic temperature anomaly variation of the ocean surface and large-scale changes in the atmosphere circulation in the Atlantic-European sector. I. V. Lavrova, A.I. Ugryumov. – Navigation and Hydrography. – 2011. – No. 31. – P. 94-103.

The subdivision of the North-Atlantic water area is carried out and the informative regions are revealed. It is shown that there are two areas in which the temperature anomaly variations of the ocean surface in the antiphase are observed. The numerical index of the North-Atlantic variation in the ocean describing the temperature regime for the warm and cold currents is suggested. The index trends of the North-Atlantic variation in the ocean for the winter and summer seasons are analysed. The relationship of the North-Atlantic variation index and the variation indices in the atmosphere is studied. The obtained relationships show that the North-Atlantic variations in the atmosphere and the ocean are really a single process.

Key words: temperature anomaly of the ocean surface, the North Atlantic, subdivision of the area, atmosphere circulation.

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 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 *отдельными файлами* прилагаются *аннотация* (объемом не более 150 слов), *ключевые слова* и *сведения об авторах* (ФИО полностью; 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 официальном сайте ОАО «ГНИНГИ» <http://www.gningi.ru/journal.html>.

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



ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 2011, №31

Научный редактор П. И. Малеев
Редактор И. Ю. Бугрова
Технический редактор: В. Ю. Бахмутов
Редактор-переводчик Г. В. Трибуц

Подписано в печать 27.06.2011 г.
Тираж 300 экз.
Заказ № 14/32-11 от 29.06.2011 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

**© ОАО «Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт»**