

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

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

Издается с 1995 года

**8
1999**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

**Главный редактор
д.т.н. В.С.Макода**

Редакционная коллегия:

В.А.Авдонюшкин, д.т.н. С.П.Алексеев (заместитель главного редактора),
к.т.н. С.Б.Балясников, к.т.н. А.И.Баранов (секретарь),
д.т.н. Б.Н.Беляев, к.в.н. П.Г.Бродский, к.т.н. А.К.Воробьев,
к.в.-м.н. А.А.Дадашев, к.т.н. В.Г.Дзюба, д.т.н. А.Н.Добротворский,
д.т.н. Г.И.Емельянцеv, к.т.н. А.В.Зинченко (ответственный за выпуск),
д.т.н. Б.Е.Иванов, к.т.н. И.В.Козырь, к.ф.-м.н. П.И.Малеев,
д.в.-м.н. А.П.Михайловский, д.т.н. Н.Н.Неронов,
к.т.н. А.Г.Панов, д.т.н. В.И.Пересыпкин, чл.-кор.РАН В.Г.Пешехонов,
к.т.н. Ю.В.Румянцев, к.т.н. С.А.Рудас (заместитель главного редактора),
чл.-кор.РАН А.Е.Сазонов, чл.-кор.РАН А.И.Сорокин,
д.в.н. В.Н.Фрадкин

**© Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт Министерства обороны РФ**

1999

**THE STATE RESEARCH
NAVIGATION-HYDROGRAPHIC INSTITUTE**

**NAVIGATION AND
HYDROGRAPHY**

Published since 1995

**8
1999**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint -Petersburg

Editor-in-chief
ScD V.S.Makoda

Editorial board

V.A.Avdonyushkin, ScD S.P.Alekseev (vice editor-in-chief),
PhD S.B.Balyasnikov, PhD A.I.Baranov (secretary),
ScD B.N.Belyaev, PhD P.G.Brodsky, PhD A.K.Vorobiev,
PhD A.A.Dadashev, PhD V.G.Dzyuba, ScD A.N.Dobrotvorsky,
ScD G.I.Yemelyantsev, PhD A.V.Zinchenko (responsible for the issue),
ScD B.E.Ivanov, PhD I.V.Kozyr, PhD P.I.Maleyev,
ScD A.P.Mikhaylovsky, ScD N.N.Neronov,
PhD A.G.Panov, ScD V.I.Peresyphkin, CM RAS V.G.Peshekhonov,
PhD Yu.V.Rumyantsev, PhD S.A.Rudas (vice editor-in-chief),
CM RAS A.E.Sazonov, CM RAS A.I.Sorokin,
ScD V.N.Fradkin

© The State Research Navigation-Hydrographic Institute RF Ministry of Defense

1999

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

<i>Комарицын А.А.</i> Основы методологии навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения Военно-Морского Флота.....	7
<i>Сорокин А.И.</i> Стандартная и справочные модели океаносферы.....	14
<i>Дмитриев В.Г., Зинченко А.В., Костин Ю.М., Солдатова Н.И.</i> Внедрение компьютерных технологий в систему информационного обеспечения Гос.НИНГИ МО РФ.....	18

МЕТОДЫ, ТОЧНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАВИГАЦИИ. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШТУРМАНА

<i>Войцеховский Б.А., Трунов В.Н.</i> Анализ точности гироазимутгоризонтком-паса ГАГК-1 в условиях случайных возмущающих воздействий.....	28
---	----

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

<i>Красовский В.С., Моклокова Е.А., Развозов С.Ю.</i> Анализ диагностического обеспечения современной навигационной техники.....	33
--	----

СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Болдырев В.С., Заколodayжнй В.П.</i> Пути развития спутниковых навигационных систем.....	38
<i>Буртнй С.П.</i> Методологические особенности оценивания эффективности функционирования радионавигационных систем.....	46
<i>Ясько С.А.</i> Адаптивные алгоритмы навигационных определений абонентов многоспутниковых низкоорбитных сетевых систем.....	52

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ГИДРОГРАФИИ, МОРСКОЙ КАРТОГРАФИИ И ГЕОФИЗИКИ

<i>Иванов Б.Е.</i> О модели погрешности определения глубины моря.....	62
<i>Кузьмин Ю.И., Крюков И.В., Дорот И.Л.</i> Камеральная обработка данных многолучевых эхолотов, применяемых при проведении гидрографических исследований.....	67
<i>Завгородний В.Н.</i> О повышении точности и производительности съемки рельефа дна с помощью буксируемого подводного аппарата.....	72
<i>Наумов А.П., Малеев П.И.</i> Электромагнитные сигналы сейсмоисточников как естественные навигационные ориентиры.....	79
<i>Малеев П.И., Смирнов Б.М.</i> Новые методы определения составляющих вектора магнитной индукции магнитного поля Земли с ферромагнитного объекта.....	82

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРЕПЛАВАНИЯ

<i>Беляев Б.Н., Шейко Б.Н.</i> Совершенствование гидрометеорологического обеспечения флота как важное направление экономии сил и средств.....	87
---	----

МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

<i>Судольский А.С.</i> Динамические и режимные характеристики обширного залива.....	93
---	----

ABSTRACTS	101
------------------------	-----

CONTENT

GENERAL MATTERS

<i>A.A.Komaritsyn.</i> Principles of Methodology of Navigation-Hydrographic and Hydrometeorological Support for the Navy	7
<i>A.I.Sorokin.</i> Standard and Reference Oceanspheres	14
<i>Dmitriyev V.G., Zinchenko A.V., Kostin Yu.M., Soldatova N.I.</i> Implementation of Computers Technologies in the Gos.NINGI (MoD RF)	18

METHODS, ACCURACY AND EFFICIENCY OF NAVIGATION. NAVIGATOR'S ACTIVITY

<i>B.A.Voytsekhovskiy, V.N.Trunov.</i> Analysis of GAGK-1 Directional Gyro and Artificial Horizon Compass under the Conditions of Random Disturbing Effects	28
---	----

NAVIGATION AND INTEGRATED SYSTEMS

<i>V.S.Krasovskiy, E.A.Moklokhova, S.Y.Razvozov.</i> Analysis of Diagnostic Support for Present-Day Navigation Equipment	33
--	----

SATELLITE AND LAND-BASED RADIONAVIGATION SYSTEMS

<i>V.S.Boldyrev, V.P.Zakolodyazhny.</i> Ways of Satellite Navigation Systems Development	38
<i>S.P.Burtny.</i> Methodological Features of Estimating the Efficiency of Radionavigation Systems Operation	46
<i>S.A.Yas'ko.</i> Adaptive Algorithms of Navigational Positioning of Users of Low-orbit Multi-Satellite Network Systems	52

MEANS AND METHODS OF HYDROGRAPHY, MARINE CARTOGRAPHY AND GEOPHYSICS

<i>B.E.Ivanov.</i> On the Model of Sea Depth Measurement Error	62
<i>Yu.I.Kuzmin, I.V.Kryukov, I.L.Dorot.</i> Office Processing of Data Obtained by Multibeam Echosounders Used in Hydrographic Surveys	67
<i>V.N.Zavgorodny.</i> On the Increase of Accuracy and Effectiveness of Bottom Relief Survey by Means of Towed Underwater Vehicle	72
<i>A.P.Naumov, P.I.Maleyev.</i> Electromagnetic Signals of Seismic Sources as Natural Course Markers	79
<i>P.I.Maleyev, B.M.Smirnov.</i> New Methods of Determining the Magnetic Induction Vector Components of the Earth's Magnetic Field from Ferromagnetic Object	82

HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT OF MARINE NAVIGATION

<i>B.N.Belyaev, B.N.Sheiko.</i> Improvement of Hydrometeorological Support for the Navy as the Main Direction of Fleet Power Economy	87
--	----

MARINE ECOLOGY

<i>A.S. Sudolskiy.</i> Dynamic and Regime Characteristics of a Large Bay	93
--	----

ABSTRACTS	101
INFORMATION ABOUT AUTHORS	104

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ГРНТИ 78.21.41.01: 78.21.39.17.01: 78.21.43.15.17

ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

А.А.КОМАРИЦЫН
(ГУНиО МО РФ)

Излагаются основные положения методологии НГ и ГМО ВМФ, базирующиеся на принципах системного анализа. Рассматриваются возможные направления оценки эффективности системы НГ и ГМО ВМФ и составляющих ее подсистем.

Навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое обеспечение (НГ и ГМО) ВМФ является видом боевого обеспечения флота. Само слово «обеспечение» предполагает наличие некоторого «продукта», предоставляемого обеспечиваемому объекту, т.е. флоту, а также структуры, осуществляющей обеспечение. «Продуктом» в рассматриваемом случае является навигационная, гидрографическая и гидрометеорологическая информация, а структурой – система НГ и ГМО ВМФ. Отсюда следует, что эта система относится к категории информационных. Последнему не противоречит тот факт, что часть входящих в систему НГ и ГМО подсистем обеспечивает разработку, создание и функционирование технических устройств, таких, как морские средства навигации, устанавливаемые на кораблях и судах (компасы, лаги, радиопеленгаторы и т.п.), средства навигационного оборудования океанов и морей (маяки, буи, знаки и т.п.) и т.д. – ведь каждое из таких устройств само по себе является источником информации, т.е. подсистемой системы НГ и ГМО ВМФ в целом.

Как это принято в системном анализе, любая подсистема некоторой системы может при необходимости рассматриваться как самостоятельная система. Наоборот, каждая система (кроме, разве что, всей Вселенной), какой бы сложной и масштабной она ни была, является подсистемой еще более сложной и масштабной системы. Поэтому термины «система» и «подсистема» не являются взаимоисключающими и один и тот же объект может, в за-

висимости от угла зрения, именоваться либо системой, либо подсистемой. Пользуясь этим обстоятельством будем называть системой НГ и ГМО ВМФ всю совокупность объектов, входящих в эту систему, а системой НГ и ГМО (без слова «ВМФ») любую подсистему данной системы.

В соответствии с изложенным, система НГ и ГМО ВМФ также является подсистемой некоторой более общей системы, наименование которой можно установить из анализа процесса использования информации, поступающей от системы НГ и ГМО ВМФ.

Любая информация, циркулирующая в вооруженных силах, в военноморском флоте в частности, является управленческой, поскольку используется только для управления теми или иными действиями структур флота. Важнейшими элементами управления является решение, реализация которого должна привести к ожидаемому результату. Решения принимаются на различных уровнях: применения вооружения и военной техники (В и ВТ); формирования и реализации технической политики; управления силами флота (от управления боевой единицей – кораблем – до управления соединениями и объединениями флота). В силу принципа единоначалия решение во всех случаях принимается одним лицом (командиром). Решение всегда основывается на анализе исходной информации (исходных данных). Чем выше уровень принимающего решение, тем такой анализ сложнее и тем большим является объем исходной информации. Поскольку возможности человека по усвоению информации ограничены, то при управлении большими и сложными флотскими структурами командир опирается на результаты работы управляющего органа – штаба, аппарата соответствующей структуры. '

Навигационно-гидрографическая и гидрометеорологическая информация находит применение на всех уровнях. Например, при артиллерийской стрельбе распределение параметров ветра по высотам учитывается путем введения соответствующих поправок в установки приборов управления стрельбой. Физико-географические характеристики океанских и морских акваторий обязательно принимаются в расчет при разработке тех видов В и ВТ, эффективность действия которых зависит от этих характеристик.

Но наиболее полное и частое использование навигационно-гидрографической и гидрометеорологической информации находит на уровне управления силами. Так, основной вид навигационной информации – координаты места – представляет собой данные, без которых невозможно обеспечить не только выполнение кораблем многих боевых и повседневных задач, но и само безопасное плавание по заданному маршруту. Решение на проведение операции любого масштаба (здесь и ниже термин «операция» употребляется в том смысле, какой придается ему в научной дисциплине «Исследование операций») требует знания боевых возможностей противоборствующих сторон, например, тактико-технических характеристик (ТТХ) В и ВТ, используемых в операции. ТТХ, как правило, зависят от состояния воздушной и морской сред. Причем зависимость эта во многих случаях весьма существенная. Следовательно, информация о состоянии атмосферы и океана (моря), т.е., иначе говоря, гидрометеорологическая информация, играет значительную роль при поддержке и принятии решений на проведение операций различного масштаба.

Важно отметить, что любое решение принимается заблаговременно, используя информацию (любую, не только навигационно-гидрографическую и гидрометеорологическую) в форме прогноза. Корабельный штурман, например, получая обсервованное место и определяя момент поворота на полный курс, относит его не к этому, а к упрежденному месту, т.е. осуществляет прогноз. Управляющий огнем корабельной артиллерии вводит поправки в установки приборов управления стрельбой, отнесенные не к моменту их расчета по данным аэрологических наблюдений, а к периоду выполнения стрельбы. Командир, назначая наряд сил для поиска пл, имеет в виду, что этот наряд соответствует той дальности действия гидроакустического комплекса, которая будет в районе поиска в период его выполнения, а не тогда, когда принимается решение. И так во всех случаях, исключений не бывает.

Но прогноз, каким бы совершенным ни был метод прогнозирования, не может быть абсолютно точным. Всегда существует вероятность, что фактическая ситуация может отличаться от прогнозируемой. Понятно, что это отличие – погрешность прогноза – может принимать разные значения. В статистическом плане вероятность существенной погрешности тем больше, чем больше заблаговременность прогноза, чем выше степень естественной изменчивости прогнозируемой величины и чем менее совершенен метод прогноза. При малой заблаговременности, например, в ситуации со стрельбой корабельной артиллерии, можно ожидать, что в период от аэрологических наблюдений до начала стрельбы значения соответствующих величин не изменились, и принять их за исходные прогнозируемые значения, т.е. воспользоваться т.н. методом инерционного прогнозирования. Тем же методом, по сути дела, пользуются для суждения о глубинах в районе высадки морского десанта, поскольку рельеф дна меняется очень медленно (за исключением отдельных районов вблизи устьев рек и т.п.) и инерционный прогноз в этом случае дает хорошие результаты даже при большой заблаговременности. Но не так уж редко этим методом пользуются и тогда, когда он заведомо дает низкие по точности результаты, однако другие методы либо вообще отсутствуют, либо приводят к еще более худшим результатам. Например, инерционное прогнозирование с большой заблаговременностью часто применяется при обеспечении поиска подводных целей с использованием гидроакустических средств обнаружения. Хотя гидроакустические условия отличаются большой временной изменчивостью и инерционный прогноз, принимаемый для решения поисковых задач заблаговременности весьма неточен, другие методы прогнозирования указанных условий еще менее точны.

Присущая любому методу прогноза погрешность (неопределенность) приводит к тому, что единичный случай прогноза может оказаться безошибочным только случайно, причем этот факт не может быть установлен заранее. Следовательно, любое решение, принимаемое на основе анализа прогностических данных, является, согласно терминологии исследования операций, решением, принимаемым в условиях неопределенности. Хотя в некоторых случаях эта неопределенность может быть пренебрежимо мала, она существует всегда и данное обстоятельство имеет фундаментальное значение для анализа системы НГ и ГМО ВМФ.

Однако свойства прогностической информации являются не единственным фактором, вызывающим неопределенность. Зачастую навигационно-гидрографическая и гидрометеорологическая информация относится к дискретным точкам пространства и при необходимости получить значения соответствующих величин в других точках приходится прибегать к экстра- или интерполяции данных, что также приводит к погрешностям. Другим фактором, обуславливающим значительную погрешность, является невозможность заранее предвидеть точное место и время боевого соприкосновения сторон. Это приводит к необходимости принимать в расчет не значения величин, относящихся к конкретной пространственно-временной точке, а значения, характеризующие некоторую область, т.е. усредненные по времени и пространству. Усредненные значения, естественно, отличаются от тех, которые будут иметь место в точке и в момент боевого соприкосновения. Вместе с тем следует отметить, что перечисленные и некоторые другие источники погрешностей, как правило, вносят в суммарную погрешность существенно меньший вклад, чем прогнозирование.

Любая погрешность является случайной величиной и обращаться с ней можно только на основе теории вероятности и математической статистики. Это означает, что полное описание свойств погрешностей навигационно-гидрографической и гидрометеорологической информации определяется лишь соответствующими законами распределения вероятностей. Эти законы чаще всего известны лишь ориентировочно, либо вовсе неизвестны. Но для большинства практических задач надобности в знании упомянутых законов нет и достаточно характеризовать погрешности навигационно-гидрографической и гидрометеорологической информации их средними квадратическими значениями σ , средними квадратическими погрешностями (СКП).

Понятно, что чем точнее информация, полученная от данной системы НГ и ГМО, т.е. чем меньше величина σ , тем совершеннее эта система. Если две системы A и B являются источниками одинаковой по наименованию информации, то условие $\sigma_A < \sigma_B$ свидетельствует об информационной эффективности системы A по сравнению с системой B . Если, помимо того, системы A и B являются источниками также другой и неодинаковой информации, то можно говорить об информационной эффективности одной из систем только по информации того наименования, которая совпадает у обеих систем.

Информационная эффективность, характеризующая сравнительные технико-информационные свойства систем, не дает основания судить ни об их полезности, ни о целесообразности создания (сохранения, если они уже существуют).

О полезности системы НГ и ГМО позволяет судить оценка ее функциональной эффективности. Этот вид эффективности исходит из того, что функцией системы НГ и ГМО ВМФ является повышение результативности (эффективности) боевых действий и повседневной деятельности флота. Степень выполнения этой функции системой НГ и ГМО ВМФ в целом и входящими в нее системами и определяет понятие функциональной эффективности.

Из сказанного следует, что функциональная эффективность системы НГ и ГМО должна использовать показатели, выраженные в тех же единицах, в каких измеряется эффективность действий сил флота. Если значение этого показателя для системы A равно q_A , то система A будет функционально эффективнее системы B при условии

$$q_A > q_B,$$

если большей эффективности действий сил соответствуют большие значения q (например, если q – число уничтожения единиц противника), и при условии

$$q_A < q_B,$$

если большей эффективности действий сил соответствует меньшие значения q (например, если q – число своих потерь).

Понятно, что оценка функциональной эффективности рассматриваемой системы НГ и ГМО справедлива только по отношению к конкретной боевой или повседневной задаче в строго фиксированных оперативно-тактических и иных условиях. Получая аналогичную оценку для других задач и варьируя условия, в которых они выполняются, можно получить более полное представление о возможностях системы и тем самым обеспечить вынесение обоснованного суждения о ее полезности.

Но полезность не является тем свойством системы НГ и ГМО, которое достаточно для принятия решения о ее создании или сохранении, такое решение должно приниматься на основе оценки целесообразности, т.е. военно-экономической эффективности системы. Эта оценка основывается на принципе эквивалентности, суть которого состоит в следующем.

Любой недостаток количества или качества информации может быть компенсирован определенными материальными усилиями. Иначе говоря, при недостатке информации, ее малой достоверности или даже полном отсутствии поставленная при проведении операции задача может быть решена, но ценой дополнительных затрат. Например, применение некоторых видов высокоточного оружия требует знания положения истинного меридиана. Если это положение известно с высокой точностью, то рассеивание снарядов (ракет) невелико и для достижения заданного результата потребуется их сравнительно небольшое количество. Но если используется неточный хранитель положения меридиана, то рассеивание будет большим и для достижения заданного результата потребуется большой боезапас.

Таким образом, недостоверная навигационная, гидрографическая и гидрометеорологическая информация всегда может быть восполнена эквивалентным наращиванием сил и средств до уровня, который обеспечивает решение поставленной задачи с заданными характеристиками (вероятностью и т.д.). В этом и состоит принцип эквивалентности.

Именно на основе этого принципа может быть получена оценка военно-экономической эффективности системы НГ и ГМО. Порядок ее получения покажем на следующем схематичном примере.

Пусть существует система (B), выдающая информацию о величинах X со средней квадратической погрешностью σ_B . Предполагается, что проекти-

руемая система (A) будет выдавать ту же информацию с погрешностью σ_A , причем

$$\sigma_A < \sigma_B,$$

т.е. система A информативно эффективна по сравнению с системой B . Рассмотрим некоторую операцию, в математическую модель которой величина X входит в качестве переменной (аргумента). Модельные расчеты позволяют получить значение величины N , определяющей расход боезапаса, необходимого для успешного проведения операции (с заданной вероятностью). Выполнив расчеты, найдем, что при безошибочном знании величины X расход боезапаса составляет N_o . Пользуясь положениями теории вероятностей и моделью операции, найдем показатели неопределенности величины N , т.е. средние квадратические погрешности σ_{NA}, σ_{NB} как функции величин σ_A и σ_B соответственно. В качестве реальных значений расхода боезапаса естественно принять следующие значения

$$N_A = N_o + 3\sigma_{NA},$$

$$N_B = N_o + 3\sigma_{NB}.$$

Здесь коэффициент 3 принят в соответствии с известным в теории вероятностей «Правилем 3σ », что обеспечивает в обоих случаях достаточность расхода боезапаса с вероятностью, практически равной 1.

Образум разность

$$\Delta N = N_B - N_A.$$

Если $\Delta N > 0$, то система A функционально эффективна и представляет собой экономию боезапаса за счет перехода от системы B к системе A .

Пусть затраты на создание системы A , ее установку и эксплуатацию составляют δ_A , а стоимость ΔN равна δ_N . Разность

$$\Delta\delta = \delta_N - \delta_A$$

представляет собой экономический выигрыш за счет перехода от системы B к системе A . Если

$$\Delta\delta > 0,$$

то система A эффективна в военно-экономическом отношении, заменить ею систему B целесообразно.

Из примера видно, что необходимым условием применения описанного подхода является наличие математической модели рассматриваемой операции. Это условие в современной военной науке можно считать выполненным. Однако, как правило, навигационные, гидрографические и гидрометеорологические величины в число аргументов моделей непосредственно не входят. Они влияют на результаты расчетов посредством зависимости от них ТТХ В и ВТ сторон. Именно ТТХ являются неперемными аргументами моделей боевых действий. Пересчет вероятностных характеристик одних величин (σ_A, σ_A в примере) в аналогичные характеристики других (σ_{NA}, σ_{NB}) производится с помощью соотношений, именуемых функциями влияния навигационных, гид-

рографических и гидрометеорологических условий на В и ВТ (своих и противника). Незнание функций влияния не позволяет не только учесть неопределенность информации, но и просто количественно оценить влияние соответствующих факторов даже при безошибочной информации о них на результаты решения задачи.

Система НГ и ГМО ВМФ, как и все входящие в ее состав системы НГ и ГМО, является, как правило, многофункциональной, т.е. обеспечивает решение не одной, а нескольких задач. К тому же она не относится к числу одноразовых систем, т.е. повторные решения данной задачи могут обеспечиваться все той же системой НГ и ГМО. Это означает, что для более полного суждения о военно-экономической эффективности системы НГ и ГМО необходимы не единичные, а многократные расчеты, подобно тем, какие приводятся в примере, причем не для одной, а для многих разнородных оперативных и тактических задач в различных ситуациях. Суммарный экономический выигрыш определяется соотношением

$$\Delta\delta = \sum_{i=1}^M \delta_{N_i} - \delta_{N_A},$$

где M – общее число задач и операций.

Чем большим будет число M , тем надежнее окажется окончательное суждение о военно-экономической эффективности рассматриваемой системы. Однако абсолютно надежный результат недостижим, ибо полный набор выявленных задач и суждений не может быть не только рассмотрен, но даже просто назван. И хотя все оценки и расчеты снижают, и причем существенно, первоначальный уровень неопределенности, в условиях которой приходится действовать командиру, полностью преодолению ее на основе объективного, количественного подхода, невозможно. Данное обстоятельство определяет ту роль, которая в формировании решения принадлежит личным профессиональным качествам командира, деятельность которого в конечном итоге носит ярко выраженный творческий характер. Но именно оценки и расчет составляют ту поддержку принимаемых решений, которая создает условия для наиболее успешного выполнения командиром своих функций.

Все сказанное выше представляет собой краткое изложение основ методологии навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения военно-морского флота, базирующейся на положениях таких научных дисциплин, как анализ систем и исследование операций. Вместе с тем уместно заметить, что важность применения данной методологии шире, чем решение проблем и задач НГ и ГМО ВМФ – она может быть распространена и на другие информационные системы, например, систему разведки. Разумеется разработка и применение основанных на такой методологии конкретных методов, способов и практических приемов должны учитывать специфику соответствующих систем, однако в принципиальном плане основные методологические положения сохраняют свою справедливость и применительно к другим информационным системам, отличным от систем НГ и ГМО ВМФ.

СТАНДАРТНАЯ И СПРАВОЧНЫЕ МОДЕЛИ ОКЕАНОСФЕРЫ

А.И.СОРОКИН
(ИНОЗ РАН)

Формулируются понятия стандартной и справочных моделей океаносферы. Предлагается методика их построения, приводится пример расчета термической составляющей Стандартной океаносферы. Приводится сравнение с результатами, полученными НОАА (США).

Известны модели под названием “Стандартная Земля” [1] и “Стандартная атмосфера” [2], методы построения которых существенно отличаются друг от друга, поскольку в первом случае мы имеем дело с практически постоянной во времени формой поверхности Земли, а во втором – с трехмерными метеорологическими полями, обладающими высокой изменчивостью. Известно также предложенное Дефантом [3] понятие “Стандартного океана”, представляющего собой водную толщу, имеющую постоянную глубину, температуру и соленость. В данной статье рассматриваются стандартная и справочные модели океаносферы, построенные по аналогии, хотя и неполной, с соответствующими моделями атмосферы [4].

Хотя нами и принято название “Стандартная океаносфера” – для отличия от уже ранее занятого названия “Стандартный океан” – тем не менее, учитывая, что в Мировом океане заключено 96,5% всех запасов воды на Земле, включающая ледники и постоянный снежный покров (1,8%), подземные воды (1,7%), воды озер, болот и рек (0,014%), а также имея в виду, что сама модель представляет собой при современной изученности водных масс на Земле лишь первое приближение к действительности, можно с большой степенью достоверности говорить о том, что мы здесь имеем дело не только со Стандартной океаносферой, но и в какой-то мере со Стандартной гидросферой в целом.

1. Общая концепция и принципы построения модели. Прежде всего определим, что под Стандартной океаносферой понимается математико-статистическая модель распределения по стандартным горизонтам основных параметров водных масс Мирового океана, таких как температура воды, гидростатическое давление, плотность и соленость воды, скорость звука в воде. Модель Стандартной океаносферы может дополняться справочными и дополнительными моделями (по аналогии со справочными и дополнительными атмосферами). Справочные модели океаносферы относятся к различным географическим и сезонным условиям на Земле, в силу чего они более реалистичны, чем Стандартная океаносфера. Что касается дополнительной океаносферы, то она представляет собой средние распределения по стандартным горизонтам некоторых других параметров (например, растворенного кислорода, рН), дополняющие Стандартную или справочные океаносферы.

В качестве параметров, получаемых из натуральных наблюдений, принимаются температура и соленость воды, остальные рассчитываются с исполь-

зованием уравнений состояния морской воды и уравнений для вычисления скорости звука в воде. Средние статистические данные на каждом стандартном горизонте получаются при выполнении следующих условий:

- для снижения уровня влияния пространственной неравномерности наблюдений на искомые средние величины, т.е. для уменьшения смещенности статистических оценок, осреднение производится поэтапно, вначале – по структурным зонам (разработанным в Институте океанологии РАН В.Н.Степановым [5]) и по двум периодам: октябрь–март и апрель–сентябрь, после чего определяются средние годовые значения по всему Мировому океану;

- осреднение по всему Мировому океану осуществляется с учетом площади акватории, охватываемой соответствующим стандартным горизонтом в пределах каждой структурной зоны;

- при обработке массива не учитываются данные многосуточных станций, вносящих, в силу малой дискретности, существенную неравномерность в многолетние статистические совокупности;

- анализ данных внутри зоны производится на основе их группировки по пятиградусным квадратам с дальнейшим объединением полученных результатов по структурной зоне в целом.

Для нулевого стандартного горизонта площади структурных зон определяются по картам, приведенным в “Справочнике океанографических параметров для обеспечения задач проектирования кораблей и технических средств флота” [6]. На других горизонтах учитывается рельеф дна, уменьшающий искомую площадь за счет исключения районов с поднятиями дна, достигающими заданного горизонта.

Таким образом, определение характеристик Стандартного океана включает в себя следующие действия:

- группировку данных по пятиградусным квадратам;
- отнесение пятиградусных квадратов к структурным зонам;
- вычисление средних по пятиградусным квадратам для каждого периода;
- вычисление средних по структурным зонам для каждого периода;
- вычисление среднегодовых значений по структурным зонам;
- вычисление средних значений по каждому океану (при осреднении площадь стандартного горизонта каждой структурной зоны выступает в качестве весового коэффициента);
- вычисление средних значений по всему Мировому океану (при осреднении в качестве весового коэффициента выступает площадь каждого океана).

Площадь структурных зон определяется путем подсчета числа пятиградусных квадратов, входящих в зону, – по каждому широтному поясу, суммирования площадей пятиградусных квадратов в этом поясе, а затем во всей структурной зоне. Площадь пятиградусного квадрата в заданном широтном поясе вычисляется как

$$S = 5\rho^\circ [12350,75(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1) - 41,5(\sin 3\varphi_2 - \sin 3\varphi_1)/3 + 0,105(\sin 5\varphi_2 - \sin 5\varphi_1)/5], \quad (1)$$

где ρ° – радиан, выраженный в градусах;

φ_1, φ_2 – широта нижнего и верхнего оснований пятиградусного квадрата.

Площади S пятиградусных квадратов для широт от $\varphi_1 = 0^\circ$ до $\varphi_2 = 90^\circ$ приведены в табл. 1.

Площади S пятиградусных квадратов

Таблица 1

$\varphi_1 \div \varphi_2$, град.	S , км ²	$\varphi_1 \div \varphi_2$, град.	S , км ²	$\varphi_1 \div \varphi_2$, град.	S , км ²
0 – 5	307354	30 – 35	260463	60 – 65	143556
5 – 10	305076	35 – 40	245278	65 – 70	119081
10 – 15	300534	40 – 45	228204	70 – 75	93642
15 – 20	293755	45 – 50	209354	75 – 80	67441
20 – 25	284778	50 – 55	188862	80 – 85	40687
25 – 30	273657	55 – 60	166875	85 – 90	13600

2. Пример вычисления термической составляющей Стандартной океаносферы. Температура воды является одним из основных океанографических параметров, определяющих течение многих гидрофизических процессов в водной массе. Наиболее сложным для определения при натурных измерениях оказывается температура поверхности воды в связи с наличием в верхнем слое тонкой структуры (поверхностной пленки), обладающей высоким температурным градиентом. Известно, что при измерении температуры поверхности воды термометром обычно получают более высокие ее значения (на $0,2^\circ - 1^\circ\text{C}$) [7, 8, 9] из-за неучета поверхностной пленки, обычно более холодной и имеющей толщину порядка 1 мм. Ниже, под холодной пленкой располагается приповерхностный слой толщиной порядка нескольких десятков сантиметров – с небольшой инверсией температуры. Наибольшее повышение температуры в штилевую погоду, как полагают, происходит на глубине 0,5–1 м [10]. Дистанционные датчики показывают свой вариант температуры поверхности океана, привязываемой тем или иным способом к показаниям контактных датчиков. Поэтому вопрос о том, что считать температурой поверхности океана, достаточно сложен и пока не имеет общепринятого решения. Тем не менее средние значения температуры поверхности Мирового океана, вычисляемые по различным массивам данных, довольно хорошо совпадают между собой, колеблясь в пределах от $17,54^\circ\text{C}$ [11] до $17,82^\circ\text{C}$ [12].

Поскольку достаточно массовыми являются измерения температуры на стандартных горизонтах, не превышающих глубин 5–5,5 тыс. м, то и стандартные модели океаносферы ограничиваются пока этими же пределами. Важным фактором является также вопрос о включении в модель океаносферы Северного Ледовитого океана (СЛО), существенно влияющего на вычисляемые средние величины, особенно на малых глубинах. По нашему мнению, при рассмотрении глобальной океаносферы и вычислении средних характеристик по всему Мировому океану нет убедительных оснований для

исключения этого полярного океана, оказывающего существенное влияние на климат Земли.

С учетом всего вышеизложенного нами была построена стандартная модель термики океана в двух вариантах – с учетом и без учета СЛО. Полученные результаты приведены в табл.2 наряду с данными НОАА (США), а также предпо-

лагаемыми ошибками осреднения [13] и полученными разностями между данными ГУНиО МО РФ и НОАА.

Как следует из табл.2, расхождения между стандартными океаносферами ГУНиО и НОАА (без учета СЛО) нигде не превышает ожи-

даемой стандартной ошибки осреднения (расхождение на стандартном горизонте 5500 не определялось, поскольку из-за отсутствия достаточного объема данных осредненная величина на данном стандартном горизонте взята из World ocean atlas (13]). Приведенное в табл. 2 распределение средних температур может рассматриваться в качестве первого приближения к термической составляющей Стандартной океаносферы.

Полученное аналогичным способом распределение солёности, а также вычисленные по формулам распределения гидростатического давления, плотности воды и скорости распространения звука в воде составят в совокупности модель Стандартной океаносферы, которая может быть опробирована установленным порядком и принята в качестве официального ГОСТ'а по аналогии со Стандартной атмосферой, широко используемой при решении как научных, так и прикладных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стандартная Земля. М., "Мир", 1969. 271 с.
2. Стандартная атмосфера. ГОСТ 4401–81. М., Госкомстат, 1981. 179 с.
3. Defant A. Physical oceanography. Vol. 1. Pergamon Press Ltd., Oxford, 1961.
4. Атмосферы справочные. Параметры. ГОСТ 24631–81. М., Госкомстандарт. Переизд. 1982.30 с.
5. Степанов В.Н. Основные типы структуры вод Мирового океана. – Океанология, 1965, т.V, вып.5. С.793–802.
6. Справочник океанографических параметров для обеспечения задач проектирования кораблей и технических средств флота, т. 1,11, изд. ГУНиО МО, 1984, 934 с.

Таблица 2

Стандартные модели термики океаносферы

Глубина, м	ГУНиО МО РФ		НОАА (США)		$\Delta t = t_2 - t_3$, °C
	t_1 , °C (с учетом СЛО)	t_2 , °C (без учета СЛО)	t_3 , °C (без учета СЛО)	стандартная ошибка, δ , °C	
0	17,63	18,42	18,27	0,52	0,15
200	11,37	12,01	11,90	0,33	0,11
500	7,12	7,39	7,40	0,18	-0,01
1000	4,05	4,24	4,21	0,10	0,03
1500	2,84	2,97	2,97	0,07	0,00
2000	2,22	2,36	2,33	0,06	0,03
2500	1,87	1,98	1,96	0,05	0,02
3000	1,64	1,73	1,72	0,05	0,01
3500	1,50	1,56	1,53	0,05	0,03
4000	1,38	1,38	1,37	0,05	0,01
4500	1,29	1,29	1,29	0,06	0,00
5000	1,31	1,31	1,31	0,08	0,00
5500	—	—	1,51	0,10	—

7. Федоров К.Н., А.Г.Островский. Климатически значащие физические параметры океана. Л. Гидрометеиздат, 1986. 42с.
8. Robinson J.S., N.C.Wells and H.Charnock. The sea surface thermal boundary layer and its relevance to the measurement of the sea surface temperature by airborne and spaceborne radiometers, International Journal Remote sensing. 1984, N 1, p. 19–45.
9. Kristina B. Katsaros. The aqueous Thermal boundary layer. Boundary – Layer Meteorology, 18 (1980), p. 107–127.
10. Федоров К.Н. О физической структуре приповерхностного слоя океана. "Метеорология и гидрология", 1981, №10. С.58–65.
11. Леонтьев О.К. Физическая география Мирового океана. М., изд. Моск. ун-та, 1982. 200 с.
12. Монин А.С. Введение в теорию климата. Л., Гидрометеиздат, 1982. 246 с.
13. World ocean atlas 1994. Vol.4. Temperature. NOAA Atlas NESDJS. Washington, D.C., Department of Commerce, USA. 1994.

ГРНТИ 20.23.21

**ВНЕДРЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМУ
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Гос.НИНГИ МО РФ**

**В.Г. ДМИТРИЕВ,
А.В. ЗИНЧЕНКО,
Ю.М. КОСТИН,
Н.И. СОЛДАТОВА**
(Гос.НИНГИ МО РФ)

Характеризуется совершенствование технологии существующей системы военно-научной информации Гос.НИНГИ МО РФ. Раскрываются назначение, принципы построения, задачи, функции и организация автоматизированного центра военно-научной информации (АЦ ВНИ) и автоматизированного справочно-информационного фонда. Рассматриваются основные принципы сопряжения подсистем АЦ ВНИ.

Присвоение в 1994 г. Институту государственного статуса существенным образом изменило его положение в системе научно-информационного обеспечения (НИО) МО. Гос.НИНГИ стал головной российской организацией, ответственной за обоснование и разработку технической политики в области навигации, гидрографии, морской картографии и океанографического обеспечения обороны и экономики страны. Данное обстоятельство обязало Институт на новом уровне организовать научно-информационную работу. Она должна быть направлена как на обеспечение флотских научных разработок и запросов командования ВМФ, так и на работу по информированию широкого круга ученых и специалистов о наиболее существенных результатах НИОКР и об основных положениях научно-технической политики в области НГО и ГМО, способствуя координации деятельности по развитию навигации, гидрографии, океанографии, гидрометеорологии и морской картографии. Существенный вклад в решение этой задачи может внести переход на новые информационные технологии.

В Гос.НИНГИ в настоящее время осуществляются следующие виды информационной деятельности:

- накопление рефератов и аналитических обзоров по тематике Института и смежным предметным областям с использованием средств информационно-поискового тезауруса ВМФ, позволяющих составлять поисковые образы документов и формировать запросы при их вводе в информационно-поисковые системы учреждений ВМФ;

- информационное обеспечение командования по системе дифференциального обслуживания руководства. Это разновидность избирательного распределения информации о наиболее важных научно-технических достижениях в области навигации, гидрографии и гидрометеорологии, о методах их использования, средствах и системах управления силами НГО и ГМО, уровне, тенденциях и прогнозах развития науки и техники как в стране, так и за рубежом;

- получение по запросу, составленному согласно потребностям подразделений Института, из СПб ЦНТИ на электронных носителях фрагментов баз данных из центральных организаций России, генерирующих НТИ, их обработка и обмен результатами с внешними организациями, специализирующимися в области навигации, гидрографии и гидрометеорологии.

С 1 января 1996 г. в системе ВМФ действует “Рубрикатор научно-технической информации Военно-Морского Флота”, согласно которому все информационные сообщения индексируются в соответствии с его рубриками. Это позволяет более точно классифицировать информацию и сокращает время ее поиска для пользователей.

При создании автоматизированной информационной системы (АИС) в Гос.НИНГИ должно быть предусмотрено решение следующих основных задач:

1. Организация единого информационного пространства (ЕИП). Отсутствие ЕИП ведет к дублированию в работе различных подразделений, усложняет поддержание достоверности данных, а также увеличивает сроки доведения информации до потребителя.

2. Поэтапное создание в рамках ЕИП интегрированной АИС Института в составе:

- Автоматизированной системы научно-технической информации. В настоящее время НТИ хранится в библиотеке (монографии, периодические издания, справочная литература); в научно-исследовательских отделах (отчеты НИР, диссертации, а также сведения об изобретениях); в ОВНТИ (депонированные работы); в лаборатории вычислительной сети (библиотека алгоритмов и программ). Система должна обеспечить свободный доступ каждому пользователю с любого рабочего места к этим информационным ресурсам благодаря созданию электронных каталогов на все виды информации и к интегрированной информационной базе данных.
- Автоматизированной информационной инфраструктуры обеспечивающих подразделений (отдел кадров, финансовый отдел, отдел планирования НИР, отдел материального обеспечения). Прежде всего это позволит повысить эффективность их работы, а также

предоставлять обрабатываемую ими информацию всем пользователям интегрированной АИС.

- Системы электронного документооборота Института. Она должна повысить оперативность в доведении документов до исполнителя, резко снизить бумажный документооборот, автоматизировать контроль исполнения.

При этом, во-первых, будет обеспечена компьютерная поддержка научных исследований на основе предоставления пользователям доступа к вычислительным мощностям интегрированной АИС, а также к программным средствам, ориентированным на решение поставленных перед ними задач. И, во-вторых, – оперативное информационное обеспечение процессов управления деятельностью Института. Это позволит повысить эффективность управленческих процессов на основе оперативного предоставления командованию и соответствующим подразделениям любой необходимой информации.

Интегрированная АИС Института должна строиться исходя из требований системного подхода. При этом выбор стратегии комплексной автоматизации определяется принятой в Институте моделью управления, существующей информационной инфраструктурой и новыми задачами, которые призвана решать создаваемая система.

Общая характеристика интегрированной информационной автоматизированной системы. В настоящее время в ВМФ проводятся исследования по созданию на основе единых средств лингвистического обеспечения программно-технического функционального комплекса автоматизированной системы научно-технической информации (ПТФК АСНТИ) ВМФ. Поэтому автоматизированную информационную инфраструктуру Института необходимо строить как локальную сеть, являющуюся составной частью общей корпоративной сети ВМФ, которая объединит комплекс информационно взаимодействующих функционально независимых информационных баз данных отдельных НИО. Эти структурные элементы полностью замкнутся на информационную систему АСНТИ, что обеспечит комплексирование подсистем всех НИО, согласование их лингвистического обеспечения, информационное взаимодействие и формирование информационных ресурсов общего пользования. АСНТИ НИО целесообразно развернуть в рамках специализированного подразделения – Автоматизированного центра ВНИ (АЦ ВНИ), который должен создаваться на базе штатного органа ВНИ.

Автоматизированный справочно-информационный фонд (АСИФ) АЦ будет формироваться на базе информационных материалов Института и информационных ресурсов научных подразделений, представленных в электронном виде. АСИФ представляет собой в общем случае распределенную систему хранения информации на основе информационных баз данных каждого подразделения с ядром фонда на выделенном сервере.

Организация взаимодействия подразделений Института в информационном плане в общем виде просматривается следующим образом. Научные подразделения, как элементы системы ВНИ, передают в информационную систему АЦ ВНИ свои ресурсы общего пользования и как абоненты сети пользуются информационными ресурсами других подразделений, осуществляя тем самым взаимовыгодный, оптимизированный по времени и трудовым

затратам, обмен информацией. Структурные элементы АЦ ВНИ создаются на базе своих локальных вычислительных сетей (ЛВС), рабочих групп в составе ЛВС или автономных компьютеров, подключенных к ЛВС на уровнях межсетевого взаимодействия, непосредственного или удаленного доступа. В рамках структурных элементов АЦ ВНИ функционируют информационные системы (ИС) и автоматизированные рабочие места (АРМы) по конкретным направлениям деятельности специалистов.

В Гос.НИНГИ, как головной организации по своему профилю, в целях повышения уровня проводимых в стране НИОКР в области навигации, гидрографии и гидрометеорологии в рамках создания ПТФК АСНТИ ВМФ предлагается создать:

- интегрированную информационную базу как банк данных системы НГО и ГМО, включающий обобщенные характеристики системы НГГМО в виде модулей ЕИП и обеспечивающий расчетные и информационные задачи;
- открытую сеть, обеспечивающую распределенную обработку данных, с выходом на межведомственные и межрегиональные сети, а также в ИНТЕР-НЕТ.

Современные информационные системы объединяют средства централизованной и распределенной обработки в рамках архитектуры клиент-сервер, что позволяет пользователям варьировать возможности выбора конфигурации ресурсов общего пользования. Модульное построение системы допускает существование множества различных типов архитектурных решений в рамках единого комплекса. Централизация хранения и обработки данных на верхних уровнях иерархии ИС позволяет экономить ресурсы системы. Эффективные централизованные средства сетевого и системного администрирования позволяют осуществлять сквозной контроль функционирования сети и управление на всех иерархических уровнях, а также обеспечивают необходимую гибкость и динамическое изменение конфигурации системы.

Наиболее рациональным решением представляется иерархическая модель ИС, построенная в соответствии с функциональными подсистемами деятельности Института: центральный сервер системы – локальные серверы подсистем – станции-клиенты (персонал подразделений Института). Такая схема определяется как "большая модель" и особенностью ее является наличие сетей двух уровней: базовой сети, связывающей информационные узлы концентрации, и множества локальных серверов, обеспечивающих пользователям взаимный обмен данными и доступ к общим информационным ресурсам Института.

Основная проблема, которая возникает при проектировании представленной гибридной системы, – это сбалансированность распределения нагрузки между центральным сервером, локальными серверами и рабочими станциями конечных пользователей в каждом подразделении.

Рациональное распределение нагрузки в ИС выглядит следующим образом:

- задачи, решаемые на уровне управления Институтom, выполняются в основном средствами главного информационного центра и активно используют корпоративную базу данных, интегрированную на верхних уровнях ие-

пархии системы. При этом роль локальных серверов и рабочих станций сведена здесь к минимуму;

- задачи автоматизации прикладных процессов, связанные с конкретными направлениями деятельности Института на уровне подразделений, предполагают перенос большей части нагрузки на их локальные серверы;

- в задачах, решаемых на индивидуальном уровне (работа с электронными таблицами, редактирование текстов, генерация отчетов и т.д.), основная доля нагрузки приходится на персональные рабочие станции.

Таким образом, иерархическая организация ИС (центральный сервер – локальные серверы – рабочие станции) естественным образом сочетает множественность решений на уровне локальных узлов системы и развитую распределенную обработку как "по горизонтали" (локальные серверы конечных пользователей и базовая сеть серверов), так и "по вертикали" (распределение нагрузки между рабочими станциями и серверами всех уровней). Эта модель синтезирует централизацию ресурсов системы и распределенную обработку в условиях базовой сети серверов. Объединение нескольких подразделений в одну сеть необходимо как для обеспечения управления работой в них, так и для обмена информацией между ними. В связи с этим необходимо добавить в каждое подразделение сервер с установленной на нем системой MS Windows NT Server, а все серверы соединить между собой.

MS Windows NT Server – это мощная операционная система со встроенной сетевой поддержкой. Характерными особенностями MS Windows NT Server являются общий для семейства Windows интерфейс пользователя, общие приложения и общие модели программирования. Сервер с установленной на нем системой MS Windows NT Server может выступать как файл-сервер, сервер приложений, сервер баз данных, сервер удаленного доступа, сервер обеспечения безопасности данных, сервер резервирования данных и как сервер связи.

При сетевом объединении подразделений необходимо объединить ряд серверов с подключенными к ним рабочими станциями в функционально замкнутые группы, или домены. Объединение надо проводить таким образом, чтобы исключить или свести до минимума необходимость обращения пользователей одного домена к серверу любого другого. В случае, если возникнет потребность в таком общении, между доменами можно установить доверительные отношения, позволяющие пользователям одного домена беспрепятственно общаться с пользователями другого, при этом права доступа к системным ресурсам другого домена могут быть жестко регламентированы.

Назначение, принципы построения и организация АЦ ВНИ. Как целостное структурное подразделение Института, Центр, имея в своем составе АСИФ, предназначен для решения таких основных задач информационной поддержки научных исследований, как:

- поиск, заказ, получение, сбор, аналитико-синтетическая обработка, накопление, хранение и распространение ВНИ;

- разработка и внедрение новых информационных технологий, технических средств и методов обработки ВНИ, доступа к ней с учетом максимальной стандартизации и унификации информационных процессов;

- организация редакционно-издательских работ по выпуску военно-научных, учебных, методических, справочных, информационных и других материалов.

Информационное наполнение АСИФ АЦ ВНИ выполняется подразделениями в соответствии с регламентом. Специалисты Центра выполняют общее администрирование информационных ресурсов и управление работой АСИФ.

Информационное обеспечение осуществляется путем предоставления абонентам системы необходимой информации по их запросам. Специалисты-аналитики Центра на основе материалов фонда готовят и предоставляют руководству обзорно-аналитические данные в регулярные сроки и/или по запросу.

Регламент информационного обеспечения, включая порядок формирования и ведения информационных ресурсов и определение прав доступа к ним, утверждается соответствующим приказом командования. Порядок формирования запросов и предоставления абонентам информации определяется специальным положением.

В рамках информационного обеспечения руководителей высшего уровня (начальник Института и его заместители) предусматривается этап анализа, обобщения и комплексирования данных, представленных отдельными подразделениями.

Информационное взаимодействие абонентов АЦ ВНИ Института организуется на основе общей идеологии клиент/сервер.

АЦ ВНИ Института должен обеспечивать:

- сбор и распространение информации в соответствии с регламентом информационного взаимодействия;
- бесперебойный прием исходной информации, ее обработку и хранение в структуре информационных ресурсов общего пользования;
- контроль выполнения регламента по сбору и распространению информации, соблюдение прав доступа к информации;
- ведение информационных ресурсов общего пользования;
- создание и централизованное ведение общесистемных классификаторов и словарей-справочников (на основе Рубрикатора системы ВНИ);
- централизованное обеспечение абонентов общесистемными классификаторами и словарями-справочниками;
- информационное обеспечение командования Института ;
- выполнение запросов абонентов системы на анализ и предоставление информации;
- администрирование АСИФ и информационных ресурсов;
- архивацию информационных ресурсов, утративших свою актуальность;
- консультирование по вопросам ведения информационных ресурсов.

Для управления процессом функционирования АСИФ АЦ ВНИ должен иметь право определять способы, формы и форматы представления информации, выступать с инициативой по изменению регламента взаимодействия, повторно запрашивать информацию для ее восстановления, уточнения и т.д. Для обеспечения деятельности АЦ ВНИ необходимы специалисты по анализу и обобщению информации, техническому

обслуживанию и администрированию АСИФ и информационных ресурсов, лингвистическому обеспечению системы, а также для сбора и подготовки (ввода) исходной информации.

На начальных этапах автоматизации информационной деятельности Института создается первая очередь АСИФ, выполняется разработка, согласование и утверждение руководящих документов по вопросам функционирования АЦ ВНИ и производится отладка информационного обеспечения руководства и взаимодействия с подразделениями. По мере развития информационных систем последних создается единая сеть (система взаимодействующих ЛВС) в масштабах всей организации с подключением удаленных пользователей с помощью системы удаленного доступа или электронной почты.

На последующих этапах предусматривается создание в рамках АЦ ВНИ единого информационного пространства, полномасштабное создание и ведение информационных ресурсов общего пользования, расширение функций информационного обеспечения и взаимодействия с подразделениями и внешними системами.

Задачи и функции АЦ ВНИ. Центр создается с целью обеспечения полноты, оперативности и качества информационной поддержки проводимых в Институте исследований и процессов управления. В его задачи входит:

- обеспечение информационной поддержки принятия решений по управлению НИР, в том числе: сбор, комплексирование, хранение, совместная обработка и предоставление командованию Института обобщенной информации о состоянии научных исследований;

- предоставление фактографической и обзорно-аналитической информации по различным направлениям исследований;

- обеспечение условий для проведения анализа информации, характеризующей состояние научных исследований;

- информационное обеспечение выполняемых Институтами НИР;

- оперативное доведение до органов военного управления и организаций, военных ученых и специалистов результатов научных исследований, достижений военной науки и техники в Российской Федерации и за рубежом;

- обеспечение информационного взаимодействия пользователей АСИФ.

В соответствии с задачами Центра, на него возлагается выполнение следующих функций:

- получение и интегрирование подготовленной для АЦ ВНИ подразделениями Института информации;

- структурированное хранение полученной информации;

- организация функционирования телекоммуникационной среды;

- обеспечение информационным подсистемам различных подразделений доступа для запроса, просмотра или выборки информации;

- комплексная обработка хранящейся в АСИФ информации (создание, модификация, отображение, выборка, компоновка и пр.);

- информационный обмен пользователей АСИФ по электронной почте;

- создание печатных копий информационных материалов;

- архивирование информации;

- защита от несанкционированного доступа в систему;
- разграничение доступа к информационным ресурсам;
- администрирование системы и ее базы данных.

Задачи и состав автоматизированного справочно-информационного фонда. АСИФ как система общего пользования является ядром АСНТИ (АЦ ВНИ), обеспечивающим интеграцию в единое целое всех ее элементов и информационных ресурсов. Он обеспечивает сбор, конвертацию, комплексирование и структурированное хранение информации, информационное взаимодействие элементов АЦ, обобщение и сравнительный анализ информации, доступ к ресурсам общего пользования, предоставление информации абонентам системы.

Таким образом на АСИФ как на структурный элемент АЦ ВНИ возлагается обеспечение:

- функционирования баз данных общего пользования;
 - информационного взаимодействия;
 - подключения новых пользователей и регламентации доступа к информационным ресурсам;
 - функционирования лингвистического обеспечения системы.
- АСИФ включает в себя АРМы и ИС:
- создания информационных объектов (баз данных, документов, карт и др.);
 - приема, конвертации, тематической классификации и включения в состав собственных информационных ресурсов или ресурсов общего пользования данных, передаваемых различными уровнями АСНТИ (или ЛВС, являющихся составными частями общей АСНТИ);
 - ведения баз метаданных (БМД) общего пользования;
 - ведения и согласования (с подсистемами АЦ ВНИ) лингвистического обеспечения АЦ ВНИ (структуру БМД общего пользования, кодификаторов и словарей-справочников и пр.);
 - обработки информации (выборки, перекомпоновки, группировки данных и т.п.);
 - ведения баз данных ИС руководства Института;
 - поддержки электронной почты (в том числе по модемной связи и в случае удаленного доступа);
 - администрирования АСИФ в целом (настройка ЛВС, подключение новых пользователей, создание новых тематических БМД общего пользования, регламентация доступа к информационным и программно-техническим ресурсам, архивирование и восстановление информации).

АСИФ создается на базе отдельной ЛВС с выделенным сервером, функционирующей под управлением сетевой операционной системы Windows NT.

Сопряжение подсистем АЦ ВНИ. АЦ ВНИ обеспечивает базу для создания ЕИП Института. Для этого необходимо осуществить программно-техническое сопряжение существующих и создающихся автоматизированных информационных подсистем подразделений (структурных элементов АЦ

ВНИ), организовать информационное взаимодействие между ними, вычленив базы данных общего пользования, а также обеспечить регламентированный доступ к ним и ведение этих баз.

ИС АЦ ВНИ – это система, созданная объединением разнородных подсистем, поэтому АСНТИ подразделений Института могут создаваться и функционировать автономно, на различной программно-технической базе, решать специфические задачи, использовать собственную систему хранения и кодирования информации. Определяющим для них должно быть наличие унифицированного блока программно-технического сопряжения и информационного взаимодействия с АСИФ и другими подсистемами. В рамках этого блока обеспечивается программно-техническое сопряжение с ЛВС АЦ ВНИ:

- серверов ЛВС подсистем (подразделений) и ЛВС АЦ ВНИ с использованием сетевой аппаратуры, сетевых операционных систем и регламентацией межсетевого взаимодействия;

- компьютеров подразделений и сервера ЛВС АЦ ВНИ с использованием сетевой аппаратуры, сетевой операционной системы и регламентацией прав доступа к информационным ресурсам;

- компьютеров подразделений и сервера ЛВС АЦ ВНИ с использованием модемов и выделенных или коммутируемых телефонных каналов связи, сетевой операционной системы (удаленное подключение) и регламентацией прав доступа к информационным ресурсам.

Информационное взаимодействие включает:

- подготовку информации для ведения баз данных общего пользования или для пересылки (перекодировку на основе общесистемных кодификаторов, конвертацию в формат информационных объектов, используемых в АЦ ВНИ) с помощью программных средств собственных подсистем или вручную;

- организацию доступа к информации общего пользования, прием полученных данных и их усвоение в ИС абонентов (как правило, для этих целей должны использоваться программные средства типовой программной оболочки, разработанной для АЦ ВНИ);

- функционирование электронной почты между структурными элементами АЦ ВНИ.

Структурные элементы (системы подразделений) создаются на базе локальных вычислительных сетей, рабочих групп в составе сетей или автономных компьютеров, подключенных к сети АЦ ВНИ на уровнях межсетевого взаимодействия, непосредственного или удаленного доступа.

В рамках структурных элементов функционируют ИС и АРМы по конкретным направлениям деятельности специалистов.

Заключение. Таким образом, решение проблемы автоматизации научно-информационной деятельности Гос.НИНГИ может быть осуществлено путем решения комплекса организационных, методических и технических задач. В первую очередь необходимо создать подразделение, ответственное за создание и функционирование АИС, определяющее стратегию и тактику автоматизации информационной деятельности подразделений Института – АЦ ВНИ. На него следует возложить также решение методических задач по формированию требований к составу и содержанию циркулирующей в автоматизированной системе информации в интересах информационной

поддержки проведения научных исследований. С точки зрения архитектуры АИС Института должна быть создана как комплекс информационно взаимодействующих функционально независимых подсистем подразделений, замыкающихся на АСИФ, играющий роль ядра АЦ ВНИ. Система обеспечит комплексирование этих подсистем, согласование их лингвистического обеспечения, информационное взаимодействие и формирование баз данных общего пользования.



МЕТОДЫ, ТОЧНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАВИГАЦИИ. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШТУРМАНА

ГРНТИ 78.25.31.35.29

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ГИРОАЗИМУТГОРИЗОНТКОМПАСА ГАГК-1 В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Б.А. ВОЙЦЕХОВСКИЙ

(Гос.НИНГИ МО РФ),

В.Н. ТРУНОВ

(ВМА им. адм.Н.Г. Кузнецова)

Приведены оценки точности гироазимутгоризонткомпаса ГАГК-1 для вариантов раздельного и совместного воздействия случайных входных возмущений, заданных в виде инструментальных и методических погрешностей элементов системы. Анализ полученных оценок позволил установить доминирующие причины, влияющие на точность выходной информации ГАГК-1, и указать пути их устранения.

Задача оценивания точности современных гироскопических и инерциальных навигационных систем может быть решена различными методами. Одним из них является метод математического моделирования. Его применение предполагает разработку и использование математических моделей погрешностей рассматриваемых систем.

Для оценивания точности ГАГК-1 воспользуемся математической моделью системы, описание которой приведено в [1]. Характеристики точности определим для условий как раздельного, так и совместного воздействия возмущающих факторов. Результаты исследования при раздельном воздействии входных погрешностей будут использованы для выявления наиболее значимых из них и выработки рекомендаций по их компенсации. Статистические оценки, полученные при совместном воздействии входных погрешностей, будут характеризовать точность системы в заданных условиях функционирования, что является важным при ее использовании по назначению.

В качестве входных инструментальных погрешностей ГАГК-1 учтем:

$\delta U_x, \delta U_y, \delta U_z$ – проекции дрейфов гироскопов на оси системы координат xuz , связанной с гиростабилизированной платформой;

$\delta \alpha_x, \delta \alpha_y$ – смещения нулей акселерометров, установленных на гиростабилизированной платформе.

В качестве входных методических погрешностей учтем:

ξ, η – уклонения отвесной линии в плоскостях меридиана и первого вертикала соответственно;

V_N^T, V_E^T – проекции скорости неучитываемого лагом течения по меридиану и параллели соответственно.

Входные погрешности системы будем представлять случайными процессами, описываемыми автокорреляционными функциями (АКФ)

$$k(\tau) = \sigma^2 e^{-\mu|\tau|}; \quad (1)$$

$$k(\tau) = \sigma^2 e^{-\mu|\tau|} \left(\cos b\tau + \frac{\mu}{b} \sin b|\tau| \right). \quad (2)$$

Значения параметров АКФ $k(\tau)$ (табл.1) определены на основе анализа моделей инструментальных погрешностей чувствительных элементов системы, геофизических неопределенностей и течений [2,3,4,5].

Для решения задачи оценивания рассмотрены 10 вариантов воздействия на систему входных погрешностей (табл.2). Вариантам №1–9 соответствуют отдельные воздействия, а варианту №10 – совместное воздействие.

Исследование системы выполнено при следующих условиях: широта начальная $60^\circ N$, курс 45° , скорость 10 уз. По результатам моделирования получены реализации выходных погрешностей ГАГК-1 – курса (α), построения вертикали (θ, β), проекций скорости ($\delta V_N, \delta V_E$), синуса и косинуса широты ($\delta S, \delta q$). Длительность

реализаций – 240 ч, интервал дискретизации реализаций – 1 мин.

Оценки средних квадратических отклонений (СКО) выходных погрешностей, полученные путем обработки соответствующих реализаций, приведены в табл.2. Оценки СКО погрешностей широты $\delta \varphi_{(\delta S)}$, $\delta \varphi_{(\delta q)}$,

Таблица 1
Параметры АКФ входных погрешностей ГАГК-1

Входные погрешности	АКФ	Параметры АКФ		
		σ	$\mu, \text{ч}^{-1}$	$b, \text{ч}^{-1}$
$\delta U_x, \text{град./ч}$	1	0,01	1,0	–
$\delta U_y, \text{град./ч}$	1	0,01	1,0	–
$\delta U_z, \text{град./ч}$	1	0,03	1,0	–
$\delta \alpha_x, \text{угл.с}$	1	5,0	360,0	–
$\delta \alpha_y, \text{угл.с}$	1	5,0	360,0	–
$\eta, \text{угл.с}$	1	5,0	0,24	–
$\xi, \text{угл.с}$	1	5,0	0,24	–
$V_N^T, \text{м/с}$	2	0,257	0,28	0,51
$V_E^T, \text{м/с}$	2	0,257	0,28	0,51

показанные в табл.2, рассчитаны по соответствующим статистическим характеристикам погрешностей δS и δq .

Таблица 2

Оценки СКО выходных погрешностей ГАГК-1

№ варианта	Входные погрешности	СКО								
		α , угл. мин.	β , угл.с	θ , угл. с	δV_E , м/с	δV_N , м/с	δS , .10 ⁻⁵	δq , .10 ⁻⁵	$\delta\varphi_{(\delta S)}$, угл. мин.	$\delta\varphi_{(\delta q)}$, угл. мин.
1	δU_x	5,34	0,14	6,28	0,006	0,095	295,100	1,029	20,20	0,06
2	δU_y	0,07	4,55	0,21	0,080	0,005	15,610	53,920	1,07	3,21
3	δU_z	0,78	0,01	1,25	0,001	0,019	140,300	0,308	9,65	0,02
4	$\delta\alpha_x$	0,02	0,78	0,05	0,016	0,001	1,381	1,804	0,09	0,11
5	$\delta\alpha_y$	0,19	0,04	0,77	0,001	0,015	13,250	0,141	0,91	0,01
6	η	0,17	5,16	0,14	0,020	0,002	7,021	5,343	0,48	0,32
7	ξ	0,61	0,10	5,24	0,002	0,021	40,170	2,036	2,76	0,12
8	V_N^T	4,47	0,26	1,08	0,015	0,265	182,200	9,761	12,53	0,58
9	V_E^T	0,30	1,07	0,56	0,248	0,007	94,760	52,360	6,52	3,12
10	Все входные погрешности	7,60	7,01	8,40	0,262	0,284	388,700	76,060	26,73	4,53

Анализ результатов оценивания точности ГАГК-1 для случаев раздельного воздействия входных возмущений показывает следующее:

- преобладающее влияние на погрешность курса α оказывают дрейф гироскопа δU_x и составляющая течения V_N^T ; влияние остальных входных погрешностей практически незначимо;
- преобладающее влияние на погрешность θ оказывают дрейф гироскопа δU_x и уклонение отвесной линии в плоскости меридиана ξ , влияние остальных входных возмущающих воздействий незначительно;
- преобладающее влияние на погрешность β оказывают уклонение отвесной линии в плоскости первого вертикала η и дрейф гироскопа δU_y , влияние остальных входных возмущающих воздействий незначимо;
- преобладающее влияние на погрешность скорости δV_E оказывают погрешность лага (составляющая течения V_E^T) и дрейф гироскопа δU_y , влияние остальных входных погрешностей менее значимо;

- преобладающее влияние на погрешность скорости δV_N оказывает погрешность лага (составляющая течения V_N^T) и дрейф гироскопа δU_x ; влияние остальных входных погрешностей менее значимо;
- преобладающее влияние на погрешность δS оказывают дрейфы гироскопов δU_x и δU_z а также погрешность лага (составляющая течения V_N^T), влияние остальных входных погрешностей практически несущественно;
- преобладающее влияние на погрешность δq оказывают дрейф гироскопа δU_y и погрешность лага (составляющая течения V_E^T), влияние остальных входных погрешностей практически несущественно.

Оценки СКО выходных погрешностей, приведенные в табл.2 для варианта №10, характеризуют точность системы при совместном воздействии входных погрешностей. Оценки точности основных выходных параметров системы (курса, углов килевой и бортовой качки) составляют: $\sigma_\alpha = 7,6'$; $\sigma_\beta = 7,0''$; $\sigma_\theta = 8,4''$. Погрешности проекций скорости δV_N и δV_E характеризуют оценки СКО, равные 0,28 и 0,26 м/с соответственно.

Статистические оценки точности широты, полученные с использованием функций синуса или косинуса широты, имеют значительные различия. Оценка СКО $\delta\varphi$, зависящая от δS , равна 26,7', а зависящая от δq – 4,5'.

На основе выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. На точность основных выходных параметров системы (курса, углов килевой и бортовой качки) преобладающее влияние оказывают инструментальные погрешности гироскопов δU_x , δU_y и методические погрешности в виде уклонений отвесной линии ξ и η . Неблагоприятное влияние на точность курса оказывает также неучтенная составляющая течения V_N^T , действующая аналогично δU_x .

2. Использование в качестве выходной информации системы проекций скорости и широты, полученных на основе преобразования функций синуса и косинуса широты, является нецелесообразным, т.к. точность указанных параметров ниже точности вырабатываемой лагом скорости (учета течения) и определения широты по схеме обычного счисления.

3. Основные технические мероприятия по повышению точности системы должны быть направлены на уменьшение систематических и случайных составляющих инструментальных дрейфов гироскопов δU_x и δU_y . Использование абсолютной скорости в схеме демпфирования также необходимо, если требуется улучшение характеристик точности ГАГК-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войцеховский Б.А., Трунов В.Н. Оценка погрешностей гироазимутгоризонткомпаса ГАГК-1 и пути их уменьшения// Записки по гидрографии. –1994. – № 233. – С. 22–29.
2. Анучин О.Н., Емельянцев Г.И. Бесплатформенные инерциальные системы навигации и ориентации. – СПб.: СПбГИТМО, 1995.– 111с.
3. Инерциальные навигационные системы морских объектов./ Под ред. Д.П. Лукьянова. – Л.: Судостроение, 1989. – 183 с.
4. Исследование технических путей повышения эксплуатационных характеристик ГАГК-1.– Научно–технический отчет. М.:ЦНИИ "Дельфин", 1989.– 215 с.
5. Груздев Н.М. Оценка точности морского судовождения.–М.: Транспорт, 1989.– 191 с.



НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

ГРНТИ 78.25.31.35.29

АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

В.С. КРАСОВСКИЙ
(ЦНИИ “Электроприбор”),
Е.А. МОКЛОКОВА
(Гос.НИНГИ МО РФ),
С.Ю. РАЗВОЗОВ
(ГМА им.адм.С.О.Макарова)

Охарактеризованы основные причины недостаточного быстродействия и эффективности автоматизированных систем диагностики. Показано, что время восстановления работоспособности навигационных комплексов существенно зависит от достоверности решения задач диагностики и многократно возрастает с увеличением количества проверок в цикле поиска неисправности. Определены основные направления дальнейшего совершенствования диагностического обеспечения.

Морские средства навигации (МСН) относятся к наиболее сложным видам техники, имеющим ограниченную надежность. Благодаря предпринимаемым усилиям безотказность этих средств постоянно повышается, однако нельзя исключать возможность появления в них неисправностей и отказов. При этом возникает задача поиска и локализации неисправности в МСН с возможно большей точностью и с наименьшими временными затратами.

На ранних этапах развития диагностики задача поиска неисправностей в МСН решалась операторами и наладчиками, которые опирались только на собственные знания, навыки и опыт проведения ремонтных работ [1].

Существенным шагом вперед явилось применение средств полуавтоматического диагностирования, которые сопрягались и управлялись специализированными ЭВМ [2]. Примером может служить полуавтоматическая систе-

ма диагностирования ВЕТА-II, которая позволяла экономить около 500 тыс. дол. США в год для одного корабля охранения. Указанная экономия достигалась за счет снижения стоимости ремонта, снижения трудозатрат на техническое обслуживание и сокращения ЗИП.

Дальнейшее усложнение навигационной техники привело к созданию автоматизированных систем диагностики, позволяющих с более высоким качеством и оперативностью определять техническое состояние НК, выявлять неисправности при меньшем числе обслуживающего персонала. Возможность проведения большого числа измерений позволила обеспечить прогнозирование появления отказов. В США были разработаны автоматизированные системы диагностики больших систем, в том числе навигационных комплексов (НК), в которых локализация неисправностей производится с глубиной до структурного блока [3]. В таких системах информация о неисправном блоке поступает при включении режима «Диагностика». Однако на практике оказывается, что замена этого блока не всегда приводит к восстановлению работоспособности диагностируемой системы. Для ее восстановления приходится многократно (до 4 – 5 раз) повторять процедуру поиска и замены неисправного блока.

Основной причиной такого положения является несовершенство используемых технологий поиска неисправностей. Возможны также отказы самой системы диагностирования, представляющей собой сложное электронное устройство. Поэтому среднестатистические показатели фактического времени восстановления зарубежных технических средств навигации оказываются весьма низкими.

Оценка технического состояния отечественных НК производится встроенными средствами автоматического и полуавтоматического контроля. Однако существующие системы диагностирования НК также не обеспечивают достаточно быстрого обнаружения неисправностей, а в ряде случаев выдают ложные сигналы о неисправностях, вводя в заблуждение обслуживающий персонал. В результате время поиска и устранения неисправности, которое не должно превышать 0,5 ч, на практике может достигать больших значений.

Определим зависимость времени восстановления НК от вероятности правильного диагностирования W . Обозначим через g число повторений цикла «поиск – замена» блока, которое нужно осуществить для устранения неисправности в НК. Величина g является случайной переменной, зависящей от W . Вероятность того, что в g -м цикле будет выделен неисправный блок, если в $(g - 1)$ предшествующих циклах он не был найден, равна

$$f(g) = (1 - W^K)^{g-1} W^K,$$

где K – число проверок, содержащихся в отдельном поиске;

L – число блоков НК.

$$\text{Величина } f(g) > 0 \text{ при } 1 < g < \infty \text{ и } \sum_{g=1}^{\infty} f(g) = 1.$$

Таким образом $f(g)$ есть плотность распределения g . Математическое ожидание g равно

$$E[g] = \sum_{g=1}^{\infty} g \cdot f(g) = \frac{1}{W^K}.$$

Следовательно, время восстановления НК будет равно

$$t_B(W, K) = t_B(L, K) \cdot E[g],$$

где $t_B(L, K) = t \cdot K + t_3$;

t – время, затрачиваемое на одну проверку;

t_3 – время, затрачиваемое на замену неисправного блока.

Значения $E[g]$ для ряда значений W и K представлены в таблице, анализ данных которой показывает, что при большом значении K реальное время восстановления может превышать планируемое в десятки раз. Возможный путь снижения времени восстановления заключается в уменьшении числа проверок в цикле (т.е. величины K).

Определим значение K , при котором выполняется условие $t_B(W, K) \leq 0,5$ ч или

$$\frac{t \cdot K + t_3}{W^K} \leq 0,5.$$

Для решения этого неравенства относительно K разложим W^K в ряд и ограничимся первыми двумя членами

$$t \cdot K + t_3 \leq 0,5(1 + K \cdot \ln W).$$

Отсюда

$$K \leq \frac{0,5 - t_3}{t - 0,5 \ln W}.$$

При $t_3 = 0,1$ ч; $t = 0,01$ ч и $W = 0,9$ имеем $K \leq 6$, а при $W = 0,95$ получим $K \leq 11$.

Проведенное исследование показало, что существует объективное препятствие повышению разрешающей способности автоматизированной системы диагностирования, т.к. увеличение числа проверок в цикле поиска неисправности приводит к увеличению математического ожидания числа повторных циклов поиска и, соответственно, времени восстановления НК. В то же время у реальных НК велико количество измеряемых диагностических параметров и поэтому при их переборе реальное время восстановления НК значительно возрастает. В связи с этим при разработке системы диагностирования НК следует использовать методы, снижающие число K при больших L . Так использование прямого последовательного перебора, отделяющего каждой проверкой один блок, обеспечивает снижение длины процедуры поиска неисправности в среднем до

Значения математического ожидания числа проверок в отдельном поиске неисправности, необходимого для выявления неисправного блока НК

W	$E(g)$		
	$K = 5$	$K = 10$	$K = 50$
0,90	1,69	2,87	194,00
0,95	1,29	1,67	12,99

$$K = \frac{L + I}{2}.$$

Еще более эффективное снижение величины K до уровня $\log_2 L$ возможно за счет выбора условной равновеликой процедуры поиска неисправности [1].

Таким образом, создание перспективных систем диагностического обеспечения НК целесообразно осуществлять с учетом существующего положительного опыта, накопленного в процессе решения задач диагностики, а также на основе разработки и внедрения оптимальных алгоритмов и технологий диагностирования.

Возможными направлениями совершенствования диагностического обеспечения средств навигации являются:

- разработка оптимальных алгоритмов диагностирования блоков НК в форме ветвящихся технологий поиска неисправностей, обеспечивающих минимальное или заданное время поиска;
- сопряжение применения блочно-модульной конструкции перспективных НК с использованием технологий диагностирования в целях минимизации стоимости и времени восстановления НК в условиях эксплуатации;
- включение в состав эксплуатационной документации описаний оптимальных технологий поиска неисправностей;
- определение оптимального перечня диагностических параметров для обеспечения достоверности оценки технического состояния и поддержания заданного уровня надежности при эксплуатации НК;
- определение оптимальной глубины диагностирования НК и обоснование состава его ЗИП.

Надежным средством борьбы с отказами и повреждениями НК является разработка объективной технологии поиска и устранения неисправностей. Поиск неисправностей в НК есть разновидность задачи распознавания объекта с заданными свойствами из совокупности подобных объектов. Такие задачи характерны для тех случаев, когда требуется принятие решения в условиях неопределенности. Возможным подходом к их решению является использование теории дискретного поиска, позволяющей строить диагностические модели технических систем и близкие к оптимальным процедуры поиска неисправностей в форме деревьев логических возможностей. Построение пространства состояний НК есть важный этап анализа его систем, связанный с пониманием физики возможных отказов. Существенно, что данный подход позволяет минимизировать время и стоимость восстановления работоспособности НК при различных степенях его охвата средствами диагностирования и объединения элементов НК в блоки, представляющие собой блоки замены.

Стремление к упрощению процесса поиска неисправностей путем создания систем с небольшим числом крупных блоков приводит к повышению стоимости систем. С другой стороны, по мере уменьшения размеров блоков количество их в системе быстро растет, что влечет за собой увеличение затрат времени на поиск неисправного блока. Определение оптимальной глу-

бины диагностирования и оптимального среднего объема структурного блока НК также возможно на основе методов алгоритмической диагностики.

Решение указанных задач позволит объективно и обоснованно осуществлять выбор структуры и состава систем диагностирования современных технических средств навигации и обеспечит оптимальный поиск неисправностей в случае их отказов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ксенз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1989. – 248 с.
2. American Society of Mechanical Engineers, 1979, VIII, v.98, ser. B, № 3, p. 862 – 867.
3. Signal, 1986, № 6.



СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

ГРНТИ 78.25.31.35.29.31.29.33

ПУТИ РАЗВИТИЯ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В.С. БОЛДЫРЕВ
(ЗАО "ЦНИИМФ"),
В.П. ЗАКОЛОДЯЖНЫЙ
(Гос.НИНГИ МО РФ)

По опыту эксплуатации рассматриваются пути совершенствования существующих спутниковых навигационных систем и варианты новых, создаваемых для удовлетворения возрастающих требований потребителей.

Опыт, полученный в ходе эксплуатации среднеорбитных спутниковых навигационных систем СНС GPS (NAVSTAR) и ГЛОНАСС полностью подтвердил их высокие технические – эксплуатационные характеристики. При этом выявились и те направления, по которым системы целесообразно модернизировать. В первую очередь сказанное относится к военным аспектам их применения.

В США еще в 1989 г. с отделением Astro Space фирмы General Electric был заключен контракт на разработку и изготовление 26 космических аппаратов (КА) GPS

Block IIR с повышенной автономностью функционирования, призванных заменить КА модели Block IIA фирмы Rockwell International (табл.1) [1, 2]. В новых КА

предусматривались возможности выполнения:

Сравнительные данные КА

Таблица 1

Показатель	Block IIA	Block IIR
Фирма-подрядчик	Rockwell International	GE Astro Space
Масса максимальная, кг	1472	1790
Период активного существования, лет	7,5	10
Стоимость, млн.дол.	48	28

- бортовых траекторных измерений, в том числе и измерений дальностей между КА с целью определения и прогнозирования параметров движения аппаратов;
- формирования на борту КА массивов эфемеридно-временной информации;
- синхронизации шкал времени путем обмена данными между КА.

Указанные изменения позволяют увеличить до 6 мес. период автономного функционирования космического сегмента без участия наземных средств эфемеридно-временного обеспечения, что существенно повышает боевую устойчивость СНС.

Начало поставки КА нового поколения планировалось на 1995 г. 12 сентября 1996 г. был запущен последний КА GPS Block IIA, а 22 июля 1997 г. ВВС США успешно вывели на орбиту первый КА Block IIR [3]. Полную замену орбитальной группировки модернизированными КА можно ожидать не ранее 2005 г.

В настоящее время военно-политическая обстановка в мире существенно изменилась. Угроза возникновения мировой войны сейчас отодвинулась и часть ранее запланированных мероприятий, рассчитанных на ожидаемые условия глобального конфликта, в определенной степени теряет актуальность. К их числу, возможно, следует отнести и упомянутые меры по повышению автономности функционирования СНС.

В 1995 г. военное руководство США приняло новую военную стратегию "гибкой избирательной вовлеченности", предусматривающую быстрое реагирование вооруженных сил США на неопределенные по месту, времени и масштабам региональные угрозы. При этом, как показал опыт боевых действий в различных региональных конфликтах, роль космических сил и средств в них резко возросла. После войны в зоне Персидского залива космические силы и средства стали играть важную роль практически в каждом конфликте, в котором принимали участие вооруженные силы США, включая операции в Ираке, Сомали и Югославии.

В дополнение к мерам силового воздействия США планируют:

- усилить контроль на мировом рынке космических технологий и услуг;
- принять меры по защите технологий, методологии и общесистемных исследований в целом, которые обеспечат США лидерство в космосе;
- заключить соглашения, ограничивающие или блокирующие доступ к космическим технологиям странам, которые рассматриваются США в качестве вероятных противников [4].

Одновременно четко прослеживается тенденция совершенствования СНС GPS в интересах чрезвычайно большой группы гражданских потребителей навигационной информации. По разным оценкам, количество находящихся в эксплуатации приемников (ПИ) этой системы в самое ближайшее время может возрасти до сотен тысяч единиц. Причем подавляющее количество ПИ будет использоваться на сухопутных и морских подвижных объектах. Следует иметь в виду, что, например, в США только прогулочный флот включает в себя несколько миллионов единиц и этот флот рассматривается в качестве потенциального потребителя данного вида навигационной аппарату-

ры. Количество ее потенциальных потребителей на суше еще больше. Численность же объектов военного назначения, оборудованных ПИ СНС скорее всего будет ограничено несколькими десятками тысяч единиц [5].

Реализация указанной тенденции совершенствования осуществляется по следующим направлениям:

- исключение в течение 10 лет режима избирательного доступа (SA);
- улучшение точности стандартного (общедоступного) определения места за счет излучения с КА GPS следующего поколения навигационного сигнала на дополнительной частоте L5, что позволит исключить ионосферную составляющую погрешности измерения псевдодальности. В этом случае величина погрешности определения места по СНС GPS в этом режиме приблизится к погрешности определения места по СНС ГЛОНАСС;
- широкое внедрение предназначенных для обслуживания различных групп потребителей навигационной информации дифференциальных режимов работы СНС, применение которых позволяет получить точность места даже более высокую, чем та, которую обеспечивает прецизионный режим (PPS) и одновременно улучшить показатель "целостности" (он определяется промежутком времени, в течение которого система может сообщить, что ее сигналы нельзя использовать в навигационных целях), весьма важный для летательных аппаратов, а также морских судов при плавании в стесненных водах;
- увеличение доступности получения навигационной информации при совместном использовании обеих действующих среднеорбитных СНС с дальнейшим повышением точности определения места за счет увеличения числа спутников в зоне радиовидимости, что дает возможность обработки избыточной информации, а также обеспечивает автономный контроль целостности системы путем проверки внутренней согласованности результатов измерений.

Для реализации такой возможности необходимо создание аппаратуры, работающей по смешанным созвездиям, и согласование исходных геодезических дат обеих систем. В настоящее время точность привязки систем координат СНС GPS и ГЛОНАСС в различных регионах оценивается среднеквадратической погрешностью (СКП) на уровне от 2 до 5 м [6].

В группе невоенных потребителей наиболее жесткие требования к точности и надежности определения навигационных параметров предъявляет гражданская авиация. Причем эти требования существенно зависят от фазы полета летательного аппарата (табл.2).

Применительно к морским потребителям, в соответствии с Резолюцией А. 815, требования к СНС в случае использования ее для обеспечения плавания в стесненных водах и на подходах к портам характеризуются допустимой величиной погрешности определения места не более 10 м ($P = 0.95$), интервалом дискретности обновления координат не более 2 с и показателем целостности системы не более 10 с [7].

Приведенные данные свидетельствуют, что стандартные режимы не позволяют в полной мере удовлетворить повышенные требования со стороны достаточно больших групп пользователей. Выполнение столь высоких требований нельзя обеспечить и указанным выше путем улучшения характеристик режима SA и даже повсеместным переходом на использование режима PPS. Напомним, что погрешность места в этом случае будет равна 22 м ($P = 0.95$).

Решение данной проблемы возможно при развертывании дифференциальных подсистем различного уровня с радиусом действия от 100 до 1000 и более миль, каналы передачи информации которых могут базироваться на использовании морских радиомаяков, связанных спутников и других средств связи. При этом, кроме повышения точности, можно обеспечить и заданное значение показателя целостности системы GPS.

В настоящее время реализованы по крайней мере три варианта развертывания дифференциальных подсистем (ДСНС):

1. *Создание сети контрольных станций на базе инфраструктур существующих радиомаячных служб и передача дифпоправок в средневолновом радиомаячном диапазоне волн.* Рабочая зона контрольной станции в зависимости от мощности передатчика имеет радиус порядка 100 – 150 миль, что вполне устраивает большую часть морских потребителей навигационной информации, поскольку вышеуказанная высокая точность нужна только в ограниченных районах. Кроме того привлекательным качеством данного варианта является сравнительно невысокая стоимость его реализации и возможность создания соответствующей службы в сжатые сроки. Так, Береговая охрана (БО) США уже завершила развертывание сети контрольных станций DGPS по всему побережью страны. В РФ закончены работы по вводу в действие контрольной станции на маяке Шепелевский и развернуты четыре станции в западном секторе Арктики.

Вместе с тем следует признать, что из-за расположения станций вдоль побережья их рабочие зоны лишь в незначительной степени перекрывают территорию страны. А это приводит к необходимости создания специальной службы для обеспечения интересов авиации и сухопутных служб внутри страны.

2. *Передача поправок в УВЧ диапазоне через геостационарные спутники системы ИНМАРСАТ.* Рабочая зона дифпоправок в данном случае увеличивается до 1000 миль от контрольных станций, однако канал передачи при этом становится платным (с повременным тарифом), что ограничивает

Таблица 2
Требования ИКАО к СНС

Характеристика	Фазы полета		
	на трассе	в воздушном пространстве аэропорта	заход на посадку категории I по приборам
Точность, м	1852	150 (по горизонтали)	24 (по горизонтали)
Глобальная доступность	0,9999	0,9999	0,9999
Показатель целостности, с	15	10	6

практическую ценность рассматриваемого варианта.

3. Передача дифпоправок через специальную радиосеть наземных передатчиков.

Представляется, что и в военной области ДСНС должны найти применение для обеспечения тех видов деятельности, где нужна прецизионная точность, например, при навигационно-гидрографическом обеспечении противоминных действий.

Одним из вариантов создания ДСНС, предназначенной для обеспечение широкого круга потребителей, включая авиацию, морской, речной и наземный транспорт, является система EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Satellite). Эта система аналогична другим подобным региональным системам, например, американской WAAS (Wide Area Augmentation System), японской MTSAT (Multi-functional Transportation Satellite) и австралийской AAAS. Ее разработка была начата в 1995 г. как следствие явного стремления западноевропейского сообщества к обеспечению своей независимости от США и, в частности, в области спутниковой навигации.

Идея построения системы EGNOS состоит в дополнении систем GPS и ГЛОНАСС навигационной аппаратурой, установленной на геостационарных КА спутниковой системы связи INMARSAT-III, развертывании соответствующей наземной инфраструктуры для наблюдения за КА и передачи через геостационарные спутники GPS-подобных псевдодальномерных навигационных сигналов, содержащих также информацию о целостности системы и дифпоправки в широкой зоне, чтобы удовлетворить главным образом требования гражданской авиации (которые перекрывают требования наземных и морских пользователей).

Система EGNOS будет обслуживать регион, охватывающий большинство стран Европы – членов ECAC (European Civil Aviation Conference), а также Турцию, Северное море и восточную часть Атлантического океана, который находится в зоне видимости геостационарных связных спутников AOR-E (над Атлантическим океаном) и IOR (над Индийским) системы INMARSAT- III.

EGNOS на стадии опытной эксплуатации будет удовлетворять требованиям обеспечения навигации на океанских маршрутах в зоне AOR-E, на континентальных маршрутах в зоне ECAC, а также дополнительным требованиям обеспечения навигации в воздушном пространстве аэропорта и при заходе на посадку категории I в части зоны ECAC. На стадии полноценной эксплуатации EGNOS будет обеспечивать все вышеуказанные требования во всей зоне ECAC. Передача информации о целостности систем позволит удовлетворить требование гражданской авиации, включая фазу полета в воздушном пространстве аэропорта.

Начало опытной эксплуатации EGNOS намечено на 1999 г., а полный ввод системы в строй – на 2001 г. [8].

Система типа EGNOS расширяет возможности систем GPS и ГЛОНАСС, но в то же время зависима от них, т.к. использует их КА. В перспективе предполагается создание полностью самостоятельной сначала европейской, а потом и глобальной гражданской СНС ГНСС-2. Однако, такие проекты пока находятся в стадии предварительного обсуждения. Одним из них является совместный германо-российский проект PROPASS (Pre-operational civil

navigation satellite system), который имеет целью создание европейского регионального сегмента системы ГНСС-2. При этом предусмотрено, что:

- система будет полностью независима от GPS и ГЛОНАСС;
- эксплуатация ее будет осуществляться под международным контролем;
- реализуется более высокая точность решения навигационной задачи;
- обеспечивается своевременное получение надежной информации о состоянии системы [8].

Подобная работа проводится и в США. Так Федеральный радионавигационный план ФРП-96 [5] содержит описание программ дальнейшей эксплуатации всех существующих радионавигационных систем. Указывается, что:

- для гражданской авиации необходим второй сигнал на дополнительной частоте L5. До того времени, когда он появится, Минобороны не будет ни уменьшать мощность сигналов в полосе L2, ни изменять текущую модуляцию кодов. Минобороны и Минтранс США в 1998 г. должны были совместно определить вторую гражданскую частоту, структуру и детальный план ввода в действие второго кодированного сигнала;

- правительство США в соответствии с действующими международными соглашениями не будет препятствовать использованию дифсистемы GPS в мирных целях;

- БО США 30 января 1996 г. объявила, что начата опытная эксплуатация морской части DGPS. В этой стадии контрольные станции DGPS обеспечивают точность 10 м ($P=0.95$), а при нарушении целостности системы выдают сигнал тревоги в пределах 10 с от момента появления нарушений в работе системы;

- морские радиомаяки, не задействованные в системе DGPS, предполагается вывести из эксплуатации к 2000 г.; аэрорадиомаяки кругового излучения, в зависимости от специфики условий их использования, предполагается выводить из действия начиная с 2000 г.

Сроки действия СНС США указаны в табл.3.

В мае 1998 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия) ИКАО провела конференцию, в работе которой приняло участие более 1 тыс. представителей 127 стран, различных международных и коммерческих организаций. На этом форуме обсуждался широкий круг проблем, относящихся к применению искусственных спутников Земли для всестороннего обеспечения деятельности воздушного транспорта [10].

Подавляющее большинство участников высказалось в пользу необходимости заключения международной конвенции, определяющей статус и все аспекты использования системы GPS для навигационного обеспечения гражданской авиации под эгидой ИКАО. По мнению большинства, широкое применение этой системы ставит страны-участницы в жесткую зависимость от США. Кроме того возникает множество проблем, связанных с организацией навигационного обеспечения полетов в национальных воздушных пространствах (в том числе и с оплатой этого вида деятельности), а также с тем, что исключительное применение американских стандартов дает несомненные преимущества американским производителям бортовой аппаратуры (особенно на пер-

спективном рынке автомобильных навигационных приборов).

Таблица 3

Этапы жизненного цикла СНС США

Система	Этапы		
	1995 г.	2000 г.	2005 г.
СНС GPS	[foc]		
Дифсистема БО США	[pc]	[sfo]	
Широкозонная дифсистема WAAS	[dev]	[ioc]	[foc]
Локальные дифсистемы США	[dev]		[ioc]

Условные обозначения:

- pc – частичное развертывание (partial covering) системы;
- sfo – система полностью развернута (system fully operation);
- dev – разработка системы (development);
- ioc – опытная эксплуатация (initial operational capability);
- foc – полный ввод в строй (full operational capability).

США и поддерживающие ее Канада, Австралия и Новая Зеландия считают, что такой документ, как международная конвенция, не нужен и вполне достаточно признания легитимности использования системы GPS для обеспечения полетов "по трассе", а национальный суверенитет должен распространяться только на средства обеспечения полетов в воздушном пространстве аэропортов.

Со своей стороны, ИКАО полагает, что международный статус GPS позволит организовать специальный фонд, за счет которого могут финансироваться работы по совершенствованию системы и, полностью или частично, компенсироваться эксплуатационные расходы, которые сейчас покрываются только за счет американских налогоплательщиков.

Таким образом, по вопросам использования СНС уже обнаружилось существенно различные позиции США и многих стран мира, в том числе всех развивающихся стран.

Направления развития как отечественных, так и зарубежных СНС во многом схожи. Применительно к СНС ГЛОНАСС с технической точки зрения нет препятствий к созданию комбинированной (интегрированной) аппаратуры потребителей совместно с зарубежными фирмами. Это позволило бы использовать зарубежную технологию и разработки в отечественных системах.

Выводы. Концепции космической деятельности ведущих стран предусматривают расширение международного сотрудничества в вопросах использования и исследования космического пространства с целью наращивания усилий по созданию в XXI веке эффективных глобальных космических средств, в том числе средств координатно-временного обеспечения. При этом:

1. Ожидается что к 2000 г. приемники СНС станут основным видом бортовой навигационной аппаратуры. Объем рынка средств спутникового координатно-временного обеспечения, по некоторым оценкам, возрастет к 2005 г. в 10 –20 раз.

2. В период до 2000 г. навигационное обеспечение гражданских нужд потребителей будет осуществляться с помощью СНС, функционирующих на основе традиционных методов управления (определение с помощью средств наземного комплекса управления параметров движения КА, закладка эфемерид и т.д.). В начале следующего века, по мере реализации разрабатываемых в настоящее время программ, возможно создание новых СНС, где в военных системах будет осуществлена автономная навигация их КА, а в гражданских спутники будут выполнять только функции ретрансляторов навигационной информации, вырабатываемой наземным комплексом управления.

3. Проблема создания гражданской глобальной системы координатно-временного обеспечения для удовлетворения требований массовых потребителей является особенно актуальной и значимой, оказывающей большое влияние на решение задач социально-экономического развития стран мирового сообщества. В этом плане ведущие страны уже приступили к созданию региональных гражданских СНС, нацеленных на удовлетворение в первую очередь требований гражданской авиации.

4. В целом достигнутый к настоящему времени уровень развития космического приборостроения позволяет создавать навигационные системы самой различной конфигурации и назначения, в связи с чем особенно актуальными становятся проблемы выбора их конкретного облика и обоснования реальных требований к технико-эксплуатационным характеристикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. GPS World, 1994, v.5, №9, p. 40.
2. GPS World, 1991, v/2, №3, p. 12–13.
3. GPS World, 1996, v.7, №9, p. 18.
4. Военная мысль, 1997, №6, с.73–77.
5. Federal Radionavigation Plan – 1996.
6. Болдырев В.И. и др. Доклад на 3-ей секции Второй международной конференции "Планирование глобальной навигации" (Москва, июнь 1997 г.).
7. Пересыпкин В.И. Деятельность ИМО по разработке эксплуатационных требований к техническим средствам навигации // Навигация и гидрография, 1997, №4, с.65–68.
8. Proceedings of the Institute of Navigation, International Technical Meeting, p. 1143–1150.
9. Радиотехника, 1996, №1, с. 74–77.
10. GPS World, 1998, v.9, №8, p. 12–17.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

С.П.БУРТНЫЙ
(ВМА им. адм. Н.Г. Кузнецова)

Обсуждается взаимосвязь понятий эффективности и качества функционирования РНС, необходимость постановки многокритериальной задачи оценивания, обоснования выбора основных функциональных свойств РНС, учета при выборе показателей эффективности деления моделей функциональных свойств на статические и динамические. Затронуты вопросы использования в ходе исследований основных концепций оценивания: пригодности, предпочтительности и адаптивизации. Приведена схема методики исследования эффективности функционирования РНС.

В практике навигационно-гидрографического обеспечения радионавигационные системы (РНС) используются для решения разнообразного круга задач и вопросам повышения их эффективности уделяется большое внимание.. Анализ различных источников показывает, что одним из недостатков исследований эффективности функционирования РНС является недооценка методологических аспектов. Это приводит к ошибкам практически на всех этапах исследования: от постановки задачи по определению эффективности действия РНС и метода выбора ее решения до интерпретации полученных результатов.

Исследования по созданию и совершенствованию РНС связаны, прежде всего, с решением трех основных задач системного анализа и системотехники [1]:

- а) анализом эффективности функционирования реальной РНС;
- б) выбором из некоторого конечного явно представленного множества вариантов системы или способов ее применения (стратегий) наиболее рационального (оптимального);
- в) системным и структурным синтезом РНС, удовлетворяющим тем или иным требованиям качества функционирования.

Необходимо подчеркнуть, что обязательным этапом при решении каждой из этих задач является процедура оценивания эффективности функционирования системы. Методологические особенности оценивания этого процесса, обсуждаемые ниже, обуславливаются, прежде всего, содержанием поставленной исследовательской задачи, не зависят от конкретной технической реализации системы и позволяют рассматривать РНС на самом общем уровне (в виде "черного ящика").

В общеконцептуальном плане суть методологии оценивания состоит в наблюдении за объектом оценивания (РНС), разработке, создании или выборе другого объекта, в некотором смысле сходного с первым (так называемой модели), исследовании нового объекта с целью применения выводов и умозаключений для первого объекта [1]. В этой связи можно указать ряд методо-

логических особенностей оценивания эффективности функционирования РНС.

Одна из них связана с определением процесса функционирования, являющегося объектом оценивания, как упорядоченной совокупности взаимосвязанных действий, направленных на достижение определенной цели и преобразование некоторые ресурсы в требуемый результат [2,3]. Особенность данной трактовки заключается в абстрагировании собственно процесса функционирования от технических средств (рис.1).

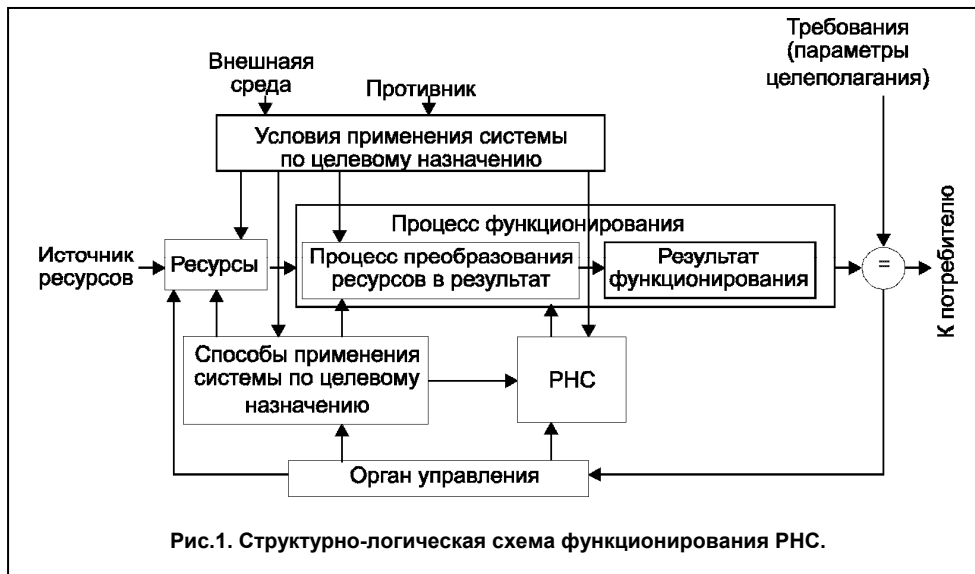


Рис.1. Структурно-логическая схема функционирования РНС.

Из приведенной на рис.1 схеме видно, что процесс функционирования характеризуется результатом функционирования по целевому предназначению и качеством преобразования ресурсов в результат. При этом существенными факторами, влияющими на эффективность функционирования, являются совершенство технических средств системы, условия и способы ее использования, а также задействованные в ходе функционирования ресурсы (материальные, временные и т.п.). Рассмотрение этих факторов необходимо лишь в той мере, в какой они обуславливают основные (существенные для анализа) функциональные свойства РНС.

Такое представление процесса функционирования РНС позволяет установить взаимосвязь между его качеством и эффективностью, что имеет определенное методологическое значение. Зачастую отождествляемые понятия качества функционирования и эффективности функционирования РНС на самом деле не являются эквивалентными. Качество функционирования может оцениваться как в отношении отдельных функциональных свойств, так и по их совокупности. Оно охватывает эффективность, но не сводится к ней. Эффективность является только одним из свойств процесса функционирования, хотя и наиболее общим, интегральным, с помощью которого определяют соответствие реального результата функционирования требуемому. Совпадение этих понятий возможно лишь в частном случае – при оценивании каче-

ства функционирования РНС в свете достижения главной цели, связанной с предназначением системы. Отсюда следует, что в зависимости от целей исследования и условий решения оценивание качества функционирования РНС может являться как однокритериальной, так и многокритериальной задачей. Корректная же постановка задачи оценивания эффективности как интегральной характеристики в общем случае допускает только многокритериальную трактовку.

Функциональные свойства РНС, характерные для процесса преобразования ресурсов в результат (управляемость, устойчивость, длительность и т.п.), отличаются от свойств результата функционирования РНС (например точности, доступности). Эти отличия приводят к двум важным последствиям. Первое заключается в разделении моделей функциональных свойств РНС на две специфические группы: модели, отражающие динамику процесса функционирования (модели свойств собственно процесса преобразования ресурсов в результат) и статические модели процесса функционирования (модели свойств результата функционирования). Второе – в возникновении на этой основе двух относительно независимых (непересекающихся) систем показателей эффективности исследуемого процесса, что сказывается на процедурах скаляризации, агрегирования этих показателей.

Наряду с рассмотренной интерпретацией понятия процесса функционирования еще одним важным аспектом, имеющим методологическое значение, является подход к задаче оценивания эффективности функционирования РНС как частному случаю задачи выбора [3].

Действительно, легко убедиться, что цель процесса оценивания состоит в выработке суждения об эффективности функционирования РНС, количественная характеристика (показатель) которого приняла измеренное значение, а получение только количественной оценки практически никогда не является самоцелью. Следовательно, оценивание следует понимать как процедуру принятия решения об эффективности функционирования системы, что имеет ряд последствий методологического характера.

Во-первых, любое принятие решения принципиально основано на решении задачи выбора. При этом объекты выбора могут быть заданы либо в виде дискретного конечного набора вариантов построения системы или способов ее применения по назначению, либо в виде непрерывного замкнутого ограниченного множества значений варьируемых компонентов векторного показателя или управляемых параметров (пространства ТТХ системы) [4]. Другими словами, при оценивании эффективности функционирования РНС в зависимости от способа задания и мощности множества объектов выбора может осуществляться как сравнительная оценка вариантов (объекты выбора заданы дискретно), так и наиболее характерное для практики оценивание по единичному показателю (множество объектов выбора содержит только один элемент), что предполагает использование соответствующих методов решения этих задач.

Отметим, что распространенность в исследованиях единичных показателей (особенно обобщенных) зачастую обусловлена не столько условиями решаемой задачи, сколько их необычайной привлекательностью с точки зрения простоты выполнения различных оперативно-тактических расчетов. В

методологическом отношении это можно объяснить объективными трудностями многокритериального оценивания эффективности функционирования РНС, связанными с недостаточным уровнем развития его теории. Отсюда и отсутствие соответствующих приложений прикладного характера.

Во-вторых, из данного подхода следует, что процесс оценивания эффективности функционирования РНС должен реализовываться в два этапа. На первом производится измерение (определение, вычисление) показателей эффективности функционирования системы, которое может быть интерпретировано как оценивание по критерию равенства значения показателя одной из отметок некоторой эталонной шкалы качества. А на втором – собственно оценивание эффективности функционирования системы по принятому критерию, позволяющему вынести суждение об эффективности объекта оценивания. Ограничение исследований только первым этапом приводит к их незавершенности, неправильной интерпретации полученных результатов.

В-третьих, подход к оцениванию с точки зрения решения задачи выбора требует использования в методологии исследований соответствующих теоретических положений. Речь идет прежде всего о критериях концепций оценивания (иногда их называют концепциями выработки решений, рационального поведения систем) – пригодности, предпочтительности, адаптивизации [5].

Применимость используемых в концепциях критериев в задачах оценивания определяется целями проводимых исследований. Так, критерий пригодности является наиболее простым и одновременно наиболее распространенным в практике исследований, позволяющим говорить о выборе лишь в смысле отнесения показателей эффективности РНС к подмножествам пригодных или непригодных объектов. При этом все пригодные или непригодные в соответствии с критерием объекты выбора являются равноценными и обладают одинаковой эффективностью. Критерий предпочтительности более универсален и применяется при решении задач двух классов: оценивания превосходства (ранжирования), если целью исследований является упорядочение объектов выбора по предпочтительности, и оценивания оптимальности объектов выбора – при выявлении наиболее предпочтительного объекта. При этом следует иметь в виду, что о предпочтительности объекта выбора можно говорить лишь по отношению к конкретным РНС, условиям и моменту времени. Концепция адаптивизации представляется наиболее гибкой и целеустремленной и применяется, как правило, в условиях существенной неопределенности, однако из-за недостаточной теоретической проработки широкого распространения при оценке эффективности РНС пока не получила.

Использование при решении задач оценивания эффективности функционирования РНС основных положений теории принятия решений связано с преодолением ряда проблем методологического характера. Поскольку пригодность объекта выбора всегда рассматривается по отношению к определенной цели его использования, пространство которой адекватно описывается совокупностью функциональных свойств, то прежде всего из содержательной формулировки этой цели могут быть выявлены показатели, характеризующие его пригодность. Однако следует

отметить, что применительно к процессу функционирования РНС существует достаточно обширный спектр функциональных свойств (например, точность, доступность, целостность, автономность и т.д.) и характеризующих их показателей, которые в различной степени и в разных отношениях отражают цель функционирования системы, в связи с чем возникает с одной стороны проблема выбора наиболее существ-



венных функциональных свойств, представляющих собой предмет оценивания, а с другой – проблема выбора показателей эффективности. И если последняя в той или иной степени нашла свое отражение в существующем научно-методическом аппарате, то проблема выбора функциональных свойств в настоящее время решается не иначе, как в виде произвольного их назначения, продиктованного исключительно субъективными взглядами исследователя. Последствия такого положения вещей очевидны: неправильный или неполный выбор указанных свойств (как и показателей эффективности) не позволяет гарантировать учет всех существенных в смысле цели функционирования РНС и частных целей исследования факторов, а, следовательно, и корректное решение задачи оценивания.

Методологический аспект оценивания эффективности функционирования РНС с помощью критерия предпочтительности состоит прежде всего в том, что однозначное установление отношений предпочтения возможно только в случае, когда показатель эффективности функционирования является скаляром, а условия функционирования детерминированы. На этой почве при решении задач оценивания эффективности функционирования возникают известные проблемы скаляризации векторных показателей и детерминизации условий стохастической определенности и неопределенности, решению которых подчас, как показывает анализ, не уделяется должного внимания.

Учитывая сказанное, представляется целесообразной схема исследования эффективности функционирования РНС, показанная на рис.2.

Основные акценты в ней проставлены на экспликации цели функционирования РНС в виде функциональных свойств, построении моделей основных функциональных свойств и выборе адекватных решаемым задачам методов оценивания эффективности исследуемого процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников Б.А. Системный анализ и методы системотехники. Ч.1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем. –М.: МО СССР, 1990.
2. Надежность и эффективность в технике. Т.1. Методология. Организация. Терминология. /Под редакцией А.И.Рембезы. –М.: Машиностроение, 1986.
3. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Ч.1. Методология, методы, модели. –М.: МО СССР, 1989.
4. Захаров И.Г. Теория компромиссных решений при проектировании корабля. –Л.: Судостроение. 1987.
5. Надежность и эффективность в технике. Т.3. Эффективность технических систем. /Под редакцией В.Ф.Уткина, Ю.В.Крючкова. –М.: Машиностроение, 1988.

**АДАПТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ
АБОНЕНТОВ МНОГОСПУТНИКОВЫХ НИЗКООРБИТНЫХ
СЕТЕВЫХ СИСТЕМ**

С.А. ЯСЬКО
(ВИКА им.А.Ф.Можайского)

Представлен новый подход к решению задачи обеспечения требуемой точности и оперативности навигационных определений низкодинамичных абонентов многоспутниковых низкоорбитных сетевых систем без использования навигационного поля спутниковых навигационных систем, т.е. на основе совместных протоколов измерений и передачи информации при проведении сеанса связи одноканальным абонентским терминалом со спутником – узлом сети. Относительная новизна подхода заключается в учёте подчинённости протокола навигации основному протоколу связи и особенностей построения и функционирования рассматриваемых сетевых систем.

1. Особенности навигационных определений абонентов многоспутниковых низкоорбитных сетевых систем и требования к точности и оперативности их навигационного обеспечения. Задачу навигационных определений абонентов многоспутниковых низкоорбитных сетевых систем (МНСС) предлагается решать с учётом подчинённости протокола навигации основному протоколу связи и передачи информации.

Анализ требований потенциального круга пользователей к точности и оперативности их навигационного обеспечения и основных характеристик перспективных МНСС позволяет сделать вывод о возможности, а главное – целесообразности навигационных определений абонентов МНСС без использования навигационного поля СНС ГЛОНАСС в силу следующих причин:

- * возможности совместного использования протоколов измерений и передачи информации в сети;

- * наличия на каждом КА МНСС собственных эфемерид и альманаха системы для реализации алгоритмов адаптивной маршрутизации пакетов сообщений в космическом сегменте;

- * необходимости формирования и оперативного уточнения навигационного каталога всех зарегистрированных абонентов для поддержания режима устойчивого функционирования МНСС;

- * требования к меньшему объёму навигационных данных, передаваемых по запросу в радиолинии "Борт-Земля".

Таким образом, задача навигации, при её подчинённости основной задаче связи, должна решаться на основе совместных протоколов измерений текущих навигационных параметров (ТНП) и передачи информации, а также с учётом следующих особенностей построения и функционирования рассматриваемых систем:

- принципиальной несинхронности бортовых генераторов КА-узлов, составляющих космический сегмент МНСС;
- пакетного режима передачи информации;
- асинхронного доступа абонента в сеть;
- низкой стабильности стандартов частоты на КА-узлах сети;
- одночастотного режима работы абонента с сетью.

Следует отметить, что не всем абонентам требуются навигационные определения. В связи с этим, для решения задач связи (т.е. для устойчивого функционирования системы [1]) любая МНСС нуждается в периодическом обновлении навигационного каталога всех зарегистрированных абонентов. Этот режим предназначен обеспечить устойчивое функционирование МНСС по целевому назначению и его длительность должна быть минимальной с тем, чтобы не снижать производительность всей сети. Следовательно, длительность обновления навигационного каталога – это качественный показатель функционирования МНСС. Он будет зависеть от максимально необходимого времени на навигационные определения каждого абонента, которое, которое, в свою очередь, определяется точностными требованиями установления и поддержания связи с абонентами в ходе сеанса.

В соответствии с этим существует две категории требований к точности навигационных определений абонентов МНСС. Первая связана с выполнением абонентами собственных целевых задач и предполагает достижение максимально возможной точности навигационных определений в рамках МНСС (среднеквадратическая погрешность – СКП – пространственного местоположения абонента $\sigma \leq 100$ м). Вторая категория определяется оперативностью установления связи с вызываемым абонентом. Здесь точностные требования ограничиваются временем оперативного определения района его нахождения и зависят от размера области земной поверхности, обслуживаемой бортовой антенной КА-узла МНСС. Установка фазированных антенных решёток (ФАР) на борту КА-узлов сети существенно увеличивает количество обслуживаемых абонентов, что делает такие МНСС наиболее перспективными в информационном плане. В этом случае σ абонента не должна превышать 80–90 м.

Таким образом, стоит задача удовлетворения двух противоречивых категорий требований по точности и оперативности навигационных определений абонентов на основе совместных протоколов измерений и передачи информации путём выбора соответствующего состава и способа измерений ТНП, варианта эфемеридного обеспечения КА-узлов и разработки алгоритмов решения навигационных задач, адаптивных к количеству КА-узлов сети, задействованных в сеансе связи, несинхронности бортовых генераторов КА-узлов космического сегмента МНСС, пакетному режиму передачи данных и к объёму полученного массива измерений ТНП.

2. Постановка задачи навигационных определений абонентов МНСС. Необходимость использования при разработке алгоритмов навигационных определений абонентов статистических методов оценивания вытекает из принципов построения и функционирования МНСС, а также условий и последовательности работы абонентской аппаратуры в ходе сеанса связи.

В основе первого алгоритма лежит классический метод максимального правдоподобия (ММП). Пусть в дискретные моменты времени сеанса связи t_k , $k = 1, \dots, n$, в соответствии с темпом поступающих абоненту через сеть данных, проводятся навигационные измерения

$$Y = A(X) + \varepsilon, \quad (1)$$

где Y – n -мерный вектор измерительных отсчетов, состав которого определяется выбранными способами измерений ТНП;

$A(X)$ – известная векторная, в общем случае нелинейная, функция определяемого m -мерного вектора состояния X ;

ε – вектор случайных аддитивных погрешностей измерения с известной плотностью распределения вероятностей $w(\varepsilon)$.

Положим, что погрешности измерений ε ТНП в сеансе связи распределены по нормальному закону с нулевым средним и корреляционной матрицей D_ε , т.е. $\varepsilon \sim N(0, D_\varepsilon)$. В этом случае искомая ММП-оценка вектора параметров X для линеаризованного уравнения (1) определяется линейным операторным уравнением

$$\hat{X} = (A^T D_\varepsilon^{-1} A)^{-1} A^T D_\varepsilon^{-1} Y. \quad (2)$$

Если навигационные измерения, составляющие выборку Y , однородны, независимы и равноточны ($D_\varepsilon = \sigma_\varepsilon^2 I$), то ММП-оценка совпадает с классической оценкой методом наименьших квадратов (МНК)

$$\hat{X} = (A^T A)^{-1} A^T Y. \quad (3)$$

На практике применение методов несмещенного оценивания вида (2) оправдано при $n \gg m$. Следовательно, при проведении сеанса связи одноканальным абонентским терминалом с несколькими КА МНСС, имеющими несинхронизированные между собой бортовые генераторы, могут быть получены такие объемы измерительной информации (ТНП), что даже при необходимости учета расхождения шкал времени абонента с каждым КА достаточно жесткие требования первой категории по точности местоопределения абонентов будут удовлетворены при решении навигационной задачи по ММП. При этом размерность вектора оцениваемых параметров абонента m будет зависеть от S_{KA} – количества КА МНСС, задействованных в сеансе связи – $m = m(S_{KA})$.

Рассмотрим иную ситуацию, когда главной целью является определение района нахождения абонента за минимальное время (единицы минут). При последовательных измерениях по 1 КА массив ТНП будет мал и навигационная задача должна решаться по ограниченным данным. При этом необходимо вписаться в точностные требования второй категории за минимальное время наблюдения КА.

В [2,3] показано, что в условиях малой измерительной выборки существует единственный путь обеспечения требуемой точности и оперативности получения оценки вектора параметров X – отказ от требований несмещенности оценки и переход к методам смещенного, в частности, регуляризов

регуляризованного редуцированного оценивания.

В этом случае в качестве приближенного решения линеаризованного уравнения (1) вместо традиционной ММП-оценки (2) следует принимать значение

$$X_{\alpha}^{*} = (A^T D_{\varepsilon}^{-1} A + \alpha C)^{-1} (A^T D_{\varepsilon}^{-1} Y + \alpha C X_{on}), \quad (4)$$

где C – некоторая симметричная положительно определенная матрица.

Применение таких оценок при соответствующем выборе параметра регуляризации α не только предпочтительнее по сравнению с оценками (2) или (3), но и необходимо для обеспечения сходимости итерационного процесса решения навигационной задачи абонентом МНСС при непродолжительных сеансах связи (а также для сокращения длительности режима формирования и уточнения навигационного каталога всех зарегистрированных абонентов системы).

3. Эфемеридное обеспечение КА-узлов МНСС и состав текущих навигационных параметров. Среди возможных методов эфемеридного обеспечения КА наиболее рациональным для КА-узлов МНСС является использование навигационного поля СНС ГЛОНАСС. В этом случае на борт каждого КА-узла сети устанавливается аппаратура потребителя (АП) этой системы. Процедура эфемеридного обеспечения сводится к периодическому самоопределению КА по навигационному полю СНС ГЛОНАСС и краткосрочному прогнозу параметров движения до момента следующего самоопределения.

Согласно [4], результаты навигационных определений любого низкоорбитного КА с использованием АП совпадают с результатами расчетов параметров его орбиты по результатам траекторных измерений с ошибкой в пределах 10 – 30 м при одновременном наблюдении четырех навигационных спутников. Учитывая это обстоятельство, установка АП на борт КА-узла МНСС позволит ему постоянно получать навигационные определения с погрешностью менее 50 м.

Рассматривая задачу проведения измерений ТНП в сеансе связи, следует отметить, что для низкоорбитных группировок КА традиционными и наиболее информативными являются доплеровские способы измерений ТНП [5]. Однако, поскольку длительность информационной части пакетов в перспективных спутниковых системах составляет десятки миллисекунд [1, 6], точностные характеристики этих методов оказываются неудовлетворительными [7, 8]. В связи с этим предлагается использовать известный способ беззапросного измерения псевдодальности, но с учетом пакетного режима работы МНСС.

4. Потенциальные возможности псевдодальномерного метода навигационных определений. В силу беззапросного способа измерений псевдодальности величина систематической ошибки ΔR_i значительна, следовательно в ходе решения навигационной задачи она должна оцениваться наряду с составляющими вектора положения и вектора скорости абонента. Исследуем точностные возможности этого метода с помощью имитационной модели, полагая что абонент неподвижен, а его терминал оснащен опорным генератором с относительной нестабильностью частоты $\gamma = 10^{-8}$.

Решение навигационной задачи осуществлялось согласно (3) по данным последовательных измерений псевдодальностей относительно одного КА-узла, находящегося в зоне видимости абонента, при равномерном распределении n измерений с интервалом 5 с. В качестве входных возмущений задавались погрешности эфемерид и флуктуационные погрешности измерений с СКП $\sigma_R = 15$ м. Обсервации абонента проводились в 24 точках, разнесённых по поверхности Земли. В каждой из них последовательными приближениями проводилось 50 реализаций. Возмущения входных параметров задавались по случайному закону, с нормальным распределением и нулевыми математическими ожиданиями.

В качестве результирующей оценки точности навигационных определений вычислялось средневыборочное значение $\delta\bar{R}$ полной погрешности положения абонента в пространстве

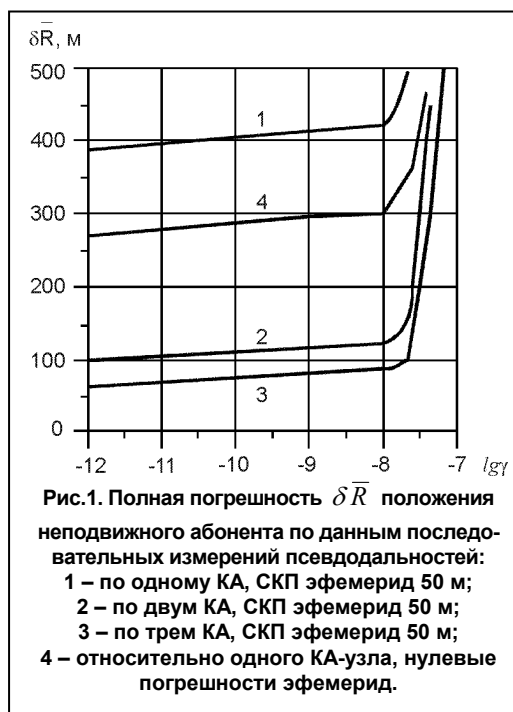
$$\delta\bar{R} = \sqrt{(x_A - \hat{x}_A)^2 + (y_A - \hat{y}_A)^2 + (z_A - \hat{z}_A)^2},$$

полученное по $24 \times 50 = 1200$ реализациям.

Результаты моделирования при нулевых погрешностях эфемерид показывают (рис.1), что при $\gamma = 10^{-8}$ получающиеся значения $\delta\bar{R}$ для решения абонентами целевых задач в данном случае не являются удовлетворительными.

Аналитические оценки точности навигации абонента по нескольким КА по методике [9] позволяют получить предельные СКП оценок компонент вектора поправок к опорному положению абонента при наличии у абонента и на КА высокостабильных опорных генераторов (с $\gamma < 10^{-11}$ и менее). Естественно при этом, что высокая точность навигации может быть достигнута при продолжительном времени работы абонента с сетью.

5. Алгоритм навигационных определений абонента в условиях несинхронизированной спутниковой сети. Возможно ли при этих условиях добиться требуемой точности навигационных определений абонента за счет введения в вектор состояния неизвестных величин Δt , характеризующих систематические ошибки измерений ТНП между абонентом и каждым конкретным КА-узлом МНСС?



При решении навигационной задачи размерность вектора состояния абонента $m = m(S_{KA})$ зависит от количества КА, по которым абонент последовательно проводил измерения (принимал информацию). При работе по одному КА вектор состояния X является четырехмерным – $X = [x_A, y_A, z_A, \Delta t^\mu]^T$, а последовательно по двум КА – пятимерным – $X = [x_A, y_A, z_A, \Delta t^\mu, \Delta t^\nu]^T$,

где x_A, y_A, z_A – координаты абонента;

Δt^μ – расхождение шкал времени между бортовыми генераторами μ -го КА и абонента;

Δt^ν – расхождение шкал бортовых генераторов абонента и второго (ν -го) КА и т.д.

Поскольку вектор измерений Y по составу однороден, то при некоррелированных и равноточных измерениях обработка полученного массива n по МНК $\hat{X} = (A^T A)^{-1} A^T Y$ сводится к решению системы нормальных уравнений.

Рассмотренный принцип расширения вектора состояния абонента в зависимости от числа КА, задействованных в сеансе связи, представляет собой адаптацию классического алгоритма навигационных определений по МНК к условиям несинхронизированной сети. Здесь, в отличие от ГЛОНАСС, размерность вектора состояния объекта величина всегда переменная.

Оценка точности навигационных определений неподвижного абонента с помощью имитационного моделирования показывает (см. рис.1), что для абонентского терминала с опорным генератором $\gamma = 10^{-8}$ величина $\delta \bar{R}$ снижается до 85–90 м при работе абонента с тремя КА, что является вполне удовлетворительным результатом для обеспечения точностных требований первой категории.

На рис.2 представлены результаты моделирования, отражающие зависимость величины $\delta \bar{R}$ подвижного абонента от абсолютной ошибки его путевой скорости.

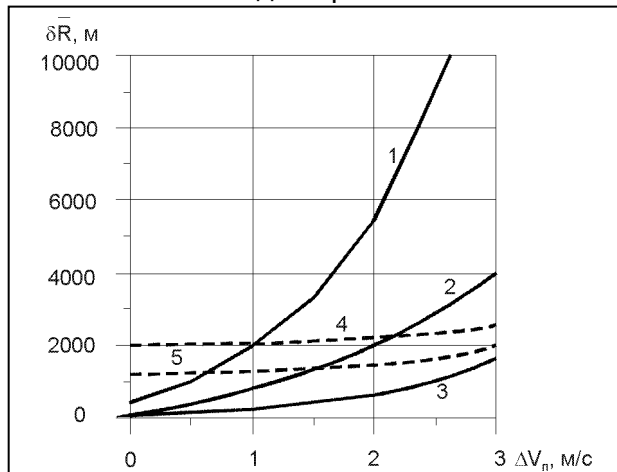


Рис.2. Полная погрешность $\delta \bar{R}$ положения подвижного объекта от абсолютной ошибки его путевой скорости при включении в вектор оцениваемых параметров координат абонента и расхождения шкал времени (— кривые 1,2,3) или составляющих скорости абонента (----- кривые 4,5): 1 – при работе с одним КА; 2, 4 – при работе с двумя КА; 3, 5 – при работе с тремя КА.

На основании представленных результатов можно сделать вывод о том, что точностные требования первой категории могут быть удовлетворены для абонентов, движением которых в ходе сеанса связи можно пренебречь, либо при использовании информации о путевой скорости от автономных бортовых

средств. При этом удовлетворительная точность навигационных определений достижима при работе по трём КА, с условием, что абсолютная ошибка путевой скорости не превышает 0,5 м/с.

6. Квазиоптимальный регуляризованный алгоритм навигационных определений. Необходимым условием применимости МНК является условие полного ранга матрицы производных A_k , $k = 0, 1, \dots$. Для некоторых нелинейных регрессий условие $|A_k^T A_k| > 0$ может не выполняться. В практике навигационных определений такая ситуация возникает при совпадении плоскостей движения абонента и КА.

Более распространенной ситуацией является случай плохой обусловленности матрицы $A_k^T A_k$ из-за малого объема измерительной выборки и при неудовлетворительных геометрических условиях измерений ТНП, когда навигационные измерения проводятся на части зоны радиовидимости КА. Именно для подобных ситуаций эффективны методы оценивания, основанные на понятии гребневой регрессии [10], одним из наиболее удачных вариантов которой является метод Марквардта. При его использовании матрица C в (4) трансформируется в диагональную, с элементами, совпадающими с диагональными элементами матрицы $A_k^T A_k$. Основываясь на этом, получим

$$\hat{X}_{k+1} = \hat{X}_k + (A_k^T A_k + \alpha_k D_k)^{-1} A_k^T [Y - A(\hat{X}_k)], \quad k = 0, 1, \dots \quad (5)$$

где $(D_k)_{ii} = (A_k^T A_k)_{ii}$; $i = 1, \dots, m$; $(D_k)_{jl} = 0$ ($l \neq j$); α_k – параметр регуляризации, вычисляемый на каждом шаге итерационного процесса.

Т.к. итерационный процесс (5) является квазиградиентным, то для определения α_k зададимся некоторым предельным углом β между векторами поправки и антиградиента – $0^\circ < \beta < 90^\circ$ и выберем $\alpha_k > 0$ так, чтобы на каждой итерации выполнялось равенство

$$\cos \left[\overset{\wedge}{q_k, P_k(\alpha_k)} \right] = \cos \beta, \quad (6)$$

где $P(\alpha_k) = \frac{1}{2} (A_k^T A_k + \alpha_k D_k)^{-1} q_k$ – вектор поправки гребневой оценки;

$$q(\hat{X}) = -\frac{\partial F}{\partial X} = 2 A^T (\hat{X}) [Y - A(\hat{X})] – антиградиент.$$

Следуя [11], значение α_k находим через аппроксимацию левой части (6) в окрестности выбранного приближения $\tilde{\alpha}$ к точному решению α^* гиперболической функцией вида

$$c(\alpha) = 1 - \frac{a}{a+b} \quad (7)$$

с параметрами $a, b > 0$, после вычисления которых решение уравнения (6) выглядит как

$$\alpha_k = \frac{a}{1 - \cos \beta} - b. \quad (8)$$

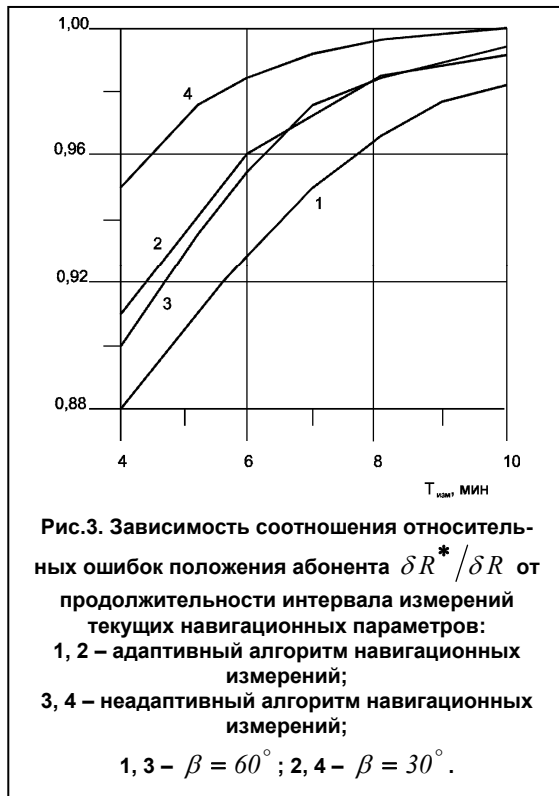
Таким образом, предлагается метод определения квазиоптимального значения параметра регуляризации α_k , который основывается на эвристическом подходе к выбору угла β . Бесспорным преимуществом предлагаемого метода является тот факт, что вычисление параметра α происходит через известные величины, необходимые для формирования оценки по МНК, и не требуется расчета дополнительных неизвестных.

Итак, на k -ой итерации значение α_k находится следующим образом.

Если $\cos \left(\overset{\wedge}{P_k, q_k} \right) \geq \cos \beta$, то $\alpha_k = 0$. Если $\cos \left(\overset{\wedge}{P_k, q_k} \right) < \cos \beta$, находим значение

α_k по формуле (8).

На рис.3 представлены результаты моделирования, отражающие зависимость соотношения относительных ошибок положения $\delta \bar{R}^* / \delta \bar{R}$ ($\delta \bar{R}^*$ – ошибка пространственного положения) от продолжительности интервала измерений ТНП при двух значениях угла $\beta = 60^\circ$ и 30° соответственно. Кривые 1 и 2 представляют собой зависимости $\delta \bar{R}^* / \delta \bar{R}$ для адаптивного и неадаптивного (с фиксированным параметром регуляризации при $k=1$) алгоритмов навигационных определений (5) по сравнению с МНК. Видно, что регуляризованные алгоритмы точнее МНК, причём точность их оценок повышается при уменьшении интервала измерений $T_{изм}$ и достигает 12 и 9 % соответственно для адаптивного и неадаптивного алгоритмов. Несомненно адаптивный алгоритм точнее неадаптивного на 2–3%. Это объясняется лучшей сходимостью адаптивного алгоритма при увеличении угла между векторами поправки и антиградиента. Кроме того, точность как адаптивного, так и неадаптивного алгоритма по сравнению с МНК увеличивается с увеличением порогового угла β . Это объясняется тем, что при большем β вычисленное значение α_k лежит ближе к оптимальному значению. Однако



нельзя выбирать заведомо большие значения угла β , т.к. может возникнуть

ситуация, когда даже на первой итерации $\cos \left(\overset{\wedge}{P_1, q_1} \right) \geq \cos \beta$ и $\alpha_k = 0$. Тогда

навигационная задача будет решаться по МНК с потерей точности, а возможно и сходимости процесса. Как показывают исследования, удовлетворительным является выбор значений $\beta \approx 60^\circ$.

Наиболее интересная с практической точки зрения ситуация представлена на рис.4, где интервал измерения $T_{изм} = 3$ мин. Видно, что навигационная задача, решаемая по МНК (кривая 2), не имеет истинного решения, т.к. итерационный процесс расходится. Однако адаптивный регуляризованный алгоритм (кривая 1) обеспечивает сходимость итерационного процесса за 11 циклов, при этом ошибка пространственного положения $\delta \bar{R}^*$ не превосходит 70 км, что является вполне удовлетворительным для решения задач связи в МНСС и уточнения навигационного каталога абонентов системы.

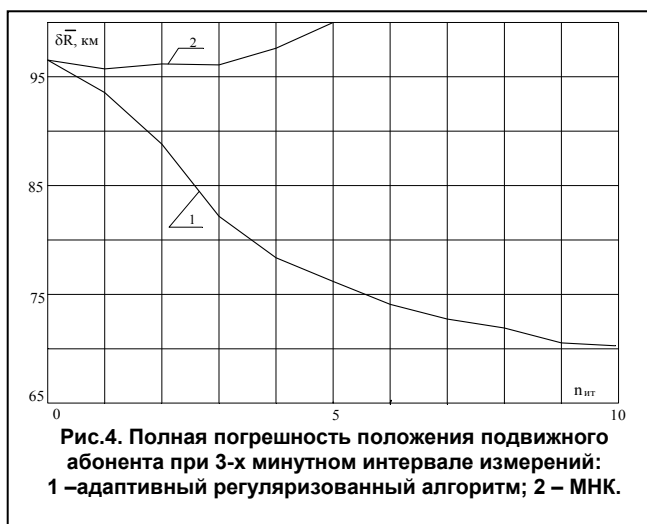


Рис.4. Полная погрешность положения подвижного абонента при 3-х минутном интервале измерений: 1 – адаптивный регуляризованный алгоритм; 2 – МНК.

Необходимо отметить, что устойчивое решение навигационной задачи по МНК обеспечивается за интервал времени $T_{изм} = 6$ мин при любом относительном расположении абонента и КА. При меньших измерительных интервалах гарантированную сходимость имеет только адаптивный регуляризованный алгоритм. Следовательно, его использование для навигационных определений в абонентском терминале является обязательным, т.к. при гарантированной сходимости итерационного процесса длительность проведения режима уточнения навигационного каталога абонентов системы может быть вдвое сокращена.

Следовательно, для обеспечения точности навигационных определений второй категории и оперативного проведения режима уточнения навигационного каталога в абонентские терминалы необходимо ввести в качестве константы значение $\beta = 60^\circ$. В этом случае, если измерительная выборка мала и текущий угол между векторами поправки и антиградиента велик

$\cos \left(\overset{\wedge}{P_k, q_k} \right) < \cos \beta$, то в работу включается алгоритм (5). Если измерительная

выборка достаточно представительна и на первый план выходят требования обеспечения максимальной точности местоопределения абонента, то навигационная задача будет решаться по МНК с расширением вектора состояния абонента.

Таким образом, можно утверждать, что для обеспечения высокого качества функционирования МНСС и придания ей дополнительной функции по навигационному обеспечению абонентов в их терминалах необходима реализация разработанных адаптивных алгоритмов навигационных определений. В этом случае спектр задач, решаемых МНСС, расширяется; кроме того в сложной обстановке могут выполняться резервные функции по навигационному обеспечению низкодинамичных потребителей ГЛОНАСС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тамаркин В.М., Невдяев Л.М., Сергеев С.И. Низкоорбитальные системы спутниковой связи. М.: ЦНТИ "Информсвязь", 1995, 96 с.
2. Муравьев А.В., Степанов М.Г., Щербаков И.Ф. Использование методов смещённого оценивания при обработке результатов радиоизмерений. ЦНТИ "Поиск", 1987, сер.VIII, № 92, 44 с.
3. Степанов М.Г. Стохастическое редуцированное оценивание вектора состояния линейной динамической системы // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, 1984, № 4. С.221–225.
4. Кудрявцев И.В., Мищенко И.Н., Волынкин А.И. и др. Под ред. В.С.Шебшаевича // Бортовые устройства спутниковой радионавигации. М.: Транспорт, 1988, 201 с.
5. Волосов П.С., Дубинко Ю.С., Мордвинов Б.Г., Шинков В.Д. Судовые комплексы спутниковой навигации. Л.: Судостроение, 1983, 248 с.
6. Ададуров С.Е., Астанин А.В., Корниенко А.А., Мальцев Г.Н., Рязанов С.Н., Степанов М.Г., Тараненко П.Г. Проблемы построения многофункциональных систем сбора и передачи информации на базе многоспутниковых низкоорбитальных сетей // Проблемные вопросы сбора, обработки и передачи информации в сложных радиотехнических системах: Сборник научных трудов. Вып.1, Ч.1. – СПб, Изд. АИН РФ, 1994. С.17–20.
7. Степанов М.Г., Ададуров С.Е., Ясько С.А. О целесообразности навигационных определений абонентов в многоспутниковых низкоорбитальных системах связи. Навигация и гидрография, 1996, № 3. С. 60–67.
8. Ясько С.А., Чупин Д.Ю. Проблемы и возможности навигационных определений в многоспутниковых системах связи. Навигация и гидрография, 1996, № 2. С. 46–52.
9. Неволько М.П., Сильвестров С.Д., Архангельский В.А., Михайлов А.В., Кульнев В.В. Методы повышения точности навигационных определений приземных объектов при использовании спутниковой навигационной системы. Космические исследования, 1985, т. 23, вып. 6. С.820–828.
10. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии. М.: Финансы и статистика, 1981, 302 с.
11. Демиденко Е.З. Регрессия и оптимизация. М.: Наука, 1989, 296 с.



СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ГИДРОГРАФИИ, МОРСКОЙ КАРТОГРАФИИ И ГЕОФИЗИКИ

ГРНТИ 78.21.39.17

О МОДЕЛИ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ МОРЯ

Б.Е.ИВАНОВ
(Гос.НИНГИ МО РФ)

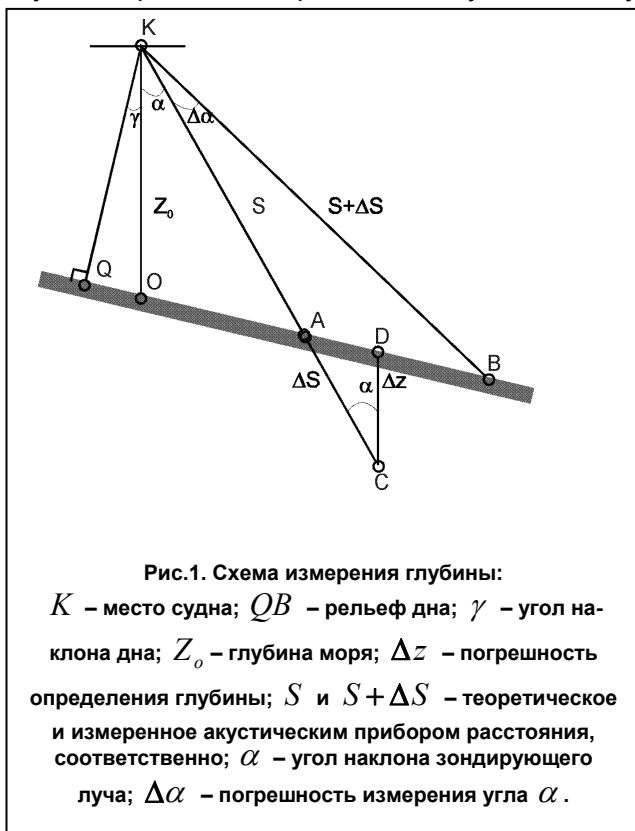
Получена зависимость плотности распределения погрешности определения глубины моря от погрешностей измерения угла наклона зондирующего луча и наклонного расстояния.

При оценке точности съемки рельефа дна обычно используется средняя квадратическая погрешность (СКП) определения глубины [1]. Однако для навигации по геофизическим полям и для решения ряда других задач, когда используются оптимизационные методы обработки измеренных величин, необходимо иметь более сложную модель погрешности. К такой модели можно отнести зависимость плотности распределения погрешности определения глубины моря от погрешностей измерения угла наклона зондирующего луча и наклонного расстояния. Получение такой зависимости рассматривается ниже.

Пусть судно с акустическим прибором для измерения глубины находится в точке K , в которой глубина моря равна Z_0 (рис.1). В зоне действия погрешностей измерений рельеф дна QB имеет постоянный угол наклона γ . Зондирующий луч наклонен от вертикали на угол α . Наклонное расстояние равно S . Искажения, связанные с шириной диаграммы направленности, здесь не учитываются.

Первоначально рассмотрим влияние погрешности $\Delta\alpha$ измерения угла α , которая имеет плотность распределения $f(\Delta\alpha)$. При наличии случайной погрешности $\Delta\alpha$ зондирующий луч вместо линии KA будет направлен по линии KB . Длина наклонного расстояния изменится на ΔS . Тогда измерительный канал зафиксирует отражение зондирующего луча от точки C , кото-

рая удалена от точки K на наклонное расстояние KC , равное $S + \Delta S$. В этом случае погрешность определения глубины Δz будет соответствовать отрезку DC .



В соответствии с формулой закона распределения функции случайного аргумента, согласно [2], плотность распределения погрешности Δz может быть представлена в общем виде зависимостью

$$\varphi(\Delta z) = f[\Delta\alpha(\Delta z)] \left| \frac{d\Delta\alpha}{d\Delta z} \right|. \quad (1)$$

Для получения искомого выражения плотности распределения погрешности Δz необходимо установить зависимость между погрешностями $\Delta\alpha$ и Δz , а также взять производную $\Delta\alpha$ по Δz .

Из подобных треугольников KOA и ADC получим, что

$$\Delta z = Z_0 \cdot \Delta S \cdot S^{-1}. \quad (2)$$

Рассмотрев треугольники KQO , KQA и KQB , найдем

$$\left. \begin{aligned} S + \Delta S &= Z_0 \cos \gamma \cos^{-1}(\alpha + \gamma + \Delta\alpha); \\ S &= Z_0 \cos \gamma \cos^{-1}(\alpha + \gamma). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Подставив из уравнений (3) величины S и ΔS в равенство (2), после преобразований имеем

$$\Delta\alpha = \arccos \frac{Z_0 \cos(\alpha + \gamma)}{Z_0 + \Delta z} - \alpha - \gamma. \quad (4)$$

Продифференцировав выражение (4) по Δz_m , найдем производную

$$\frac{d\Delta\alpha}{d\Delta z} = \frac{Z_0 \cos(\alpha + \gamma)}{(Z_0 + \Delta z) \sqrt{(Z_0 + \Delta z)^2 - Z_0^2 \cos^2(\alpha + \gamma)}}. \quad (5)$$

Зная выражение плотности распределения $f(\Delta\alpha)$, по формулам (1), (4) и (5) можно получить плотность распределения погрешности Δz , а по ней необходимые статистические характеристики. Исходя из условия, что аргумент \arccos не должен превышать единицы, из формулы (4) получим наименьшее значение Δz_m погрешности определения глубины

$$\Delta z_m = Z_o [\cos(\alpha + \gamma) - 1]. \tag{6}$$

Анализ формулы (6) показал, что $\Delta z \leq 0$.

В качестве примера по формулам (1), (4) и (5) вычислены значения плотности распределения $\varphi(\Delta z)$ при нормальном распределении погрешности $\Delta\alpha$ с нулевым математическим ожиданием и СКП, равной 1° , при $Z_o = 1000$ м и $\gamma = 0$. Результаты вычислений показаны на рис.2 для $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 45^\circ$ и $\alpha = 85^\circ$ на интервале погрешности Δz , равном 1 м, 100 м и 1000 м соответственно.

Из него видно, что при $\alpha = 0^\circ$ погрешность Δz имеет только положительные значения, а плотность распределения терпит разрыв при $\Delta z = 0$. При $\alpha > 0^\circ$ погрешность Δz может быть как положительной, так и отрицательной. Во всех случаях плотность распределения $\varphi(\Delta z)$ несимметрична относительно значения $\Delta z = 0$, несмотря на то, что исходная плотность распределения $f(\Delta\alpha)$ является симметричной функцией.

Используя результаты вычислений, согласно [2], определены математическое ожидание M и мода M_o погрешности Δz . Оказалось, что математическое ожидание всегда имеет положительное значение, а мода – отрицательное или нулевое. Изменение математического ожидания в зависимости от угла α показано на рис.3 штрих-пунктирной линией, а изменение модуля моды – штриховой линией. На этом же рисунке сплошной линией показано изменение модуля наименьшего значения погрешности Δz_m , вычисленного по формуле (6). На рис.3 видно, что все величины существенно возрастают при увеличении угла α .

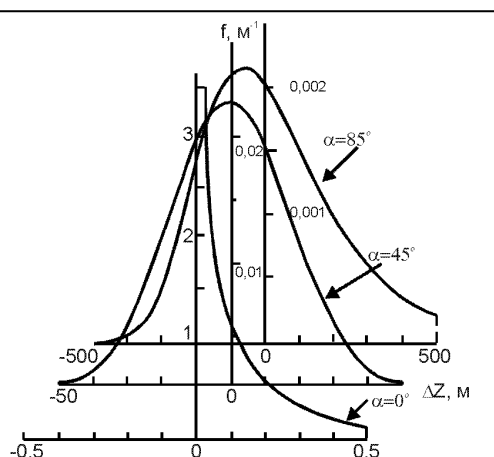


Рис.2. Плотность распределения погрешности f определения глубины Δz при трех значениях угла α .

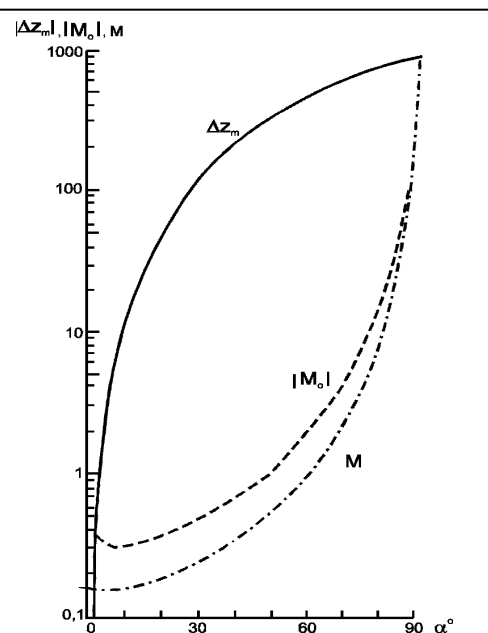


Рис.3. Изменение математического ожидания M , модуля моды $|M_o|$ и модуля наименьшей погрешности $|\Delta z_m|$ определения глубины в зависимости от угла α .

Наличие математического ожидания свидетельствует о существовании систематической погрешности, которая должна учитываться при обработке результатов съемки рельефа дна.

В работе [3] приведена приближенная формула СКП определения глубины

$$m = Z_o \sigma \operatorname{tg} \alpha, \quad (7)$$

где σ – СКП измерения угла α .

Используя результаты вычислений $\varphi(\Delta z)$, согласно [2], оценена СКП m_o определения глубины, а также найдена относительная погрешность δ вычисления этой величины по приближенной формуле (7)

$$\delta = \frac{m - m_o}{m_o}. \quad (8)$$

Изменение относительной погрешности δ в зависимости от угла α показано на рис.4. На основании этого рисунка можно сделать вывод, что при малых углах α нельзя пользоваться формулой (7). В этом случае необходимо определять плотность распределения погрешности Δz и уже по ней вычислять СКП.

Теперь рассмотрим влияние погрешности измерения наклонного расстояния ΔS на погрешность определения глубины Δz^* . Пусть по направлению, заданному углом α , измеряется наклонное расстояние с погрешностью ΔS , плотность распределения которого описывается функцией $f(\Delta S)$. Следует иметь в виду, что здесь величина ΔS выступает как исходная погрешность, в то время как раньше она соответствовала приращению наклонного расстояния, вызванному появлению погрешности $\Delta \alpha$.

Тогда измерительный канал зафиксирует отражение зондирующего луча от точки C вместо точки A . Величина погрешности Δz^* будет выражаться формулой (2), которая с учетом соотношения элементов треугольника KOA преобразуется как

$$\Delta z^* = \Delta S \cos(\alpha + \gamma) \cos^{-1} \gamma. \quad (9)$$

Формула (9) представляет собой линейную зависимость. Тогда по аналогии с формулой (1) можно получить плотность распределения погрешности определения глубины

$$\varphi^*(\Delta z^*) = \cos^{-1}(\alpha + \gamma) \cos \gamma \cdot f^*[\Delta z^* \cos^{-1}(\alpha + \gamma) \cos \gamma]. \quad (10)$$



Из формулы (10) видно, что плотность распределения погрешности определения глубины представляет собой линейно трансформированную плотность распределения погрешности измерения наклонного расстояния. Следовательно все одноименные статистические характеристики этих погрешностей будут связаны линейной зависимостью. Теоретические законы распределения погрешностей определения глубины и измерения наклонного расстояния будут одинаковы с учетом линейной связи их параметров. Так, если погрешность измерения наклонного расстояния подчиняется нормальному распределению, то такому же распределению будет подчиняться погрешность определения глубины.

Рассмотрим совместное влияние погрешностей измерения угла наклона зондирующего луча и наклонного расстояния на погрешность определения глубины. Суммарная погрешность определения глубины Δz_c равна сумме составляющих случайных погрешностей

$$\Delta z_c = \Delta z + \Delta z^* . \quad (11)$$

Тогда в соответствии с законом распределения суммы двух случайных величин (композиции законов распределения), согласно [2], плотность распределения $\psi(\Delta z_c)$ суммарной погрешности определения глубины можно представить в общем виде зависимостью

$$\psi(\Delta z_c) = \int_{z_m}^{\infty} f(\Delta z) \cdot f^*(\Delta z_c - \Delta z) \cdot d\Delta z . \quad (12)$$

Подставляя в формулу (12) выражения (1) и (10) для плотностей распределения составляющих погрешностей, путем численного интегрирования можно получить искомую плотность распределения суммарной погрешности определения глубины, а по ней вычислить необходимые статистические характеристики суммарной погрешности. При этом следует иметь в виду, что закон распределения суммарной погрешности не будет соответствовать теоретическим законам, описывающим распределение составляющих погрешностей.

Следует отметить, что иногда наряду с погрешностью определения глубины дополнительно рассматривается погрешность планового положения измеренной глубины, связанная с погрешностями измерения угла наклона зондирующего луча и наклонного расстояния. Такое суждение не соответствует сущности рассматриваемого процесса. Погрешность планового положения измеренной глубины возникает только вследствие погрешности координирования съемки рельефа дна. К тому же, указанная погрешность может быть трансформирована в погрешность определения глубины с использованием данных об угле наклона рельефа дна.

Предлагаемая модель погрешности определения глубины более полно и точно отражает реальный процесс съемки рельефа дна, чем модель, в которой используются только СКП. В то же время, полученная модель является частной моделью, в которой учитываются только две погрешности измерения. Представляется целесообразным выполнить разработку модели, в которой были бы учтены все факторы, влияющие на точность съемки рельефа дна. Основой для создания такой модели могут послужить результаты данной ра-

боты, а также многочисленные работы по влиянию различных факторов на качество изучения рельефа дна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломийчук Н.Д. Гидрография.–Л.: ГУНиО МО, 1988.–363 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей.3–е изд., испр.– М.: Наука, 1964. – 576 с.
3. Долотов С.А., Каевичер В.И., Смольянинов И.В. Точность определения угла прихода эхосигналов гидролокационным комплексом бокового обзора// Навигация и гидрография.–1996.– N 3.– С.100–103.

ГРНТИ 78.21.39.17.01

**КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ МНОГОЛУЧЕВЫХ ЭХОЛОТОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Ю.И. КУЗЬМИН,
И.В. КРЮКОВ**
(ГНПП “Севморгео” МПР РФ),
И.Л. ДОРТ
(СПбГТУ)

Предлагаются эффективные алгоритмы обработки первичной информации, полученной с помощью измерительного комплекса, построенного на базе многолучевого эхолота. Описаны процедуры выбора информативных гидрологических горизонтов из профиля скорости звука в водной среде, калибровок систематических погрешностей датчиков ориентации судна и построения математической модели пространственного поля глубин с применением метода локальной аппроксимации нулевого порядка. Приведены результаты испытаний разработанного комплекса камеральной обработки первичной информации с использованием данных реальных промеров.

В последнее время наиболее эффективным средством для проведения гидрографических работ (с точки зрения объемов получаемой информации и затрат на ее получение) становятся многолучевые эхолоты (ЭМЛ). Это связано с появлением высокоточных сертифицированных систем нового поколения, в которых при разработке акустических излучателей используются новейшие конструктивные решения и применяются новые технологии цифровой сигнальной обработки. Расширяется полоса обзора, повышается качество собираемых данных. Однако поскольку современный ЭМЛ может работать только в комплексе с датчиками навигационной информации и информации об ориентации судна, все еще остается необходимость в учете и устранении систематических погрешностей измерений этих датчиков, существенно влияющих на качество выходной информации, особенно при проведении глубоководных промеров. Необходимо также учитывать искривление акустических лучей при распространении в неоднородной среде, проводить простран-

ственную статистическую обработку собранных данных и аппроксимацию измерений на регулярную сеть.

С учетом названных требований производилась разработка программно-математического обеспечения камеральной обработки данных первого отечественного ЭМЛ "Сапфир" (который в настоящее время практически подготовлен к вводу в эксплуатацию) и аналогичных зарубежных систем, установленных на нескольких российских научных судах. Авторами был предложен ряд эффективных алгоритмов обработки первичной информации ЭМЛ, превосходящих по ряду параметров зарубежные разработки [1], и обладающих достаточным быстродействием при расчетах, что особенно важно в работе с большими объемами данных. Ниже представлены краткие описания этих алгоритмов и результаты испытаний созданного программного обеспечения.

Выбор информативных горизонтов в профиле скорости звука. Искажение звуковых лучей при распространении в неоднородной водной среде оказывает большое влияние на картину распределения следов отражения на дне, особенно для боковых лучей. Поэтому данные о профиле скорости звука должны использоваться в программе камеральной обработки (алгоритм расчета приводится, например, в [2]). Очевидно, что чем большее число гидрологических горизонтов участвует в этом расчете, тем большее время он занимает. Экономия времени при работе с большими объемами данных имеет огромное значение, поэтому желательно использовать только наиболее информативные гидрологические горизонты. Для их выбора предлагается следующий алгоритм.

Допустим, что имеется N измерений скорости звука c_i на глубинах z_i ($i = 1, N$), известны примерный диапазон глубин в зоне промера и ширина диаграммы направленности эхолота. Всегда можно выбрать n ($n = 3, \dots, N$) горизонтов c'_i, z'_i ($z'_1 = z_1, c'_1 = c_1, z'_n = z_N, c'_n = c_N$), которые дают наибольший вклад в рефракцию, а именно, для каждого i -го из них модуль градиента скорости

$$|\Delta g'_i| = \left| \frac{c'_{i+1} - c'_i}{z'_{i+1} - z'_i} - \frac{c'_i - c'_{i-1}}{z'_i - z'_{i-1}} \right| \quad (1)$$

принимает наибольшее значение из всех возможных (критерий информативности горизонта). Определим число горизонтов, которое нужно оставить в расчете, чтобы получаемый результат все еще оставался удовлетворительным.

Рассмотрим $\delta_{nN}(\alpha, t)\%$ – относительную величину отклонения в значениях глубины и положения следа луча на дне при расчете с выбранными n наиболее информативными горизонтами и при расчете со всеми N горизонтами (в обоих случаях угол выхода луча α , время распространения луча до дна t)

$$\delta_{nN}(\alpha, t) = \frac{\sqrt{[h(n, \alpha, t) - h(N, \alpha, t)]^2 + [r(n, \alpha, t) - r(N, \alpha, t)]^2}}{h(N, \alpha, t)} 100\%. \quad (2)$$

На сетке допустимых углов α и глубин $h = h(N, \alpha, t)$ требуется проверить условие удовлетворения (по мере увеличения n) критерию

$$\delta_{nN}(\alpha, t) < \delta_{max}, \quad (3)$$

где δ_{max} % – максимально допустимая величина отклонения, которая не должна превышать значения допустимой СКП измерения глубины (по требованиям ПГС–84 она составляет 0.9 – 3.4% глубины в зависимости от характера рельефа [3]; по стандартам ИНО – не свыше 1% глубины на глубинах более 100 м [4]).

Нужно оставить только минимальное число горизонтов, с которых этот критерий начинает выполняться для всего диапазона углов и глубин.

Описание алгоритмов, используемых при калибровке углов крена, дифферента и временной задержки передачи навигационных данных. Даже небольшие ошибки в изначальном определении углов крена и дифферента судна приводят к существенному изменению расчетной картины дна на больших глубинах (именно поэтому, в частности, по требованиям стандартов ИНО СКП определения угла крена, например, не должны превышать 0,05°–0,1° [5]). В значительной степени эти ошибки определяются наличием систематических погрешностей датчиков углов и отклонениями в пространственной ориентации антенн эхолота. Поскольку судно представляет собой динамическую систему, под действием различных факторов (вибрация, расход запасов топлива, перемещение грузов и т.д.) постоянно происходит изменение нормальной ориентации судна, которое может сопровождаться смещением показаний приборов. Следовательно, требуется проведение их новой калибровки. Использование алгоритмов калибровок в камеральной обработке позволяет определить возникающие при этом возможные ошибки и ввести поправки на них уже после проведения съемки рельефа дна.

Методика определения угла крена (калибровка) отработана во многих пакетах камеральной обработки (см., например, [6]). Выбор базовой линии определяется требованиями как можно более полного наложения в этой области линий галсов, рельефом дна (участок с достаточно гладким, наклонным рельефом) и качеством измерений (отсутствие в замерах пропусков и явных выбросов). Вокруг базовой линии выбирается область на дне – “полоса калибровки”, определяющая те точки отражения, которые используются для построения двух калибровочных профилей. В отличие от зарубежных алгоритмов, которые учитывают все точки отражения лучей без пространственной обработки, для построения калибровочных профилей предлагается рассчитывать значения глубин на базовой линии с использованием метода локальной аппроксимации нулевого порядка. На размер калибровочной полосы накладываются два ограничения: с одной стороны, она должна включать достаточное количество данных, чтобы можно было уменьшить влияние случайных погрешностей; с другой, для корректной работы метода рельеф в направлении движения судна в пределах калибровочной полосы не должен сильно

изменяться. Кроме того, использование в обработке большого количества данных замедляет расчет, поэтому следует выбирать не более 3–5 посылок на каждый галс.

Если определение угла крена проведено корректно, построенные калибровочные профили должны накладываться друг на друга, иначе они окажутся развернутыми относительно друг друга на удвоенный угол ошибки. С учетом этого обстоятельства и был разработан предлагаемый алгоритм автоматической калибровки крена. Пусть $\Delta\phi$ – ошибка в определении угла крена. Проведем расчет значений глубин и горизонтальных смещений всех точек отражения, попадающих в пределы калибровочной полосы, используя это значение ошибки. Далее определим значения глубин $z_{ij}(\Delta\phi)$ в N (их число должно быть не менее половины числа лучей эхолота) узловых точках на базовой линии (здесь $\bar{i} = 1, 2$ – номер калибровочного профиля, $\bar{j} = 1, \bar{N}$ – номер узла). Введем в рассмотрение величину

$$\delta(\Delta\phi) = \sqrt{\sum_{j=1}^N [z_{1j}(\Delta\phi) - z_{2j}(\Delta\phi)]^2}, \quad (4)$$

которая характеризует степень несовпадения профилей и будем минимизировать ее в зависимости от значения $\Delta\phi$. Поскольку функция $\delta(\Delta\phi)$ не аналитическая и имеет только один минимум, в практических расчетах можно использовать метод перебора с фиксированным шагом, который определяется разрешением угла крена ($0,01^\circ$).

Калибровку дифферента и временной задержки передачи навигационных данных необходимо проводить совместно, поскольку их вклад в расчет положения точек отражения лучей невозможно разделить. Алгоритм калибровки в данном случае в принципе совпадает с алгоритмом калибровки крена, отличаясь от последнего лишь в нескольких моментах. Так базовая линия и калибровочная полоса выбираются вдоль линии галса (причем необходимо, чтобы в центральной части был подъем). Точки отражения нескольких центральных лучей (3–4 луча) для каждого галса используются для построения двух калибровочных профилей вдоль его линии. Влияние ошибки дифферента приводит к развороту профилей, а временной задержки – к смещению их друг относительно друга. Оказывается, временную задержку передачи навигационных данных можно корректно определить только на малых глубинах — до 200–300 м, поскольку на больших глубинах практически влияние от этих двух эффектов разделить невозможно.

Метод локальной аппроксимации нулевого порядка. После компенсации систематических погрешностей остается необходимость аппроксимации измеренных глубин на непрерывной области географических координат, обусловленная случайным характером данных измерений. При этом преимуществом использования метода локальной аппроксимации (МЛА) [7] является его самонастройка на неравномерную плотность исходных измерений по участкам исследуемого дна, связанную как с наличием перепадов глубин, так и нестабильностью параметров движения судна. Кроме того, в отличие от базирующихся на применении метода наименьших квадратов фрагментарного

анализа данных, используемых зарубежными разработчиками программного обеспечения [1], МЛА не требует высокой пространственной плотности измерений, благодаря чему при одном проходе судна над исследуемым районом дна дает хорошие оценки для больших глубин.

В предлагаемых нами алгоритмах использован частный случай метода локальной аппроксимации – МЛА нулевого порядка, в котором формула оценки значения глубины в точке r_0 с учетом N измерений глубин h_k в точках \vec{r}_k принимает наиболее простую форму Надарая-Ватсона

$$\hat{h}(\vec{r}_0, \alpha) = \frac{\sum_{k=1}^N \rho(|\vec{r}_k - \vec{r}_0|, \alpha) h_k}{\sum_{k=1}^N \rho(|\vec{r}_k - \vec{r}_0|, \alpha)}, \quad (5)$$

с весовой функцией

$$\rho(x, \alpha) = \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + |x|^2}, \quad (6)$$

которая снижает вес измерений по мере удаления их от точки оценивания, и тем самым позволяет обрабатывать все поле измерений с фиксированным значением параметра α (его следует принимать равным приблизительно среднему расстоянию между точками отражений лучей). При этом для вычислений требуется минимальное количество арифметических операций, что существенно экономит время компьютерной обработки измерений.

Результаты лабораторных испытаний комплекса камеральной обработки данных ЭМЛ. Для подтверждения эффективности используемых алгоритмов было проведено опробывание предложенного программного обеспечения в ходе обработки данных, полученных на четырех галсах многолучевым эхолотом SIMRAD EM-12S, установленным на НИС "Геленджик". Съёмка проводилась в Средиземном море в районе с координатами 36°50'N – 37°00'N, 20°30'E – 20°50'E. Была выбрана относительно плоская равнина (преобладающие глубины 2900 – 3200 м) с возвышением (минимальной глубиной 2000 м) в центральной части, имеющим крутые склоны. Выбранный участок дна, положение и качество промеров полностью удовлетворяют требованиям к проведению калибровок, поэтому оказалось возможным опробовать весь цикл обработки данных.

Для всех галсов использовался один и тот же профиль скорости звука. В нем был проведен выбор информативных горизонтов, на которых отклонения в значениях глубины и положения следа луча на дне не превысят 0,01%, т.е. будут в пределах 0,5 м. Оказалось, что вместо 65 исходных горизонтов в расчете остаются только 4, что позволяет значительно уменьшить время дальнейших вычислений. После этого проводилась калибровка угла крена. Значение поправки в угол крена – 0.23° – было внесено в файл поправок. Далее проводилась калибровка дифферента и временной задержки передачи навигационных данных на охарактеризованном выше участке. После внесения всех поправок и корректировки данных съёмки выбиралась область для обработки, по которой будет строиться карта изолиний глубин (такая, чтобы ох-

ватить все точки галсов). Параметр локальной аппроксимации выбирался равным среднему расстоянию между точками отражения акустических лучей – 50 м. После расчета модели была построена карта изолиний с шагом 100 м. Ее сравнение с картой, построенной картопостроительным пакетом IRAP на основе данных, обработанных комплексом NEPTUNE фирмы SIMRAD, показывает, что имеется достаточно хорошее совпадение формы изолиний глубин – за исключением области на границе полосы облучения, где сказываются особенности алгоритмов по обработке данных от боковых лучей (из-за их малой плотности и наиболее значимой погрешности измерений). Весь цикл обработки данных по четырем галсам (около 80000 точек) занял порядка 45 мин., в то время, как тот же объем данных система NEPTUNE, установленная на рабочей станции Sun SPARC 20, обрабатывает более 1 ч [6].

Таким образом, проведенные испытания показали, что предлагаемый пакет камеральной обработки данных, не уступая зарубежным аналогам, может обеспечить высокоточное картирование дна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Product survey: Multi-beam data processing software. Hydro International, 1998, №2, p. 54 – 57.
2. Галошин А.И. Определение расстояния между гидроакустическими маяками и морским объектом. Изв. ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1985, №2, с.47 – 54.
3. Правила гидрографической службы №4. Съёмка рельефа дна, ч.2. Требования и методы, 1984.
4. Andreasen C., Pryor D.E. Hydrographic and bathymetric systems for NOAA programs. Marine Geodesy, 1988, v.12, №1, p.21–39.
5. Dinn D.F., Furlong A., Loncarevic B.D., Penny M., Dakin D.T. Controlling Multibeam Sonars Errors. Sea Technology, 1997, v.38, №8, p.75–80.
6. Рекламный проспект модуля постобработки NEPTUNE норвежской фирмы “Симрад”, 1994.
7. Катковник В.Я. Непараметрическая идентификация и сглаживание данных: метод локальной аппроксимации. М., Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1985, 336 с.

ГРНТИ 78.21.39.17.17.17

О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СЪЕМКИ РЕЛЬЕФА ДНА С ПОМОЩЬЮ БУКСИРУЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

В.Н. ЗАВГОРОДНИЙ
(Гос.НИНГИ МО РФ)

Приведены зависимости, показывающие влияние на точность съемки рельефа дна отклонений глубины погружения и ориентации буксируемого подводного аппарата. Для повышения точности съемки рельефа дна предложен метод анализа устойчивости траектории движения и ориентации аппарата как динамической системы с интервальной неопределенностью параметров.

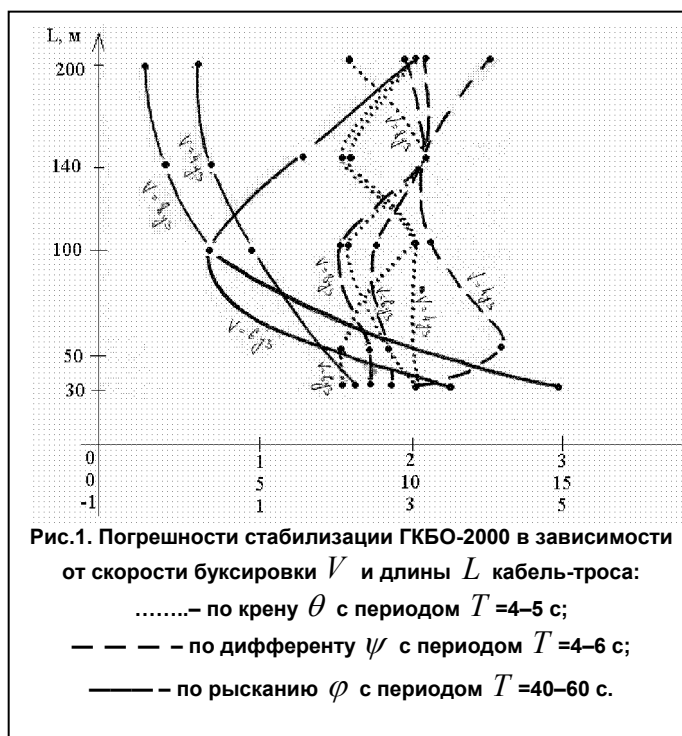
Введение. В боевой и повседневной деятельности сил флота существуют задачи, выполнение которых требует подробной информации о рельефе дна в глубоководных районах. Они связаны с выбором участков покладки пл на грунт или постановки на подводный якорь, проведением минных постановок и противоминных действий, созданием и установкой подводных сооружений, обследованием подводных коммуникаций, оценкой районов поиска тех или иных подводных объектов, измерением магнитных, гравитационных и

других полей вблизи дна. Отсутствие подробной информации о рельефе дна и привязке его элементов к координатам при решении перечисленных задач может привести к принятию неверного решения.

К техническим средствам съемки рельефа дна относятся буксируемые подводные аппараты (БПА), представляющие собой динамическую систему с шестью степенями свободы. Три – по линейным перемещениям, характеризующим траекторию движения: по курсу (K), скорости (V), глубине h , и три – по угловым перемещениям, которые определяют ориентацию аппарата: дифферент (ψ), рыскание (φ), крен (θ).

В существующих способах съемки рельефа дна точность определения координат элементов рельефа в основном оценивается по точности знания места корабля–буксировщика и БПА. Однако при детальной гидроакустической съемке точность привязки элементов рельефа к координатам в значительной степени зависит также и от положения на дне пятна, освещаемого гидролокатором бокового обзора (ГБО), которое зависит от ориентации и глубины хода БПА.

При применении для съемки рельефа дна БПА с ГБО качество измерений в первую очередь зависит от точности стабилизации положения аппарата по угловым перемещениям. Требования к точности стабилизации определяются шириной характеристики направленности ГБО в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В существующих БПА глубина погружения регулируется длиной кабель-троса, а стабилизация ориентации по дифференту и рысканию определяется обводами корпуса БПА, местом крепления кабель-троса к корпусу по длине аппарата, фиксированным положением рулей. Кроме того, траектория движения БПА по глубине и положение по угловым перемещениям – ориентация по рысканию и дифференту – зависят от скорости буксировки и воздействия волнения моря на корабль-буксировщик. При этом точность стабилизации по дифференту составляет $|\Delta\psi|=(5-15)^\circ$, по рысканию $|\Delta\varphi|=(1-3)^\circ$, по глубине $|\Delta h|=(5-10)\%$ от длины кабель-троса [1, 2].



Так, на испытаниях гидрографического комплекса бокового обзора (ГКБО-2000) в 1992 г. при скорости 4–8 уз, длине кабель-троса 30–200 м и волнении моря 4–5 баллов были получены следующие значения точности стабилизируемых параметров: $|\Delta\varphi| = (2-3)^\circ$ с периодом 40–60 с, $|\Delta\psi| = (7-13)^\circ$ с периодом 4–5 с (рис.1).

Оценка точности съемки рельефа. Найдем оценку точности съемки рельефа дна, определения места расположенных на дне мин и других подводных объектов в зависимости от точности стабилизации аппарата по рысканию, дифференту и глубине. Если местоположение отраженных эхосигналов (рис.2), полученных при гидроакустической съемке и поиске подводных объектов, определяется как при невозмущенной траектории движения и ориентации аппарата, то предельную радиальную погрешность, характеризующую точность съемки рельефа, можно оценить по формуле

$$\Delta^2 = (\Delta_\varphi + \Delta_\psi)^2 + (\Delta_h + \Delta_c)^2,$$

где $\Delta_\varphi = (H - h) \operatorname{tg} \left(A + \frac{1}{2} \chi_B \right) \sin \varphi$ – предельная погрешность из-за рыскания;

$\Delta_\psi = (H - h) \operatorname{tg} \psi$ – предельная погрешность из-за колебаний аппарата по углу дифферента;

$\Delta_h = \Delta h \cdot \operatorname{tg} A$ – предельная погрешность из-за отклонений аппарата по глубине;

$\Delta_c = \frac{1}{2} \Delta c \cdot T$ – погрешность, обусловленная отклонением расчетной скорости звука от истинного ее значения;

H – глубина моря в районе съемки рельефа дна;

h – глубина погружения БПА;

A – угол направленности излучателей антенны ГБО;

χ_B – ширина характеристики направленности ГБО в вертикальной плоскости;

Δc – погрешность в скорости звука, принятой для расчетов;

T – период следования посылок ГБО.

Исходя из вышеизложенного, при съемке рельефа дна в районе с глубинами 1000 – 2000 м с помощью буксируемого на глубине 200 м БПА с ГБО

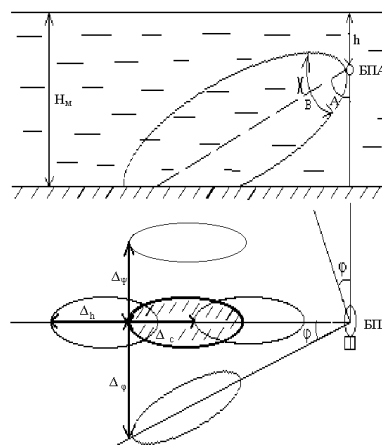


Рис.2. Влияние погрешностей устойчивости движения и ориентации БПА на положение на дне пятна, освещаемого ГБО:

– расчетное положение пятна;

Δ_ψ – отклонение пятна по дифференту;

Δ_h – отклонение пятна по глубине;

Δ_φ – отклонение пятна по рысканию;

Δ_c – отклонение пятна по скорости звука.

($A = 30^\circ$ и $\chi_B = 30^\circ$) с учетом приведенных выше погрешностей стабилизации аппарата имеем следующие оценки точности съемки: $\Delta\psi = 200\text{--}400$ м, $\Delta\varphi = 50\text{--}100$ м, $\Delta h = 10\text{--}15$ м, $\Delta c = 5\text{--}10$ м, что в итоге определяет радиальную погрешность $\Delta = 250\text{--}500$ м.

Отсюда следует, что наибольший вклад в погрешность точности съемки вносят погрешности дифферента $\Delta\psi$ и рыскания $\Delta\varphi$ БПА, которые на порядок больше погрешностей Δh и Δc . Погрешности из-за рыскания и дифферента определяют смещение пятна, освещаемого ГБО, вдоль курса БПА. Таким образом, для повышения точности съемки рельефа дна необходимо в первую очередь повышать точность удержания курса и дифферента БПА с ГБО.

Заметим, что реальная погрешность будет меньше приведенной, т.к. последняя была найдена для предельных значений всех ее составляющих. Кроме того, она уменьшается благодаря многократному зондированию рельефа посылками гидролокатора. Однако необходимость многократного зондирования приводит к уменьшению скорости буксировки БПА и, следовательно, к снижению производительности съемки.

Оценка производительности съемки рельефа дна. Производительность гидроакустической съемки рельефа зависит от скорости буксировки БПА и ширины обследуемой ГБО полосы.

Выбор скорости буксировки аппарата с ГБО определяется необходимостью обеспечения приема эхосигналов при заданном количестве зондирующих посылок по каждому элементу рельефа. Тогда скорость буксировки БПА можно записать как

$$V = \frac{2k(H-h)tg\frac{\chi_r}{2}}{nT \cos\left(A + \frac{\chi_B}{2}\right)} = \frac{k \cdot c \cdot tg\frac{\chi_r}{2}}{n} \text{ уз,}$$

где χ_r – ширина характеристики направленности ГБО в горизонтальной плоскости;

$k \approx 2$ – коэффициент перевода скорости в узлы;

T – период следования посылок гидролокатора;

n – количество зондирующих посылок, приходящихся на каждый элемент рельефа.

Так, для приведенных выше условий и режима работы гидролокатора с параметрами $T=2$ с, $n=5\text{--}10$, $\chi_r=1^\circ$ скорость буксировки составит 3–6 уз.

Ширину полосы, просматриваемой при буксировке аппарата лучом одного борта ГБО, можно оценить как

$$Ш = (H-h) \left[tg\left(A + \frac{\chi_B}{2}\right) - tg\left(A - \frac{\chi_B}{2}\right) \right].$$

Тогда производительность съемки рельефа дна БПА с ГБО на оба борта равна

$$U = 2V \cdot III.$$

При увеличении III точность съемки ухудшается, что требует повышения кратности зондирования рельефа и, следовательно, уменьшения скорости буксировки.

Противоречивое влияние на качество съемки также оказывает скорость буксировки БПА. При ее увеличении точность съемки повышается из-за улучшения стабилизации ориентации и глубины аппарата, однако кратность зондирования рельефа гидролокатором при этом уменьшается, что ведет к снижению точности съемки. Таким образом имеет место задача оптимизации выбора скорости буксировки и ширины полосы, обследуемой ГБО.

Робастный подход к стабилизации ориентации и траектории движения БПА. Из изложенного ясно, что придание БПА устойчивости по стабилизируемым параметрам позволяет повысить производительность съемки рельефа дна и обеспечить требуемую точность. Устойчивость движения и ориентации БПА может быть обеспечена при использовании для его стабилизации следящих систем положения рулей как регуляторов с обратной связью по отклонению стабилизируемых параметров от заданных значений. По опыту эксплуатации корабельных авторулевых, успокоителей качки, стабилизаторов глубины [2] и результатам моделирования движения и ориентации БПА использование регуляторов в состоянии обеспечить уменьшение углов рыскания и дифферента в 3–5 раз, а точность определения координат элементов рельефа согласно вышеприведенным зависимостям предельных погрешностей повышается в 2–3 раза.

Так, при съемке рельефа дна в районе с глубинами 1000–2000 м с помощью БПА (при глубине хода $h = 200$ м), оснащенного ГБО ($A = 30^\circ$ и $\chi_B = 30^\circ$) с учетом погрешностей стабилизации аппарата по рысканию 1° , дифференту 5° и глубине 20 м имеем следующие оценки точности съемки: $\Delta_\psi = 70$ –170 м, $\Delta_\varphi = 20$ –40 м, $\Delta_h = 3$ –6 м, радиальная погрешность $\Delta = 100$ –200 м.

Заметим, что для подводных аппаратов, как буксируемых, так и автономных, из-за небольшого водоизмещения вместо электрогидравлических следящих систем прерывного действия (релейных и импульсных) целесообразно применять непрерывные электрические следящие системы регулирования движением и ориентацией аппарата [2].

Для проектирования таких регуляторов требуется описать модель траектории движения и ориентации БПА. Однако описание его траектории движения и ориентации при воздействии гидродинамических сил и моментов, турбулентных потоков и изменении остаточной плавучести из-за непостоянства плотности воды и гидростатического обжатия корпуса аппарата представляет большую сложность.

В настоящее время в теории летательных аппаратов и других технических дисциплинах, имеющих дело с условиями неопределенности, развивается подход к рассмотрению таких объектов как динамических систем с интервальной неопределенностью параметров, получивших название робастных систем [3].

Поведение реальных объектов рассматриваемого класса характеризуются как собственной нелинейностью, так и нелинейностью возмущающих воздействий. При больших величинах нелинейностей требуется вводить корректирующие устройства и переходить к адаптивному управлению. Случай небольших нелинейностей может быть учтен введением интервальной неопределенности. Поведение подобных робастных систем описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений с интервальными параметрами.

Интервальные параметры принимают значения из некоторых замкнутых интервалов, границы которых известны. При этом статистические закономерности распределения значений параметров в этих интервалах не определены. Такие задачи возникают в связи с требованием к динамическим системам устойчиво работать в широком диапазоне изменения внешних условий, т.е. системам с "неточными", неопределёнными параметрами.

Одной из основных трудностей в исследовании динамических систем с интервальной неопределённостью параметров является неприспособленность обычного математического аппарата к операциям над элементами интервальных множеств [4].

В создании линейных динамических систем с интервальной неопределённостью параметров установление факта их устойчивости является первым этапом исследования. Для того, чтобы линейная система была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все нули ее характеристического полинома имели отрицательные действительные части (Первая теорема Ляпунова). Суть робастного подхода к анализу устойчивости по интервальному характеристическому полиному, впервые предложенного В.Л. Харитоновым [5,6], состоит в определении условий, обеспечивающих отрицательность вещественных частей корней семейства многочленов, порождённого интервальным характеристическим полиномом, по конечному числу точечных угловых многочленов из этого семейства. По существу в данном случае речь идёт об определении устойчивости не одного многочлена, а целого семейства, возникающего при переборе допустимых значений неопределённых параметров.

При робастном подходе решение интервальной системы обыкновенных дифференциальных уравнений стабилизации БПА по рысканию, дифференту и глубине сводится к решению задачи Коши

$$\dot{X} = AX + F, \quad X(0) = X_0,$$

где $X = \begin{pmatrix} \varphi \\ \psi \\ h \end{pmatrix}$ – вектор стабилизируемых параметров;

A – матрица интервальных коэффициентов, определяющая зависимость стабилизируемых параметров от свойств БПА;

F – вектор возмущающих воздействий.

Для обеспечения устойчивости БПА по рысканию, дифференту и глубине необходимо и достаточно, чтобы собственные значения матрицы интер-

вальных коэффициентов A имели отрицательные вещественные части. Матрица A тождественно определяет характеристический полином с интервальными коэффициентами

$$P(s) = \{p(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0\},$$

где $a_k \in [\underline{a}_k, \bar{a}_k]$;

$k = 0, 1, \dots, n$;

$\underline{a}_k, \bar{a}_k$ – нижняя и верхняя границы интервалов действительных коэффициентов при переменных s .

Устойчивость интервального характеристического полинома означает устойчивость траектории движения и ориентации БПА в пространстве рассматриваемых параметров – рыскания, дифферента и глубины. Решение этой задачи достигается анализом устойчивости четырех харитоновских полиномов.

Однако при съемке рельефа устойчивость движения и ориентации аппарата требуется обеспечить одновременно с заданным качеством его стабилизации, определяемым динамикой переходных процессов стабилизируемых параметров по длительности, амплитуде и числу колебаний.

Можно показать, что для проверки стабилизации движения и ориентации аппарата с заданным качеством достаточно потребовать устойчивость шестнадцати угловых полиномов.

Заключение. Точность ориентации и глубины хода БПА с ГБО при съемке рельефа дна оказывают существенное влияние на точность определения координат элементов рельефа. Наибольший вклад в погрешность точности съемки вносят рыскание и дифферент БПА, которые на порядок больше погрешностей глубины и скорости звука. Погрешности определения координат элементов рельефа в зависимости от точности ориентации аппарата тем больше, чем больше расстояние до дна и шире полоса обследования. Погрешности из-за рыскания и дифферента представляют смещение пятна, освещаемого ГБО, вдоль курса БПА. Таким образом, для повышения точности съемки рельефа дна необходимо в первую очередь повышать точность удержания курса и дифферента аппарата.

Описание движения и ориентации БПА как робастной системы с интервальной неопределенностью параметров позволяет сформулировать новый подход к совершенствованию подводных аппаратов.

Ожидаемый результат от внедрения метода проверки устойчивости движения и ориентации БПА с ГБО для повышения производительности съемки рельефа дна при обеспечении точности определения координат элементов рельефа не хуже заданной состоит в сокращении времени гидрографических исследований в заданном районе за счет уменьшения количества галсов, повышения допустимой скорости движения, более точного маневрирования по заданной траектории, а также повышения точности измерений (когда она зависит от ориентации подводного аппарата). Согласно приведенным зависимостям оценка повышения точности привязки по месту при съемке рельефа, измерении геофизических и гидрофизических параметров при при-

менении робастного подхода может улучшиться в 2–3 раза при повышении точности стабилизации БПА в 3–5 раз.

Данный подход к анализу устойчивости движения и ориентации динамических систем с интервальной неопределенностью может быть положен в основу проектирования систем управления минно-торпедного и противоминного оружия, что повысит его эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев М.Д., Касаткин Б.А., Киселев Л.В. и др. Автоматические подводные аппараты. Л.: Судостроение, 1981.
2. Березин С.Я. Автоматическое управление курсом судов. Л.: Судостроение, 1965.
3. Гусев Ю.М., Ефанов В.Н., Крымский В.Г., Рутковский В.Ю. Анализ и синтез линейных интервальных динамических систем (состояние проблемы) // Техническая кибернетика, 1991, № 1.
4. Калмыков С.А., Шокин Ю.И., Юлдашев З.Х. Методы интервального анализа. Новосибирск: Наука, 1986.
5. Харитонов В.Л. Об асимптотической устойчивости положения равновесия семейства систем линейных дифференциальных уравнений // Дифференциальные уравнения, 1978, т. XIV, № 11, с.2086–2088.
6. Харитонов В.Л. Об одном обобщении критерия устойчивости // Известия АН Казахской ССР. Серия физ.-мат., 1978, № 1, с.53–57.

ГРНТИ 78.21.37.19.17

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СИГНАЛЫ СЕЙСМОИСТОЧНИКОВ КАК ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ ОРИЕНТИРЫ

А.П.НАУМОВ
(ВНИИМ им. Д.И. Менделеева),
П.И.МАЛЕЕВ
(Гос.НИНГИ МО РФ)

Обращается внимание на наличие среди электромагнитных сигналов естественного происхождения низкочастотных импульсных сигналов от тектонических источников в земной коре. Показана возможность использования этих сигналов в качестве магнитных реперов.

В последние годы рядом исследователей естественных электромагнитных сигналов (ЭМС), помимо известных ЭМС атмосферного происхождения, были обнаружены сигналы, источником которых являются зоны тектонического нарушения земной коры. Они возникают в областях так называемых тектонических разломов, особенно там, где разломы одного простирания пересекаются разломами другого, в результате чего образуются блочные геотектонические структуры. При подвижке этих блоков и тектонических плит возникают зоны колоссального давления, причем их напряжения могут оказаться столь значительными, что это приводит к сейсмической разрядке в виде землетрясений.

Особенно часто тектонические нарушения и связанные с ними ЭМС наблюдаются в шельфовых зонах, в океанах вблизи островных дуг, в районе

палеорек, в зонах активной вулканической деятельности и в ряде других областей. В некоторых случаях эти ЭМС могут являться предвестниками землетрясений, с чем собственно и связано большое внимание к ним исследователей.

Морфология ЭМС. Первоначально были зарегистрированы ЭМС радиочастотного диапазона [1], поэтому их называли “ВЧ сигналы”, т.е. высокочастотные сигналы “предвестники”. По мере расширения географии исследований расширялся и частотный диапазон сигналов-предвестников – от инфранизкочастотного (ИНЧ) диапазона (квазипостоянного) до десятков мегагерц [2, 3].

Сигналы ИНЧ диапазона скорее всего являются “коренными” сигналами. Они наблюдаются в виде характерных цугов (или серий) коротких импульсов длительностью 1 – 3 с и амплитудой по магнитной составляющей в 10 – 20 нТл (в некоторых случаях – до 50 нТл) у самого большого сигнала серий, что сравнимо с величиной средних солнечно-суточных вариаций. Интервал между импульсами в цуге 20 – 200 с; иногда короткий импульсный сигнал имеет более широкий импульс в своем основании, но меньшей амплитуды (1 – 2 нТл).

Когда сейсмоисточник находится в спокойном режиме, за час можно наблюдать до 3 – 4-х цугов, когда же источник активизируется, то после некоторой паузы (от нескольких часов до 20 – 40 ч), частота появления сигналов растет вплоть до сейсмотолчка, после чего все повторяется. Моменты активизации сейсмоисточника происходят весьма редко (один раз в несколько лет и реже). На рисунке представлена одна из реализаций импульсного ЭМС ИНЧ диапазона, полученная в Крыму (длительность записи около 20 мин.) [4].

Регистрация ЭМС. Наиболее приемлемым для пеленгования и исследования в качестве естественного репера является магнитный компонент ИНЧ ЭМС сейсмоисточника (СИ), регистрируемый быстродействующими магнитометрами высокой точности. Оценим возможности приема ЭМС от источ-



ника ИНЧ сигнала глубиной залегания $Z = 1000$ м с помощью быстродействующих компонентных (феррозондовых – ФЗ) магнитометров и S_x – модульных магнитометров (квантовых, с оптической накачкой атомов), имеющих реальную чувствительность в 0,1 нТл в частотном диапазоне от 0 до 10 Гц (таблица).

Параметры “сигналов”, вынесенные в таблицу, получены расчетом в дипольном приближении. На самом же деле эксперименты в опубликованных работах 1981–1988 гг. показали, что затухание сигнала магнитной индукции (МИ) имеет с расстоянием степень меньше кубической, что может объясняться некоторой “канализацией” ЭМ энергии по разлому. Об этом упоминалось в нескольких публикациях [1, 5]. Но во всяком случае, при расстоянии в 10 км (нижняя строчка таблицы) у нас нет сомнений в возможности уверенного обнаружения уровней сигналов от 0,45 до 14,9 нТл при условии, что основная энергия этих сигналов лежит где-то в области от долей герц до нескольких герц.

Параметры принимаемых магнитометрами (база 50 м) ЭМС от источника с глубиной залегания 1000 м

Магнитный момент источника ИНЧ сигнала, Ам ²	Координаты точки приема ЭМС, м	Компоненты МИ, нТл			Градиенты МИ (по осям XX и ZX или модулю), нТл/м			Разница значений МИ (по осям XX и ZX или модулю), нТл		
		B_x	B_y	B_z	G_{xx}	G_{zx}	G_{mx}	ΔB_{xx}	ΔB_{zx}	ΔB_M
$5 \cdot 10^9$	$X = 2000;$ $Y = 0$	62,6	0	53,5	-0,53	-0,80	-0,93	3,0	6,5	3,4
$50 \cdot 10^9$	$X = 5000;$ $Y = 0$	119	0	-14,9	-0,29	-0,16	0,37	2,2	3,7	1,4
$50 \cdot 10^9$	$X = 10000;$ $Y = 0$	14,9	0	-1,9	-0,15	-0,08	-0,18	0,3	0,45	0,17

По мере продвижения судна с дистанции момента уверенного обнаружения сигнала к источнику ЭМС (в направлении максимального роста сигнала) можно с уверенностью сказать, что все табличные параметры могут быть успешно измерены.

Проведем оценку точности привязки (места, с которого был обнаружен ЭМС СИ) объекта по отношению к эпицентру ЭМС сейсмоисточника по результатам измеренных сигналов при разнесении приемников на 50 м. Пусть погрешность измерений компонент МИ существующими магнитометрами составляет 6 – 7%, что в абсолютных величинах соответствует 8 – 9 нТл.

Погрешность привязки σ_h определим согласно [6] как

$$\sigma_h = \frac{\sigma_B}{G_{xx}},$$

где σ_B – погрешность измерений МИ В (или её приращения) в нТл;

G_{xx} , нТл/м – градиент МИ в направлении измерений (XX).

Принимая σ_B в среднем равным 9 нТл, а G_{XX} , согласно табличным данным, 0,53; 0,29 или 0,15, точность привязки объекта к эпицентру ЭМС получим соответственно 17; 31 или 60 м.

Таким образом, при регистрации ЭМС относительная погрешность дальности с точностью около 30 м составит 0,6 – 1 %, а в угловом выражении – около 0,5°. При уменьшении базы разнесения магнитоизмерительных датчиков погрешности привязки источников той же мощности будут возрастать.

Как показано в работах [1, 5], уверенная зона приема импульсных ЭМС естественного происхождения достигает 50 км, когда режим СИ спокойный и соответствует обычному длительному их состоянию. При активизации СИ их излучаемая мощность растет и зона действия значительно расширяется, увеличиваясь в 10 и более раз [1, 3, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гохберг М.Б. и др. Сейсмoeлектромагнитные явления. М., Наука, 1988, 174 с.
2. Крылов С.М., Никифорова Н.Н. Физика Земли, 1995, №6, с. 42–57.
3. Ларкина В.И. Сейсмическая активность. Электрические и электромагнитные проявления. Препринт, ИЗМИРАН, М., 1991. 35 с.
4. Наумов А.П. Доклады АН, 1997, том 356, №1, с. 105 – 109.
5. Малышков Ю.П., Джумабаев К.Б. Вулканология и сейсмология. 1987, №1, с. 97 – 103.
6. Михлин Б.З. и др. Геомагнитная навигация. Машиностроение, М., 1976, 290 с.

ГРНТИ 78.21.37.21.25.15

НОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВЕКТОРА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ С ФЕРРОМАГНИТНОГО ОБЪЕКТА

П.И.МАЛЕЕВ
(Гос.НИНГИ МО РФ),
Б.М.СМИРНОВ
(ВНИИМ им.Д.И.Менделеева)

Рассмотрены два метода определения составляющих вектора магнитной индукции геомагнитного поля с подвижного ферромагнитного объекта, в основе которых лежат новые подходы к нахождению параметров Пуассона.

Решение проблемы съемки магнитного поля Земли (МПЗ) на морских акваториях и использование результатов съемки в интересах навигации морских подвижных объектов, поиска месторождений и т.п. требуют исключения влияния на используемые магнитометры магнитного поля самого объекта. В практике морских магнитных съемок с целью ослабления влияния магнитных помех объекта датчики магнитометров буксируют за объектом на расстоянии не менее трех длин объекта. Такое решение проблемы естественно ограничивает возможности геомагнитной съемки и навигации.

Определение МПЗ магнитометрами, установленными непосредственно на ферромагнитном объекте, ведет к необходимости вычисления параметров Пуассона, характеризующих намагниченность объекта [1,2]. К настоящему времени предложено несколько методов их определения. Однако в реальных условиях их использование затруднено, т.к. они обладают существенными ограничениями.

Ниже рассмотрены два новых метода определения параметров Пуассона в условиях подвижного ферромагнитного объекта. Для их реализации необходимо использовать трехкомпонентный магнитометр и информацию об угловых перемещениях объекта (курс, крен, дифферент). Кроме того, в одном из предлагаемых методов требуется знание модуля вектора магнитной индукции в опорном пункте (в отсутствии объекта), а во втором – использование образца из мягкого в магнитном отношении железа, параметры Пуассона которого в месте размещения датчика магнитометра известны.

Действительно, проекции векторов магнитной индукции при синхронном измерении в десяти точках пространства углов курса, крена и дифферента объекта можно представить в виде [3]

$$B_{xi} = B_{xp} + I_{1i}N_{11} + m_{1i}N_{12} + n_{1i}N_{13} + I_{2i}N_{14} + m_{2i}N_{15} + n_{2i}N_{16} + I_{3i}N_{17} + m_{3i}N_{18} + n_{3i}N_{19}; \quad (1)$$

$$B_{yi} = B_{yp} + I_{1i}N_{21} + m_{1i}N_{22} + n_{1i}N_{23} + I_{2i}N_{24} + m_{2i}N_{25} + n_{2i}N_{26} + I_{3i}N_{27} + m_{3i}N_{28} + n_{3i}N_{29}; \quad (2)$$

$$B_{zi} = B_{zp} + I_{1i}N_{31} + m_{1i}N_{32} + n_{1i}N_{33} + I_{2i}N_{34} + m_{2i}N_{35} + n_{2i}N_{36} + I_{3i}N_{37} + m_{3i}N_{38} + n_{3i}N_{39}, \quad (3)$$

где $i = 1, \dots, 9$;

B_{xi}, B_{yi}, B_{zi} – измеренные значения проекций векторов магнитной индукции в системе координат объекта;

B_{xp}, B_{yp}, B_{zp} – проекции вектора магнитной индукции постоянного магнитного поля объекта;

$(I_{1i}, m_{1i}, n_{1i}), (I_{2i}, m_{2i}, n_{2i}), (I_{3i}, m_{3i}, n_{3i})$ – направляющие косинусы соответствующих осей OX', OY', OZ' корабля в опорной системе координат $OXYZ$, являющиеся функциями углов курса φ , крена θ_x и дифферента θ_y , которые измеряются синхронно с B_{xi}, B_{yi}, B_{zi} ;

$$\begin{aligned} N_{11} &= (1+a)B_{xT}; N_{12} = (1+a)B_{yT}; N_{13} = (1+a)B_{zT}; N_{14} = bB_{xT}; N_{15} = bB_{yT}; \\ N_{16} &= bB_{zT}; N_{17} = cB_{xT}; N_{18} = cB_{yT}; N_{19} = cB_{zT}; \\ N_{21} &= dB_{xT}; N_{22} = dB_{yT}; N_{23} = dB_{zT}; N_{24} = (1+e)B_{xT}; N_{25} = (1+e)B_{yT}; \\ N_{26} &= (1+e)B_{zT}; N_{27} = fB_{xT}; N_{28} = fB_{yT}; N_{29} = fB_{zT}; \\ N_{31} &= qB_{xT}; N_{32} = qB_{yT}; N_{33} = qB_{zT}; N_{34} = hB_{xT}; N_{35} = hB_{yT}; N_{36} = hB_{zT}; \\ N_{37} &= (1+k)B_{xT}; N_{38} = (1+k)B_{yT}; N_{39} = (1+k)B_{zT}; \end{aligned} \quad (4)$$

$a, b, c, d, e, f, q, h, k$ – параметры Пуассона, которые характеризуют составляющие индуктивного магнитного поля, обусловленного ферромагнитными массами объекта в месте размещения датчика;

B_{xT}, B_{yT}, B_{zT} – составляющие вектора индукции МПЗ.

Решением системы уравнений (1) – (3) при измерении углов курса, крена и дифферента объекта в 10 точках пространства являются $N_{j1}, N_{j2}, \dots, N_{j9}$, где $j = 1, 2, 3$, и B_{xp}, B_{yp}, B_{zp} . Значения a, b, c и B_{xp} с учетом (4) можно определить из уравнения (1) при $i = 1, \dots, 4$; d, e, f и B_{yp} из уравнения (2) при $i = 1, \dots, 4$; g, h, k и B_{zp} – из уравнения (3) при $i = 1, \dots, 4$.

Согласно (4), по значениям $N_{j1}, N_{j2}, \dots, N_{j9}$ находят

$(1+a)B_T = \sqrt{N_{j1}^2 + N_{j2}^2 + N_{j3}^2}$ и аналогично определяют $bB_T, cB_T, dB_T, (1+e)B_T, fB_T, qB_T, hB_T, (1+k)B_T$. Отсюда следует, что измерив в опорном пункте квантовым магнитометром модуль вектора магнитной индукции B_T при отсутствии объекта, можно найти все девять параметров Пуассона. Знаки их можно определить из решений уравнений (1) – (3) и по известному направлению, по крайней мере одной из составляющих вектора магнитной индукции МПЗ (в северном полушарии вертикальная составляющая МПЗ направлена к поверхности Земли, а в южном – от ее поверхности).

Таким образом по измеренным B_{xi}, B_{yi}, B_{zi} , углам курса φ , крена θ_x и дифферента θ_y , а также по полученным расчетным путем параметрам Пуассона и B_{xp}, B_{yp}, B_{zp} можно определять $B_T \{B_{xT}, B_{yT}, B_{zT}\}$ в процессе магнитной съемки, исключив влияние магнитного поля объекта.

Параметры Пуассона можно определить и при отсутствии информации о \vec{B}_T или $[\vec{B}_T]$. Определив из уравнений (1) – (3) произведения параметров Пуассона на составляющие B_{xT}, B_{yT}, B_{zT} в месте установки трехкомпонентного датчика магнитометра, жестко связанного с системой координат объекта, в заранее выбранном месте с определенной ориентацией относительно трехкомпонентного датчика размещают образец из мягкого в магнитном отношении железа, параметры Пуассона которого известны. При синхронном измерении десяти векторов магнитной индукции, углов курса, крена и дифферента объекта, при которых направляющие косинусы осей системы координат объекта различны, получают по десять значений проекций векторов магнитной индукции на одну и ту же ось системы координат объекта (ось чувствительности трехкомпонентного датчика). Каждая из этих проекций векторов магнитной индукции является функцией МПЗ, постоянного магнитного поля объекта и магнитного поля образца, параметров Пуассона объекта и образца. По этим данным можно составить систему уравнений, аналогичную (1) – (3), решение которой выглядит как

$$\begin{aligned}
 & B_{xp} + B_{xpo}; B_{yp} + B_{ypo}; B_z + B_{zpo}; \\
 & (1 + a + a_o)B_x; (1 + a + a_o)B_{yT}; (1 + a + a_o)B_{zT}; \\
 & (b + b_o)B_{xT}; (b + b_o)B_{yT}; (b + b_o)B_{zT}; \\
 & (c + c_o)B_{xT}; (c + c_o)B_{yT}; (c + c_o)B_{zT}; \\
 & (d + d_o)B_{xT}; (d + d_o)B_{yT}; (d + d_o)B_{zT}; \\
 & (1 + e + e_o)B_x; (1 + e + e_o)B_{yT}; (1 + e + e_o)B_{zT}; \\
 & (f + f_o)B_{xT}; (f + f_o)B_{yT}; (f + f_o)B_{zT}; \\
 & (q + q_o)B_{xT}; (q + q_o)B_{yT}; (q + q_o)B_{zT}; \\
 & (h + h_o)B_{xT}; (h + h_o)B_{yT}; (h + h_o)B_{zT}; \\
 & (1 + k + k_o)B_x; (1 + k + k_o)B_{yT}; (1 + k + k_o)B_{zT},
 \end{aligned} \tag{5}$$

где $a_o, b_o, c_o, d_o, e_o, f_o, q_o, h_o, k_o$ – параметры Пуассона образца в месте размещения датчика;

$B_{xpo}, B_{ypo}, B_{zpo}$ – проекции вектора магнитной индукции постоянного магнитного поля образца в месте размещения датчика.

Из решения систем уравнений, аналогичных (1) – (3) и полученных как при отсутствии, так и при наличии образца, находим параметры Пуассона объекта и проекции B_{xT}, B_{yT}, B_{zT} . Так, например, при отсутствии образца определяют $(1 + a)B_{xT}$, а при наличии образца определяют $(1 + a + a_o)B_{xT}$, т.е. получают систему двух уравнений

$$(1 + a)B_{xT} = N_{11}, \tag{6}$$

$$(1 + a + a_o)B_{xT} = N_{110}. \tag{7}$$

Решением этой системы будет

$$\alpha = \frac{N_{11}(1 + a_o) - N_{110}}{N_{110} - N_{11}}.$$

Аналогично находятся и другие параметры Пуассона. Параметры Пуассона образца правильной геометрической формы, например, в виде шара или эллипсоида, можно определить аналитически [4, 5] или экспериментально с помощью трехкомпонентной меры магнитной индукции [6] в зависимости от изменения магнитной индукции внешнего намагничивающего поля, например, от изменения географической широты.

Для однозначного решения системы уравнений (1) – (3) в обоих методах необходимо изменять, по крайней мере, два из трех углов – курса, крена, дифферента. При циркуляции, например, корабля, в основном изменяются углы курса и крена. Из массива измерений выбирают те значения B_{xi}, B_{yi}, B_{zi} , у которых отсутствует пропорциональность отношений направляющих косинусов каждого последующего измерения к направляющим косинусам предыдущего измерения.

Математическое моделирование показало, что при средней квадратической погрешности результатов измерений магнитной индукции бортовым магнитометром не более 1 нТл [7] средняя квадратическая погрешность результатов измерений магнитной индукции МПЗ составила примерно 0,1%.

Таким образом, оба изложенных технических решения можно использовать для ослабления влияния магнитного поля объекта на результаты измерения параметров магнитного поля Земли, что обеспечивает магнитную совместимость датчика магнитометра с ферромагнитной массой объекта.

Применение магнитного образца может быть использовано и для контроля параметров Пуассона, в частности в рабочих условиях магнитной съемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резник Э.С., Канторович В.Л. //Геофизическое приборостроение.– Л.: Недра, 1964, вып.18. С. 26–38.
2. Гузев С.Т., Селевский Р.Б. //Геофизическая аппаратура. – Л.: Недра, 1980, вып.70. С. 25–30.
3. Пат. № 2096818 РФ. МКИ 6 G 05 D 1/08, G01 R 33/02, G01v 3/00. Способ определения коэффициентов Пуассона подвижного объекта и устройство для его осуществления /Б.М. Смирнов // Открытия. Изобретения. 1997, №32.
4. Яновский Б.М. Земной магнетизм – Л.: ЛГУ, 1978, 392 с.
5. Кожухов В.П., Воронов В.В., Григорьев В.В. Магнитные компасы. М.: Транспорт, 1981, 216 с.
6. Афанасьев Ю.В. и др. Средства измерения параметров магнитного поля. – Л.: Энергия, 1979, 32 с.
7. Афанасьев Ю.В. Феррозондовые приборы. Л.: Энергоатомиздат, 1986, 188 с.



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРЕПЛАВАНИЯ

ГРНТИ 78.21.43.15.21

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФЛОТА КАК ВАЖНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИИ СИЛ И СРЕДСТВ

**Б.Н.БЕЛЯЕВ,
Б.Н.ШЕЙКО**
(Гос.НИНГИ МО РФ)

Описываются основные черты технологии комплексного учета гидрометеословий при управлении силами флота, разработанной в Гос.НИНГИ МО РФ. Изложение сопровождается примером такого учета.

Известно, что состояние среды – гидрометеорологические условия (ГМУ) – оказывает существенное влияние на ход операций на море. Данное обстоятельство издавна учитывалось командирами различных уровней при принятии оперативно - тактических решений. Однако такой учет носил в значительной мере субъективный характер, поскольку осуществлялся не на количественной, а на качественной основе. Определяющую роль при этом играли опыт лица, принимающего решения, его личные представления о характере влияния среды на соответствующие действия, о достоверности гидрометеорологических данных и т.п.

С широким внедрением количественных методов обоснования принимаемых решений субъективные методы учета ГМУ вступили в противоречие с объективным характером усвоения другой – не гидрометеорологической – информации. Поэтому возникла необходимость разработки новой технологии учета ГМУ, базирующейся на количественной основе. При этом такая технология должна была удовлетворять следующим условиям.

Во-первых, ее применение не должно требовать кардинальных изменений в сложившейся системе оперативно-тактических расчетов. Последние, как известно, основаны на использовании математических моделей, разрабатываемых с применением методов исследования операций и системного ана-

лиза. Вычислительные операции и процедуры, составляющие технологию учета ГМУ, должны быть дополнением к существующим моделям, программная реализация которого является составной частью общей для данной задачи программы.

Во-вторых, примененный математический аппарат должен быть построен таким образом, чтобы приводить к искомым результатам при использовании только тех характеристик гидрометеорологической информации, которые уже известны или могут быть сравнительно просто получены.

Разработка технологии количественного учета ГМУ, выполненная Гос.НИНГИ, требует четкого понимания физического механизма влияния ГМУ на действия флота. Его сущность состоит в том, что это влияние проявляется в зависимости тактико-технических характеристик (ТТХ) большинства комплексов вооружения и военной техники (В и ВТ) от соответствующих гидрометеорологических параметров. Количественное выражение подобных зависимостей в виде формул, таблиц, графиков и т.п. принято именовать функциями влияния (ФВ) ГМУ на В и ВТ. Знание ФВ является необходимым условием возможности количественного учета влияния ГМУ.

Очевидно, что значения ТТХ, соответствующие определенным ГМУ, должны быть известны на этапе планирования, когда лицо, принимающее решение, может учесть при формировании своего решения именно эти значения ТТХ. А это значит, что указанные значения, равно как и значения соответствующих гидрометеорологических параметров, должны носить упреждающий, прогнозный характер. Понятно, что в зависимости от масштаба операции, отпущенного на ее подготовку времени и других обстоятельств упреждение или, иначе, заблаговременность прогноза может быть самым различным и выражаться как в очень малых (например, в секундах), так и в очень больших (например, месяцах или даже годах) интервалах времени. Но принципиально важным является то, что никогда эта заблаговременность не может быть нулевой, ибо момент принятия решения и момент его выполнения (или начала выполнения) всегда разделены некоторым промежутком времени. А любой прогноз, гидрометеорологический в частности, не может быть абсолютно точным в том смысле, что заранее нельзя сказать, в какой степени фактические условия будут совпадать с прогнозируемыми. Иными словами, прогнозу всегда присущ некоторый уровень неопределенности (ошибочности).

Из последнего следует, что учету подлежат не только сами ожидаемые значения гидрометеопараметров, но и неопределенность, то есть погрешность этих значений. Осуществить такой учет можно, если рассматривать гидрометеопараметры в качестве случайных величин и пользоваться методами теории вероятностей. Применение этих методов в полной мере требует знания многомерных законов распределения вероятностей прогнозируемых гидрометеопараметров. В большинстве случаев такая информация отсутствует, добыть ее в достаточном объеме в обозримом будущем вряд ли реально, а в тех случаях, когда применяются новые методы прогнозирования и необходимая статистика отсутствует, практически невозможно. В связи с этим, а также имея в виду сформулированное выше условие, разумно удовлетвориться приближенным методом линеаризации функций случайных аргумен-

тов (в переводной литературе популярны названия "дельта-метод" и "метод разгона ошибок"). Существо данного метода состоит в следующем.

Пусть имеется некоторая, в общем случае нелинейная функция $y = y(x_i)$ случайных аргументов $x_i, i = 1, 2, \dots, n$. Тогда дисперсия этой функции σ_y^2 может быть вычислена по приближенной формуле

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_M^2 \sigma_{x_i}^2 + 2 \sum_{i < j}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_M \left(\frac{\partial y}{\partial x_j} \right)_M r_{ij} \sigma_{x_i} \sigma_{x_j}, \quad (1)$$

где $\sigma_{x_i}^2, \sigma_{x_j}^2$ – дисперсии аргументов x_i и x_j соответственно;

r_{ij} – коэффициент корреляции пары аргументов x_i и x_j ;

M – значок, означающий, что производные вычисляются при значениях аргументов, равных их математическим ожиданиям.

Математическое ожидание m_y функции y может быть найдено также по приближенной формуле

$$m_y = y(m_{x_i}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x_i^2} \right)_M + \sum_{i < j}^n \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x_i \partial x_j} \right)_M r_{ij} \sigma_{x_i} \sigma_{x_j}, \quad (2)$$

где m_{x_i} – математические ожидания аргументов x_i .

В том частном случае, когда $y(x_i)$ линейная функция, равенства (1) и (2) являются точными, причем в формуле (2) вторые производные обращаются в ноль.

В рамках рассматриваемой технологии соотношения (1) и (2) применяются дважды.

На первом этапе в качестве x_i выступают гидрометеопараметры, а искомая функция y представляет собой ТТХ комплекса В и ВТ. Зависимость функции y от аргументов x_i задается соответствующей функцией влияния. Выполняя расчеты по формулам (1) и (2) для каждого комплекса противоборствующих сторон, ТТХ которого присутствуют в математической модели рассматриваемой операции, получают набор величин $y_k, \sigma_k, k = 1, 2, \dots, m$, характеризующих комплексы В и ВТ.

На втором этапе в качестве x_i выступают величины y_k , а искомой функцией y является расчетный показатель, используемый в модели операции (методике оперативно-тактических расчетов). Входящие в формулы (1) и (2) коэффициенты корреляции r_{ij} можно, как правило, принять равными нулю, а в тех редких случаях, когда они очевидным образом отличны от нуля, оценить приближенно из качественных (физических) соображений. В итоге будут получены значения m_y и σ_y , характеризующие искомый показатель. Эти значения можно использовать следующим образом.

В соответствии с известным в теории вероятностей “правилом 3σ “, практически все значения любой случайной величины X реализуются в интервале $m_x \pm 3\sigma_x$. Следовательно, в качестве гарантированного значения искомого показателя целесообразно принять величину

$$y_{zap} = m_y + 3\sigma_y, \quad (3)$$

если смысл показателя таков, что желательно иметь меньшее его значение (например, y – наряд сил, необходимый для решения определенной оперативной или тактической задачи с заданной вероятностью) или

$$y_{zap} = m_y - 3\sigma_y, \quad (4)$$

если желательно иметь большее значение показателя (например, y – количество уничтоженных объектов противника; вероятность решения задачи заданным нарядом сил и т.д.).

Очевидно, что различные варианты построения системы гидрометеорологического обеспечения (ГМО) флота применительно к обеспечению данной операции будут отличаться величинами σ_y , как функциями показателей точности гидрометеоданных σ_{x_i} . Задаваясь различными значениями σ_{x_i} и повторяя расчеты, можно составить представление о результативности вариантов системы ГМО. Выполняя расчеты для различных типовых задач флота, можно хотя бы в первом приближении оценить необходимость и целесообразность проведения мероприятий по совершенствованию системы ГМО, получить материал для сопоставления затрат на них с затратами на альтернативные мероприятия не гидрометеорологического характера (например, на наращивание сил флота).

Нетрудно заметить, что предложенная технология удовлетворяет условию сохранения сложившейся системы оперативно-тактических расчетов, поскольку предполагает использование тех же моделей и методик, которые разработаны и разрабатываются вне зависимости от свойств технологии учета ГМУ.

Вместе с тем необходимо обратить внимание на следующее.

Расчеты по приведенным выше формулам требуют задания значения гидрометеопараметра в однозначной форме (в виде единственного числа) с одновременным указанием дисперсии σ_x^2 (или, что по сути то же, среднего квадратического отклонения σ_x) и (при необходимости) коэффициентов корреляции r_{ij} . В сегодняшней гидрометеорологии принято выдавать информацию в неоднозначной, расплывчатой форме (например, в виде интервала: “температура воздуха 10–15°”). Значения σ_{x_i} , а тем более r_{ij} , чаще всего просто неизвестны. Разумеется, такое положение когда-то будет изменено и архаичная система выдачи данных будет заменена на более соответствующую современным представлениям. Однако рассчитывать на скорое изменение положения дел не приходится. Выход может быть найден путем использования своего рода преобразователя, позволяющего хотя бы приближенно переводить информацию из расплывчатой в однозначную форму. Таким пре-

образователем является разработанная в Гос.НИНГИ “Инструкция по определению показателей точности гидрометеорологической информации, используемой при управлении боевыми действиями и в повседневной деятельности Военно-Морского флота” (изд.ГУНиО МО РФ, 1993 г.). Там же содержатся некоторые сведения о величинах σ_{x_i} , r_{ij} и даются расчетные методы, позволяющие оценивать эти величины непосредственно в органах гидрометслужбы ВМФ.

Приведем простой пример, иллюстрирующий применение описанной технологии учета гидрометеороусловий.

Планируемые боевые действия (операция) – ракетный удар по одиночной морской цели (надводному кораблю). Цель расчетов – определение количества ракет, необходимого для поражения цели с заданной вероятностью $P_{пор}$. Формула для расчета показателя эффективности имеет вид

$$P_{пор} = 1 - e^{-\frac{np}{n_0}}, \quad (5)$$

где n – искомое количество ракет (без учета неопределенности информации о ГМУ);

n_0 – количество ракет, необходимое для поражения цели;

p – вероятность попадания ракеты в цель, рассчитываемая по формуле

$$p = \Phi_0\left(\frac{L+VT}{\sigma}\right) + \Phi_0\left(\frac{L-VT}{\sigma}\right), \quad (6)$$

где L – половина предельной дальности обнаружения цели устройством самонаведения ракеты;

V – скорость хода цели;

T – время устаревания данных о местонахождении цели;

σ – средняя квадратическая погрешность места цели в направлении, перпендикулярном плоскости стрельбы;

Φ_0 – функция Лапласа

$$\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Гидрометеопараметром, от значения которого зависит результат операции, является интенсивность дождя I .

Функция влияния интенсивности дождя на предельную дальность обнаружения цели устройством самонаведения ракеты выражается эмпирической формулой

$$L, \text{ миль} = 10 e^{-0,075I}, \quad (7)$$

где I – интенсивность дождя в мм/ч.

Исходные данные для расчета:

$n_0 = 10$; $V = 20$ уз; $T = 12$ мин.; $\sigma = 3$ мили. Заданное значение $P_{пор} = 0,8$.

По данным прогноза, интенсивность дождя в районе цели составляет

$I = 2,6 \text{ мм/ч}$, средняя квадратическая погрешность прогноза равна $\sigma_I = 0,8 \text{ мм/ч}$.

Разрешив формулу (5) относительно величины n , получим соотношение

$$n = -\frac{n_o}{P} \ln(1 - P_{\text{нор}}). \quad (8)$$

Применив к выражениям (7), (6) и (8) формулы (1), (2) и (3) в соответствии с описанной технологией, получим (с округлением до ближайшего целого)

$$n_{\text{зар}} = 24.$$

Повторив расчеты при средней квадратической погрешности прогноза $\sigma_I = 0,2 \text{ мм/ч}$, получим $n_{\text{зар}} = 19$.

Таким образом, повышение точности прогноза в 4 раза привело в данном случае к экономии средств (количества ракет) на 20,8%.

Рассмотренный пример показывает, что, имея более точный прогноз гидрометеоусловий, лицо, принимающее решение, может вводить меньшую поправку на возможное отклонение фактического состояния среды от прогнозируемого и тем самым получать ощутимую экономию в собственных силах и средствах.

Понятно, что такая экономия тем более значительна, чем достовернее (точнее) прогностические гидрометеоданные. Отсюда следует, что меры, направленные на совершенствование системы ГМО флота, приведут к несомненному военно-экономическому эффекту. К числу этих мер относятся:

- приведение в соответствие с достигнутым в России и за рубежом уровнем флотской системы сбора, обработки, анализа и отображения гидрометеорологической информации, базирующейся на широкой автоматизации информационных процессов и позволяющей применять современные методы прогнозирования ГМУ;

- разработка и внедрение новых эффективных методов гидрометеорологического прогнозирования;

- внедрение технологии количественного учета ГМУ в практику оперативно-тактических расчетов.



МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

ГРНТИ 78.21.39.17

ДИНАМИЧЕСКИЕ И РЕЖИМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБШИРНОГО ЗАЛИВА

А.С.СУДОЛЬСКИЙ
(ГГИ)

Приводятся динамические характеристики залива: ветровые волны, колебания уровня, течения, температура и мутность воды, деформации берегов, вдольбереговые перемещения наносов и другие. Показано, что динамические явления в заливе проявляются слабее, чем на ближнем участке водохранилища как за счет ограниченности размеров залива, так и за счет замедленности водообмена через пролив. Отмечено влияние судоходства на взмучивание донных отложений и перемешивание вод.

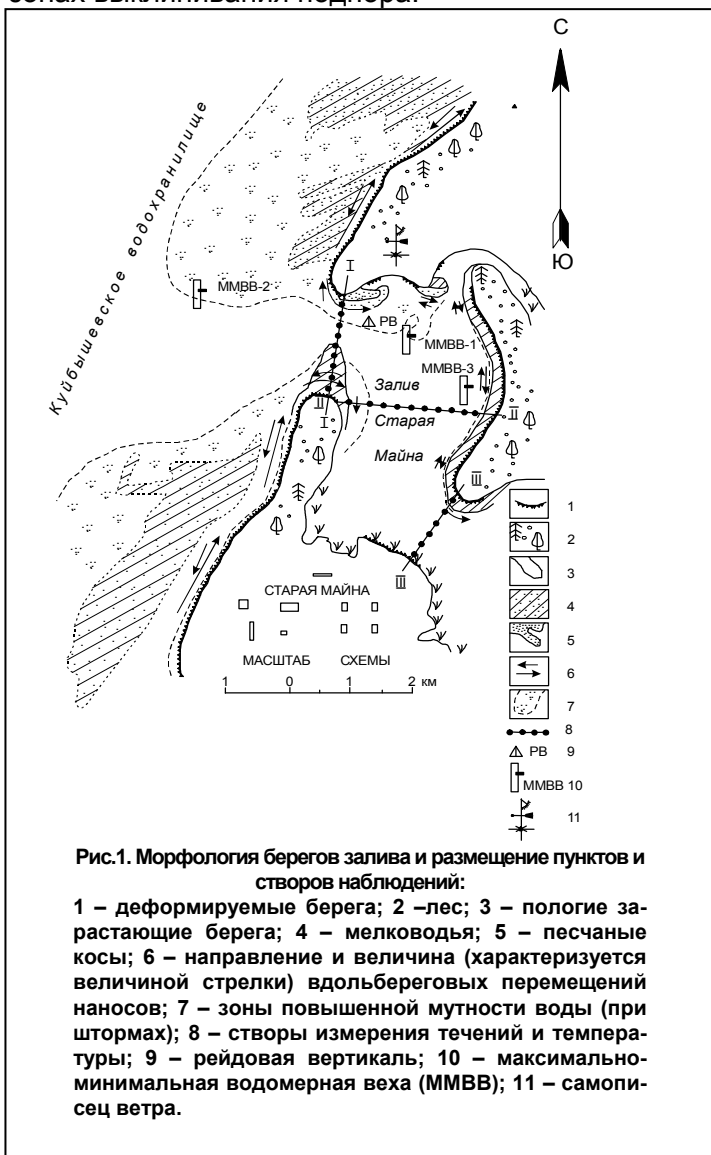
Заливы крупных водоёмов обычно широко используются для различных хозяйственных целей. Очень часто в заливах располагают водозаборы и водосбросы, причалы для отстоя и перегрузки судов, оборудуют зоны рекреации, рыбозаведения и пр.

При решении задач хозяйственного использования заливов часто возникает необходимость в получении сведений по их динамике и режиму, получение которых требует значительных затрат времени и денежных средств. В таких случаях большой интерес могут представлять сведения по заливам-аналогам.

Государственным гидрологическим институтом (ГГИ) в прошлые годы были выполнены натурные изыскания и проведен анализ литературных и архивных материалов по одному из обширных заливов Куйбышевского водохранилища – зал. Старая Майна. Полученные сведения могут представлять определенный интерес при решении тех или иных практических вопросов применительно к другим подобным акваториям.

Морфология залива и методика изысканий. Залив Старая Майна расположен на восточном берегу средней части Куйбышевского водохранилища, имеющего очертания обширного расширения протяженностью около 30 км и наибольшей шириной 27 км [1].

Залив образован затоплением долин двух рек – Красная и Старая Майна и имеет общую протяженность около 15 км при наибольшей ширине у горла около 5 км. Наиболее глубоководная его часть, примыкающая к водохранилищу, эллипсовидной формы, с размерами осей около 5 и 2 км и наибольшей глубиной около 15 м (рис.1). Глубины на входе в залив составляют около 3–5 м, а наибольшие по судоходной трассе равны 10–14 м. Глубины по долинам затопленных рек уменьшаются от 7–8 м у места сужения до 0,5–0,6 м в зонах выклинивания подпора.



Склоны долины к северу от залива имеют высоту 40–50 м, а высоты деформируемых волнами уступов берега у урезов преимущественно 2–4 м и лишь местами 8–12 м. Южные склоны долины пологие, заросли у урезов камышами и тростником, а на некотором удалении от берега – лиственными деревьями.

Восточный берег эллипсовидной части залива, сложенный песками и супесями, имеет высоту уступов около 3–5 м и полностью покрыт хвойным лесом высотой до 20–25 м.

Береговые отмели, сложенные мелкозернистыми песками, у северного и восточного берега глубоководной части залива имеют ширину 60–80 м.

В задачу изысканий входило выполнение натурных измерений характеристик режима и динамики водного объекта, а также сбор и обработка литературных сведений за время существования залива.

Натурные измерения проводились преимущественно в июле 1988 г. На акватории залива и у его входа были установлены дистанционные регистраторы уровня (ГР-38), ветра (М-12), течений (БПВ-2), а также максимально-

минимальные волномерные вехи (ММВВ) [2, 3]. В течение всего периода работ на рейдовой вертикали проводились 5-и срочные наблюдения за ветром, характеристиками течения, элементами ветровых волн и температурой воды. Кроме того, периодически проводились съёмки течений и температуры по трём створам, пересекающим глубоководную часть залива (см. рис.1), а на береговых отмелях измерялись вдольбереговые течения, определялась мутность воды и перемещения донных наносов.

Ветровые условия. Залив открыт действию ветров всех направлений, но наименьшие искажения за счёт орографии и растительности испытывают ветры западного и южного направлений.

На основании анализа материалов наблюдений за ветром в качестве наиболее репрезентативного пункта была выбрана плавучая ГМС-2, действовавшая в открытой зоне водохранилища в период с 1964 по 1972 г.

Данные наблюдений в этом пункте показали, что средняя месячная скорость ветра в летние месяцы составляла 5,0–5,1 м/с, увеличиваясь до 6,1–7,0 м/с в осенние [1]. На береговых пунктах при этом скорости ветра V составляли соответственно 3,7–4,4 м/с и 4,8–5,5 м/с.

Наибольшую повторяемость над водной поверхностью в летне-осенний период имеют ветры западных и южных направлений (14–19%), а наименьшую – ветры восточных направлений (около 7%).

Повторяемость ветров скоростью более 11 м/с за 16-летний период по одному из береговых пунктов составила 7,30%, а ветров скоростью более 16 м/с – 1,27% [1]. Над водной поверхностью неоднократно фиксировались (ГМС-2) ветры скоростью 20–25 м/с, а максимальная скорость достигала 32 м/с. Порывы ветра при этом достигали 35–40 м/с.

Оценка расчётных значений скоростей ветра различной повторяемости для основных направлений выполнена по известному в метеорологии методу (табл.1). Полученными данными можно воспользоваться для расчётов таких характеристик гидрометеорологического режима залива, как ветровые волны, скорости ветровых и вдольбереговых течений, перемещения наносов, прогнозы деформаций берегов и др.

Таблица 1
Расчётные значения скоростей ветра различной повторяемости

Период одноразовой повторяемости, лет	Расчётные значения скоростей ветра V , м/с				
	Все направления	Отдельные направления			
		С	В	Ю	З
10	23,2	19,7	19,0	19,8	20,5
50	24,5	21,5	21,1	21,5	22,1
100	25,2	22,2	22,0	22,2	24,1

Характеристики режима волнения. В зал. Старая Майна процессы волнообразования чаще всего происходят вне связи с волнением в водохранилище. Однако при штормах западных направлений волны проходят через горло залива и приводят к увеличению размеров волн в его западной части. В связи с этим отметим, что у пункта ГМС-2 высота предельных волн (обеспеченностью 0,01% в системе) при ветрах скоростью 10 м/с составляла 1,1–1,3 м, а при ветрах скоростью 20 м/с достигала 2,3–2,9 м [1, 5]. Данные наблюде-

ний за волнением в открытом водохранилище позволили выявить применимость для расчётов характеристик волнения теоретических зависимостей и зависимостей, полученных по наблюдениям на других водоёмах.

В частности, наблюдаемые средние длины волн, согласно [4], удовлетворительно оценивались зависимостью

$$\bar{\lambda} = 1,5 \bar{\tau}^2, \quad (1)$$

а средние скорости движения волн – зависимостью

$$\bar{C} = \sqrt{\bar{\lambda} g} / 2\pi = 1,25 \sqrt{\bar{\lambda}} = \bar{\lambda} / \bar{\tau}^2. \quad (2)$$

Обнаружена удовлетворительная согласованность функций распределения элементов волн в системах [4, 5].

На основании расчётов с использованием СНиП [6] было установлено, что наибольшие размеры штормовых волн формируются вблизи от горла залива и в северной части его акватории (табл.2).

В других местах глубоководной части залива высота расчётных волн $h_{1\%}$, указанных в табл.2 повторяемостей, составляет около 1,5–1,6 м, периоды $\tau \approx 4,0$ с, а длины $\lambda = 25–35$ м.

Таблица 2

Расчётные значения основных элементов волн (1%) различной повторяемости (в режиме) в двух точках залива при двух наиболее неблагоприятных направлениях ветра

Период одноразовой повторяемости, лет	Направление ветра и волн							
	Ю				З			
	V_{10} , м/с	$h_{1\%}$, м	τ , с	λ , м	V_{10} , м/с	$h_{1\%}$, м	τ , с	λ , м
у входа в залив								
10	24,3	1,5	4,5	32	23,3	1,9	5,5	47
50	26,3	1,6	4,8	36	25,7	2,1	5,7	50
в северо-восточной части залива								
10	24,3	1,7	5,4	45	23,3	1,9	5,4	44
50	26,3	1,8	5,5	47	25,7	2,0	5,5	46

Колебания уровня. Колебания уровня в заливе тесно связаны и в значительной мере повторяют колебания уровня на близлежащей части водохранилища. Большую часть летне-осенних периодов уровень воды в заливе удерживается около отметки НПУ (нормального подпора уровня, равного 53,0 м абс.). Максимальные годовые уровни в предшествующий период изменялись в диапазоне от 52 до 54 м абс, а средние месячные – от 46,0 до 53,6 м абс. Наряду с колебаниями, обусловленными притоком-стоком вод в водохранилище и в залив наблюдаются колебания, обусловленные неравномерностью сбросов вод через сооружения Куйбышевской ГЭС, сгонно-нагонные и сейшевые, а также колебания, обусловленные сочетанием нескольких названных факторов.

Суточные колебания уровня под действием динамических явлений в водохранилище чаще всего составляют 4–8 см, а предельные сгонно-нагонные при сильных штормах достигают 30–35 см, обычно на 5–10 см превышая соответствующие колебания уровня в зал. Старая Майна.

Непосредственно в заливе динамические колебания уровня чаще всего совершаются с периодами 9–13 ч.; 3–9 ч.; 1,5–3,0 ч. и 40–50 мин, имея при этом величину размаха около 8–10 см. Колебания первых двух диапазонов наиболее тесно связаны с влиянием водохранилища и обусловлены движением волн попусков и волн сработки. Колебания уровня, имеющие период 40–50 мин., а иногда и около 15 мин., формируются непосредственно в заливе и отличаются выраженной плавностью и устойчивой периодичностью. Их причиной являются сейши местного происхождения.

Режим течений. В зал. Старая Майна практически в течение всего года действуют течения, обусловленные притоком-оттоком вод в водохранилище, стоковые течения за счёт впадающих в залив рек Красная и Старая Майна. В безледоставный период возрастает роль местных ветровых, сейшевых и плотностных течений, нередко сочетающихся с названными выше течениями. Характеристики этих совместных течений в заливе, называемые суммарными, получены с помощью нескольких приборов БПВ-2 и путём измерений привязными глубинными поплавками [4] на рейдовой вертикали и по створам, пересекающим глубоководную часть залива (см. рис.1). Материалы этих измерений показали, что поверхностные скорости течения при ветрах скоростью 7–9 м/с достигают 15–20 см/с, а глубинные (5–6 м от поверхности) 8–10 см/с. Поверхностные скорости с диапазонами 6–10 см/с, 4–6 см/с и 2–4 см/с имели повторяемость около 25%.

В записях течений приборами БПВ (около 5 тыс. серий) в глубоководной части залива довольно отчётливо проявлялась циклоническая циркуляция: в южной части преобладал перенос к востоку, у восточного берега – к северу, а у северного берега – к западу (рис.2). С внешней стороны горла залива, т.е. непосредственно в Куйбышевском водохранилище при этом преобладал перенос вод к югу и юго-западу [7]. Измерения на рейдовой вертикали (840 серий) и на разрезах (74 вертикали, 610 серий) показали, что скорости по вертикали уменьшаются плавно, приближаясь к нулевым значениям у дна, а направления нередко меняются резко на 90° и даже на 180°. Иногда отмечался плавный разворот направления течения по глубине, причём как вправо, так и влево от направления поверхностного течения.

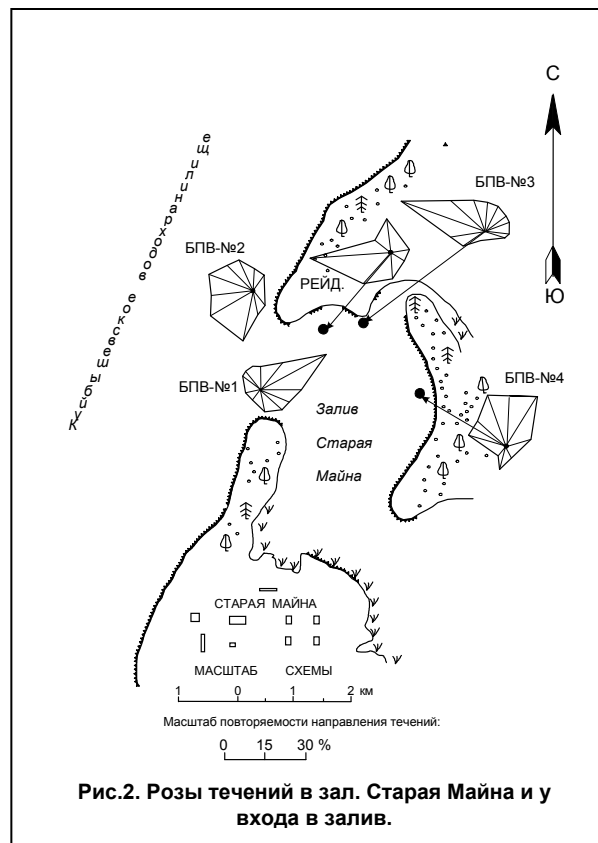


Рис.2. Розы течений в зал. Старая Майна и у входа в залив.

Таким образом, течения в заливе, несмотря на малые скорости, действуют в безледоставный период значительную часть времени, в связи с чем им принадлежит важная роль в процессах общего водообмена с водохранилищем, а также в процессах переноса органических и минеральных веществ.

Температура воды жаркого периода. Устойчивое повышение температуры воды в заливе обычно отмечается со второй или третьей декады апреля [1]. Наибольший прогрев вод наблюдается в июле – первой половине августа, а охлаждение – начиная с сентября и продолжается до конца ноября или даже до первых чисел декабря. Характеристики температуры воды за наиболее жаркий период получены по измерениям за июль 1988 г., когда температура воздуха неоднократно поднималась до 30°C , а наибольшая в полдни достигала $32\text{--}36^{\circ}\text{C}$. Температура воды за период наблюдений изменялась в диапазоне от 19 до 28°C .

Для получения характеристик температуры воды на рейдовой вертикали было выполнено около 710 серий измерений, а на створах более 600 серий измерений.

На рейдовой вертикали почти в 70% случаев температура воды уменьшалась плавно от $24\text{--}26^{\circ}\text{C}$ у поверхности до $20\text{--}23^{\circ}\text{C}$ – у дна. При этом отчётливо выраженный скачок температуры на $1,5\text{--}3,0^{\circ}$ отмечался только в 5% случаев измерений. В остальных сериях измерений получена примерно одинаковая температура от поверхности до дна или разность температур составляла несколько десятых долей градуса.

В отдельных местах залива при съёмках в жаркие дни на отдельных вертикалях створов обнаруживались перепады температуры по глубине в пределах $4\text{--}5^{\circ}\text{C}$, а наибольшие перепады температуры достигали $6\text{--}7^{\circ}\text{C}$.

По измерениям на рейдовой вертикали и на разрезах, выполнявшихся при ветрах средней силы и при высоте наибольших волн около 30–40 см, всегда обнаруживалась одинаковая температура воды в пределах всей глубины.

Следовательно, в жаркие периоды года при относительно слабой ветровой активности над водной поверхностью формирования перепадов температуры по глубине, при которых может замедляться вертикальный турбулентный обмен, создаются примерно в 60–70 случаях. В остальных случаях температура по глубине выравнивается, т.е. создаются условия гомотермии.

Береговые процессы и мутность вод. На деформируемых участках берегов водохранилища и залива за 30-летний период образовались крутые или отвесные уступы, высота которых составляет от 2–4 м до 10–12 м. Ширина береговых отмелей при этом достигала 60–80 м. На этих отмелях при волнении и особенно при штормах возникают вдольбереговые течения, происходит взмучивание донных отложений, наблюдаются деформации уступов берега и осуществляется вдольбереговой транспорт наносов.

Поверхностные скорости вдольбереговых течений в зонах интенсивной трансформации волн изменялись по данным пяти серий измерений от 0,10 до 0,60 м/с, мутность воды – от 0,60 до 3,0 кг/м³, а величины перемещения взвешенных наносов (через створ отмели) от 0,3 до 2,5 кг/с. Расходы влекомых (песчаных) наносов, измеренные донными ловушками, составили при этом около 10% от соответствующих расходов взвешенных наносов.

Уступы берега сместились в сторону суши за прошедшее время на 20–40 м с внешней стороны залива и на 10–15 м – внутри него. К моменту практически полного затухания береговых деформаций надводные уступы могут сместиться, как показали расчёты [8], с внешней стороны залива на 60–100 м, а внутри него – на 40–50 м. Будет продолжаться и нарастание размеров береговых отмелей и вдольбереговых перемещений наносов.

На современных береговых отмелях с внешней стороны залива в течение одного безледоставного периода перемещается, как показали расчёты по методу ГГИ [4, 8], 26 тыс. т твёрдого материала, из которых в северном направлении – 16 тыс. т, а в южном направлении – 10 тыс. т (см. рис.1). Внутри залива на отмелях у северного берега общий перенос твёрдого материала за безледоставный период составляет около 5 тыс. т, а перенос к востоку – 3,6 тыс.т. На основании названных цифр и аналогичных расчётов по методу ГГИ [4, 8], на рис.1 стрелками показаны относительные величины вдольбереговых перемещений наносов на разных участках берегов. Там же показаны зоны повышенной мутности, возникающие под действием береговых процессов в штормовые периоды. Такие зоны возникают по обе стороны от входа в залив и у восточного берега глубоководной зоны. Воды с повышенным содержанием мелких твёрдых частиц в периоды продолжительных штормов простираются на всю акваторию залива.

Донные отложения взмучиваются и перемещаются по заливу не только в результате ветро-волновых процессов, но и в результате движений судов, особенно при разворотах и сложном маневрировании у причалов или у входа в залив. Измерения на рейдовой вертикали (0,5 км от северного берега) показали, что при штилях и редких заходах судов в залив средняя мутность по глубине составляет около 2–4 г/м³. При прохождении 2–3^х судов за светлое время суток средняя мутность воды повышается до 8–10 г/м³. В дни с заходом в залив 5–6 судов и их маневрировании средняя мутность может повышаться до 20–30 г/м³. Непосредственно в зоне маневрирования крупных судов на трассе с глубинами 10–12 м мутность может превосходить указанный диапазон в несколько раз.

Закключение. В зал. Старая Майна происходят разнообразные динамические процессы, но их интенсивность меньше, чем на ближайшем участке Куйбышевского водохранилища, что обусловлено ограниченностью размеров и глубин залива, замедленностью его водообмена и т.п.

Высота штормовых волн в заливе составляет примерно 2,0 м, а длина – около 50 м. Динамические колебания уровня, обусловленные вторжениями в залив волн попусков и сработки [7], ветровыми сгонами–нагонами и сейшмами достигают 20–25 см, размах сейшевых колебаний местного происхождения – 8–10 см при изменении диапазона периодов от 40–50 мин. до 9–13 ч. Течения в заливе действуют большую часть безледоставного периода. Они образуют довольно отчётливо выраженную циклоническую циркуляцию переноса вод. Поверхностные скорости ветровых и стоковых течений редко превышают 20–25 см/с, а придонные редко достигают 2–4 см/с.

Температура вод в заливе чаще всего следует за температурой воздуха и в жаркие дни у поверхности и у берегов доходит до 25–28°C. Разность температуры по вертикали в жаркие штилевые дни иногда составляет 4–5°C, а

предельные величины перепадов – 6–7°C, но такие случаи наблюдаются редко. При действии ветров средней силы и особенно при штормовых ветрах температура воды по вертикали обычно выравнивается через несколько десятков минут после возникновения волн, даже если их высота составляет всего 0,4–0,5 м. За время существования залива деформации его берегов составили 10–15 м, прогнозируемые предельные смещения в сторону суши могут достигнуть 40–50 м.

Вдольбереговые перемещения твёрдого материала на береговых отмелях составляют за один безледоставный период в среднем около 5 тыс. т, что примерно в 5 раз меньше переносов с внешней стороны залива.

Донные наносы в заливе взмучиваются за счёт ветроволновых воздействий и за счёт движений судов. В периоды штилей и при заходах в залив одиночных судов средняя мутность воды обычно составляет около 2–4 г/м³, а при значительных штормах или при интенсивном движении судов и их маневрировании составляет 20–30 г/м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куйбышевское и Саратовское водохранилища. – Л.: Гидрометеиздат. 1978. – 270 с.
2. Рекомендации по размещению и проектированию рассеивающих выпусков сточных вод. – М.: Стройиздат. 1981. – 224 с.
3. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. – Л.: Гидрометеиздат. 1976. – 432 с.
4. Судольский А.С. Динамические явления в водоёмах. – Л.: Гидрометеиздат. 1991. – 264 с.
5. Федулова Е.М. Методика и результаты изучения ветроволновых характеристик Куйбышевского водохранилища. Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда. Т.5. – Л.: Гидрометеиздат. 1975, с.304–315.
6. Строительные нормы и правила (СНиП) 2.06.04–82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – М.: Стройиздат. 1983. – 38 с.
7. Чигиринский П.Ф. Исследование гидрометеорологических условий образования волн и течений в Куйбышевском водохранилище. – Сб. работ Комсомольской ГМО. 1971, вып.9, с.121–153.
8. Учёт деформаций речных русел и берегов водоёмов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов) ВСН 163–83. – Л.: Гидрометеиздат. 1985. – 140 с.



ABSTRACTS

A.A.Komaritsyn. Principles of Methodology of Navigation-Hydrographic and Hydrometeorological Support for the Navy. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.7–13.

Basic concepts of methodology of navigation-hydrographic and hydrometeorological support for the Navy, based on the systems analysis, are stated. Possible directions of evaluating the effectiveness of the Navy navigation-hydrographic and hydrometeorological system and its subsystems and hydrometeorological system.

A.I.Sorokin. Standard and Reference Oceanospheres. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.14–18.

Concepts of Standard and reference oceanospheres models are formulated. The method of their construction is suggested; an example of calculating the thermal component of Standard oceanosphere is given. Comparison with results obtained by NOAA (USA) is made.

Dmitriyev V.G., Zinchenko A.V., Kostin Yu.M., Soldatova N.I. Implementation of Computers Technologies in the Gos.NINGI (MoD RF). Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.18–27.

The technology improvement of the existing military-scientific information system is characterized. The purpose, structure concepts, tasks, functions and organization of the Automated Military-Scientific Information Centre (AMSIC) and automated reference-information fund are shown. The basic concepts of interfacing the AMSIC subsystems are considered.

B.A.Voytsehovskiy, V.N.Trunov. Analysis of GAGK-1 Directional Gyro and Artificial Horizon Compass under the Conditions of Random Disturbing Effects. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.28–32.

Evaluation results of GAGK-1 directional gyro and artificial horizon compass for the variants of separate and joint influence of random input disturbing effects set in the form of the instrumental and methodical errors of the system's elements are presented. Analysis of the evaluation results obtained allows to find the dominant causes influencing the accuracy of GAGK-1 output data and to show the ways for their elimination.

V.S.Krasovsky, E.A.Mokloкова, S.Y.Razvozov. Analysis of Diagnostic Support for Present-Day Navigation Equipment. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.33–37.

The main causes of insufficiently fast action and effectiveness of automate diagnostics systems are characterized. It is shown, that the restoration time of operating capacity for integrated navigation systems depends to a great degree on the validity of solving the diagnostic problems; it increases manyfold with the number of checks in the diagnostic cycle of a navigation system. The main directions intended for further improvement of diagnostic supports are determined.

V.S.Boldyrev, V.P.Zakolodyazhny. Ways of Satellite Navigation Systems Development. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.38–45.

Ways of improvement of the existing satellite navigation systems, based on the operational experience, as well as the new variants of the systems being designed to meet the growing requirements of users are considered.

S.P.Burnty. Methodological Features of Estimating the Efficiency of Radionavigation Systems Operation. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.46–51.

Interrelationship between the notions of the effectiveness and operational quality of RNS, the necessity to set a multicriteria estimation problem, to motivate the choice of the main functional characteristics of RNS, to account for subdivision of the functional characteristics models into steady-state and dynamic ones when choosing the efficiency factors are considered. The question of using, in the course of the research, such main evaluation concepts as suitability, preferability and adaptation are touched upon. The scheme of research methods used to study the RNS operation efficiency is given.

S.A.Yas`ko. Adaptive Algorithms of Navigational Positioning of Users of Low-orbit Multi-Satellite Network Systems. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.52–61.

The paper describes a new approach to the problem of provision of desired accuracy and performance of navigational positioning of low-dynamic users of low-orbit multi-satellite network systems without using the navigational field of space navigation systems. This approach is based on common protocols of measuring and data transmission during communication contact of one-channel user's terminal and a satellite-node of the network. This approach is relatively new, as it takes into account the subordinate role of a navigational protocol to the main communication protocol, and some peculiarities of the structure and functioning of network systems under consideration.

B.E.Ivanov. On the Model of Sea Depth Measurement Error. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.62–67.

Relationship between the distribution density of sea depth measurement error and the errors produced when measuring the sounding ray inclination angle and slant distance has been obtained.

Yu.I.Kuzmin, I.V.Kryukov, I.L.Dorot. Office Processing of Data Obtained by Multibeam Echosounders Used in Hydrographic Surveys. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.67–72.

Effective algorithms for processing the initial information obtained by means of the measuring system based on multibeam echosounder are suggested. Procedures of choosing the self-descriptive informative hydrological horizons from the sound velocity profile in the aqueous medium, calibration of systematic errors of the vessel's orientation sensors, and construction of mathematical model of the spatial depths field, using the zero-order local approximation, are described. Test results of the developed system for office processing the initial information, using the actual survey data, are presented.

V.N.Zavgorodny. On the Increase of Accuracy and Effectiveness of Bottom Relief Survey by Means of Towed Underwater Vehicle. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.72–79.

Relationships showing the influence of submergence depth variations and orientation of the towed underwater vehicle on the bottom relief survey accuracy are presented. To increase this accuracy the method of analyzing the trajectory stability and orientation of the vehicle as a dynamic system with interval indeterminacy of parameters in the course of its design is suggested.

A.P.Naumov, P.I.Maleyev. Electromagnetic Signals of Seismic Sources as Natural Course Markers. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.79–82.

Attention is drawn to the occurrence of low-frequency pulse signals from tectonic sources in the Earth's crust among the electromagnetic signals of natural origin. The possibility to use these signals as magnetic reference marks is shown.

P.I.Maleyev, B.M.Smirnov. New Methods of Determining the Magnetic Induction Vector Components of the Earth's Magnetic Field from Ferromagnetic Object. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.82–86.

Two methods of determining the magnetic induction vector components of the geomagnetic field from a mobile ferromagnetic object are considered. The methods are based on new approaches to determining the Poisson parameters.

B.N.Belyaev, B.N.Sheiko. Improvement of Hydrometeorological Support for the Navy as the Main Direction of Fleet Power Economy. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.87–92.

Main features of technology used for the integrated account of hydrometeorological conditions when controlling the fleet forces are described. The technology has been developed at Gos.NINGI. An example of the integrated account is given.

A.S. Sudolsky. Dynamic and Regime Characteristics of a Large Bay. Navigation and Hydrography, 1999, №8. P.93–100.

Dynamic characteristics of a bay, such as wind-produced waves, variations of level, currents, temperature and turbidity of the water, shore deformations, alongshore sediment transport and others are given. It is shown that the dynamic phenomena in the bay are less apparent than in the reservoir zone adjacent to the bay due to the limited extend of the bay as well as to the less active water exchange through the strait. The influence of ship traffic on sediment roil-up and water mixing is noted.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

БЕЛЯЕВ БОРИС НИКОЛАЕВИЧ, главный научный сотрудник Гос.НИНГИ, капитан II ранга (в отставке), д.т.н., профессор. Окончил Каспийское ВВМУ (1950), ВСОК ВМФ (1953), ВМА (1962). Специализация – гидрометеорология. Автор около 100 печатных трудов.

БОЛДЫРЕВ ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ, ведущий научный сотрудник ЗАО “ЦНИИМФ”, капитан I ранга (в отставке), доцент, д.т.н. Окончил ВВМУ им.М.В.Фрунзе (1948) и ВМА. Специализируется в области навигации и гидрографии. Автор более 120 печатных трудов.

БУРТНЫЙ СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ, преподаватель ВМА, капитан I ранга. Окончил ВВМУ им. М.В.Фрунзе (1977) и ВМА (1991). Специализация – радионавигация. Автор около 10 печатных трудов.

ВОЙЦЕХОВСКИЙ БОРИС АНТОНОВИЧ, доцент ВМА, капитан I ранга (в отставке), к.т.н. Окончил ВВМУ им. М.В.Фрунзе (1968). Специализация – технические средства связи. Автор около 50 печатных трудов.

ДМИТРИЕВ ВИКТОР ГЕОРГИЕВИЧ, начальник лаборатории Гос.НИНГИ, полковник, к.т.н. Окончил ЛГУ (1972). Специализация – математика, военная гидрометеорология, менеджмент по информационным технологиям. Автор более 40 печатных трудов.

ДОРОТ ИГОРЬ ЛЕОНИДОВИЧ, доцент СПб ГТУ, к.т.н. Окончил Ленинградский Политехнический институт (ЛПИ, 1970). Специализация – математическое моделирование. Автор 15 печатных трудов.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

BORIS N. BELYAEV, Gos.NINGI chief scientist, II-d rank captain (ret.), ScD, professor. Graduated from Caspian High Naval School (1950), Naval High Officer Courses (NHOC, 1953), Naval Academy (NA, 1962). Specialty – hydrometeorology. Author about 100 publications.

VLADIMIR S. BOLDYREV, leading scientist of JSCo. “Central Research Institute of the Merchant Marine”, I-st rank captain (Ret.), ScD. Graduated from Frunze’s High Naval School (FHNS, 1948) and NA. Specializes in the field of navigation and hydrography. Author more 120 publications.

SERGEI P. BURTNYY, NA teacher, I-st rank captain. Graduated from FHNS (1977) and NA (1991). Specialty – radionavigation. Author about 10 publications.

BORIS A. VOYTSEKHOVSKY, NA assistant professor, I-st rank captain (Ret.), PhD. Graduated from FHNS (1968). Specialty – technical means of navigation. Author about 50 publications.

VICTOR G. DMITRIYEV, Gos.NINGI laboratory chief, colonel, PhD. Graduated from LSU (1972). Specialty – mathematics, military hydrometeorology, management of information technologies. Author about 40 publications.

IGOR L. DOROT, SPb State University assistant professor, PhD. Graduated from Leningrad’s Politechnical Institute (LPI, 1970). Specialty – mathematical modelling. Author 15 publications.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

ЗАВГОРОДНИЙ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ, начальник отдела Гос.НИНГИ, капитан I ранга. Окончил ВВМУРЭ им. А.С.Попова (1979) и ВМА (1991). Специализация – устойчивость динамических систем.

VLADIMIR N. ZAVGORODNY, Gos.NINGI chief of section, I-st rank captain. Graduated from Popov's High Naval Radioelectronic School (HNRES, 1979). Specialty – stability of dynamic systems.

ЗАКОЛОДЯЖНЫЙ ВИТАЛИЙ ПАВЛОВИЧ, старший научный сотрудник Гос.НИНГИ, капитан I ранга (в отставке), к.т.н. Окончил ВВМУ им.М.В.Фрунзе (1948) и ВМА (1957). Специализируется в области спутниковых навигационных систем. Автор около 30 печатных трудов, включая одну монографию.

VITALY P. ZAKOLODYAZHNY, Gos.NINGI senior scientist, I-st rank captain (Ret.), PhD. Graduated from FHNS (1948) and NA (1957). Specializes in the field of satellite navigation systems. Author about 30 publications, including one monograph.

ЗИНЧЕНКО АНДРЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ, начальник отдела Гос.НИНГИ, капитан I ранга, к.т.н. Окончил Ленинградский электротехнический институт (ЛЭТИ, 1979) и ВМА (1988). Специализация – автоматизация информационных процессов.

ANDREY V. ZINCHENKO, Gos.NINGI chief of section, I-st rank captain. Graduated from Leningrad's Electrotechnical Institute (LETI, 1979) and NA (1988). Specialty – automated information technologies.

ИВАНОВ БОРИС ЕВГЕНЬЕВИЧ, главный научный сотрудник Гос.НИНГИ, капитан I ранга (в отставке), д.т.н., профессор, лауреат Государственной премии РФ, заслуженный деятель науки и техники. Окончил Балтийское ВВМУ (1957 г.) и ВМА (1969 г.). Специализация – морская геодезия, гравиметрия, гидрография, навигация. Автор более 180 печатных трудов.

BORIS E. IVANOV, Gos.NINGI chief scientist, I-st rank captain (Ret.), ScD, professor, RF State Prize Winner, RF Honored Science and Technical Worker. Graduated from the Baltic High Naval School (1957) and NA (1969). Specialty – marine geodesy, gravimetry, hydrography, navigation. Author more than 180 publications.

КОМАРИЦЫН АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, начальник ГУ-НиО МО РФ, адмирал, к.т.н. Окончил ТОВМУ им.адм.С.О.Макарова (1969), ВМА (1981), Академию Генерального штаба (1986). По специальности штурман. Автор ряда печатных трудов.

ANATOLY A. KOMARITSYN, chief of the Navy Hydrographic Service (RF MOD), admiral, PhD. Graduated from Makarov's Pacific Ocean High Naval School (1969), NA (1981), General Staff's Academy (1986). Specialty – navigator. Author many publications.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

КОСТИН ЮРИЙ МИХАЙЛОВИЧ, старший научный сотрудник Гос.НИНГИ, подполковник. Специализация – автоматизированные информационные технологии. Автор около 20 печатных трудов.

КРАСОВСКИЙ ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ, зам.начальника отдела ЦНИИ “Электроприбор”, капитан II ранга (в отставке), к.т.н. Окончил ВВМУ им. М.В.Фрунзе (1977 г.). Специализация – навигация. Автор около 30 печатных трудов.

КРЮКОВ ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ, научный сотрудник ГНПП “Севморгео”. Окончил СПб ГУ (1993). Специализация – гидрография и разработка программно-математического обеспечения. Автор 2 печатных трудов.

КУЗЬМИН ЮРИЙ ИВАНОВИЧ, зав.лаборатории ГНПП “Севморгео”, к.т.н. Окончил ЛЭТИ (1975). Специализация – навигационное обеспечение и автоматизация управлением движения судна. Автор около 50 печатных трудов.

МАЛЕЕВ ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ, старший научный сотрудник Гос.НИНГИ, капитан I ранга (в отставке), к.ф.-м.н. Окончил СПб ГУ (1952). Специализация – технические средства навигации. Автор более 170 печатных трудов.

МОКЛОКОВА ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА, старший научный сотрудник Гос.НИНГИ, к.т.н. Окончила ЛЭТИ (1979). Специализация – техническая диагностика. Автор около 40 печатных трудов.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

YURY M. KOSTIN, Gos.NINGI senior scientist, lieutenant-colonel. Graduated from Specialty – automated information technologies. Author about 20 publications.

VLADIMIR S. KRASOVSKY, Central Scientific Research Institute “Electropribor” deputy chief of section, II-d rank captain (Ret.), PhD. Graduated from FHNS (1977). Specialty – navigation. Author about 30 publications.

IGOR V. KRYUKOV, scientist of the State Scientific Production Enterprise (SSPE) “Sevmorgeo”. Graduated from SPb SU (1993). Specialty – hydrography and software development. Author 2 publications.

YURY I. KUZMIN, SSPE “Sevmorgeo” laboratory chief, PhD. Graduated from LETI (1975). Specialty – navigation support and ship’s motion automatization. Author about 50 publications.

PAVEL I. MALEYEV, Gos.NINGI senior scientist, I-st rank captain (Ret.), PhD. Graduated from SPb SU (1952). Specialty – technical means of navigation. Author more than 170 publications.

ELENA A. MOKLOKOVA, Gos.NINGI senior scientist, PhD. Graduated from LETI (1979). Specialty – technical diagnosis. Author about 40 publications.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

НАУМОВ АНАТОЛИЙ ПЕТРОВИЧ, старший научный сотрудник ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, к.т.н. Окончил ЛПИ (1965). Специализация – радиофизика. Автор более 70 печатных трудов.

РАЗВОЗОВ СЕРГЕЙ ЮРЬЕВИЧ, начальник отдела Академии Морского флота им. С.О.Макарова, д.т.н. Окончил ВВМУ им.М.В.Фрунзе (1977). Специализация – техническая диагностика. Автор более 40 печатных трудов.

СМИРНОВ БОРИС МИХАЙЛОВИЧ, старший научный сотрудник АОЗТ “Криомаг”, к.т.н. Окончил Московский электротехнический институт (1967). Специализируется в области электромагнитных измерений. Автор около 60 печатных трудов.

СОЛДАТОВА НЕЛЛА ИВАНОВНА, старший научный сотрудник Гос.НИНГИ. Окончила ЛГУ (1962). Специализация – автоматизированные информационные технологии.

СОРОКИН АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, Институт Озероведения РАН, советник РАН, член-корреспондент РАН, контр-адмирал (в отставке), д.т.н., заслуженный деятель науки и техники, лауреат Государственной премии СССР. Окончил ВВМУ им. М.В.Фрунзе (1946), ВМА (1955). Специализация – гидрография, картография, навигация. Автор более 250 печатных трудов.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

ANATOLY P. NAYMOV, Mendeleev's Scientific Research Institute of Metrology senior scientist, PhD. Graduated from LPI (1965). Specialty – radiophysics. Author more than 70 publications.

SERGEI Yu. RAZVOZOV, Makarov's Marine Fleet Academy chief of section, Sc.D. Graduated from FHNS (1977). Specialty – technical diagnosis. Author about 40 publications. – technical diagnosis.

BORIS M. SMIRNOV, senior scientist of PSC “Criomag”, PhD. Graduated from the Moscow Electrotechnical Institute (1967). Specializes in the field of electromagnetic measurements. Author about 60 publications.

NELLA I. SOLDATOVA, Gos.NINGI senior scientist. Graduated from LSU (1962). Specialty – automated information technologies.

ALEXANDER I. SOROKIN, RAS Institute of Lakestudy, Counselor of RAS, Corresponding Member of RAS, rear-admiral (Ret), RF Honored Science and Technical Worker, USSR State Prize Winner. Graduated from FHNS (1946), NA (1955). Specialty – hydrography, cartography, navigation. Author more than 250 publications.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

СУДОЛЬСКИЙ АЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ, ведущий научный сотрудник ГГИ, д.т.н. Окончил Одесский ГМИ (1955). Специализация – инженерная гидрология. Автор около 100 печатных трудов, в т.ч. четырех монографий.

ТРУНОВ ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ, доцент ВМА, капитан I ранга, к.т.н. Окончил ВВМУ им.М.В.Фрунзе (1982). Специализация – технические средства навигации. Автор около 20 печатных трудов.

ШЕЙКО БОРИС НИКОЛАЕВИЧ, зам. начальника отдела Гос.НИНГИ, капитан I ранга. Окончил ВВМУРЭ им.А.С.Попова (1976) и ВМА (1987). Специализация – эксплуатация автоматизированных систем управления. Автор 5 печатных трудов.

ЯСЬКО СТАНИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ, преподаватель ВИКА им.А.Ф.Можайского, майор, к.т.н. Специализация – навигационное обеспечение многофункциональных сетевых спутниковых систем. Автор около 10 печатных трудов.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

ALEXANDER S. SUDOLSKY, the State Hidrology Institute leading scientist, ScD. Graduated from Odessa's GMI (1955). Specialty – engineering hydrology. Author about 100 publications, including four monographs.

VICTOR N. TRUNOV, NA assistant professor, I-st rank captain, PhD. Graduated from FHNS (1982). Specialty – technical means of navigation. Author more than 20 publications.

BORIS N. SHEIKO, Gos.NINGI deputy chief of section, I-st rank captain. Graduated from Popov's HNRES (1976) and NA (1987). Specialty – exploration of automated control systems. Author 5 publications.

STANISLAV A. YAS'KO, MMESA teacher, major, PhD. Specialty – navigational support of multifunctional satellite systems. Author about 10 publications.



**ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ,
НАПРАВЛЯЕМЫХ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ
«НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ»**

1. Объем статьи не должен превышать 8 с., для статьи обзорно-аналитического характера – до 15 с. Количество рисунков и таблиц – не более 5 (по каждой позиции).

2. Статья должна иметь индекс ГРНТИ, сопровождаться аннотацией (помещается после названия), рефератом, списком использованной литературы и актом экспертизы.

3. К статье следует приложить название статьи, аннотацию и реферат на английском языке, а также основные сведения об авторе(ах) на русском и английском языках.

4. Все рисунки или фотографии должны иметь порядковые номера и подрисовочные подписи, размер не более формата **A4 (297x210 мм)** и черно-белое исполнение. Не рекомендуется использование мелких штриховок и заливок (не читаемых сканером с разрешением 300 точек на дюйм).

5. Все числовые значения в тексте, на рисунках и в таблицах должны соответствовать единицам, принятым в системе СИ.

6. Список использованной литературы должен быть составлен на языке оригинала (исключение – языки с иероглифическим написанием слов, например, японский) в порядке ссылок на источники по тексту.

7. Материалы должны быть подготовлены в формате текстового редактора **MS Word for Windows**, а также других систем, для которых имеются стандартные конвертеры Word. При оформлении использовать только стандартные шрифты, поставляемые с системой Windows.

8. Для диаграмм и графиков предпочтительно использование **векторных форматов**, импортируемых в MS Word for Windows и одновременное представление оригинал-макета. Растровая графика (только черно-белая) может быть представлена в формате **TIFF** или **PCX** с разрешением **300 DPI**.

9. В редакцию представляются дискета 3,5" с текстом статьи, аннотации и рефератом и их распечатки через 2 интервала в 1 экз. (дискета возвращается автору).

10. Материалы, отправляемые посредством электронной почты, направлять на адрес **E-mail: editor@navy.ru** в виде предварительно компрессированных архиваторами **ARJ** или **PKZIP**, присоединенных к письму файлов, закодированных **UUENCODE**.

Адрес редакции: Россия, 199106, Санкт-Петербург, Кожевенная линия, 41.
Телефон: (812) 217-97-60, Факс: (812) 217-19-66 (в рабочее время).
E-mail: editor@navy.ru

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 1999, №8

Редакторы: А.И.Баранов, С.А.Рудас

Компьютерное оформление: В.И.Скалон

**Условия подписки на журнал
"Навигация и гидрография"**

Стоимость годовой подписки на 2 номера журнала – 40 руб.

Наши реквизиты:

ИНН 7801020940 ПУ ЦБ РФ Набережное БИК 04408002
р/с 40502810500000000056, в/ч 62728 (Гос.НИНГИ МО РФ),
Санкт-Петербург,
указав в квитанции об оплате — "За подписку на журнал".

Подписано в печать 01.06.99

Заказ № 268

Рег. №013267 от 26.01.95

Комитет РФ по печати

© Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический
институт Министерства обороны РФ