

**НОВОСТИ
НАВИГАЦИИ
№ 1, 2009 г.**

**Научно-технический
журнал
по проблемам навигации
УДК 621.78:525.35**

Редакционная коллегия:

Главный редактор – Царев В. М.,
директор НТЦ «Интернавигация»,
к.т.н., заслуженный работник связи
РФ
Редактор – Соловьев Ю. А., д.т.н.
Отв. редактор – Цикалова Е. Г.

Члены редакционной коллегии:

Баринов С. П., к. т. н.;
Белгородский С. Л., д. т. н., проф.;
Верещако В. А.;
Власов В. М., д. т. н., проф.;
Донченко С. И., д. т. н.;
Зубов Н. П., д. в. н., проф.;
Коротышко А. Н., к. т. н.;
Переляев С. Е., д.т.н., проф.;
Писарев С. Б., д. т. н.;
Почукаев В. Н., д.т.н., проф.;
Ярлыков М. С., д. т. н., проф.

Журнал зарегистрирован
в Министерстве РФ по делам
печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций.
Регистрационный номер
ПИ № 77-5073

Издание подготовлено
и распространяется ФГУП НТЦ
современных навигационных
технологий «Интернавигация»
при участии Российского
общественного института навигации.
Тел.: (495) 626-25-01,
Факс: (495) 626-28-83
109028, Россия, г. Москва,
Б. Трехсвятительский пер., дом 2
E-mail: internavigation@rgcc.ru
<http://www.internavigation.ru>
<http://internavigation.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
«О НАВИГАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ» 3

В РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ НАВИГАЦИИ

ЗАСЕДАНИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО СЕМИНАРА
«ЛЕТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ»
И СЕКЦИИ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА РОИН 5

В ТЕХНИЧЕСКОМ КОМИТЕТЕ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ «РАДИОНАВИГАЦИЯ»

ЗАСЕДАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ «РАДИОНАВИГАЦИЯ» ТК 363 6

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ, ОБЗОРЫ, РЕФЕРАТЫ

РАДИОНАВИГАЦИОННЫЙ ПЛАН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 8
В.М.Царев, Ю.В. Лукьянюк, Ю.А. Соловьев, Г.А. Фешин

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ФОРМАТОВ СИГНАЛОВ ГНСС ГЛОНАСС 18
С. Б. Болوشي, А. Г. Геворкян, В. П. Ипатов, С. П. Ковита, Б. В. Шебшаевич

МЕТОД ПРИЕМА СИГНАЛОВ ГНСС ПОДВОДНЫМИ СУДАМИ
ПОД ПОВЕРХНОСТЬЮ МОРЯ, ПОКРЫТОГО ЛЬДОМ 24
А. В. Балов, А. Г. Геворкян

НАВИГАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ 29
А. В. Журавлев, В. М. Безмага

АЛГОРИТМЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ
В ЗАДАЧАХ ТЕСНОСВЯЗАННОГО КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ
ПРИЕМНИКА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ И ИНЕРЦИАЛЬНОЙ
НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ 36
А.Л. Аникин, С.Я. Хованец, С.Ю. Аксенов

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ
В ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОЙ АППАРАТУРЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ГНСС 43
С. П. Ковита, Р.Л. Козлов, А. Н. Коротков, А. В. Немов, Д. Ю. Тюфтяков, В. М. Царев

ОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ 48

КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, СОВЕЩАНИЯ 52

ИЗ ИСТОРИИ НАВИГАЦИИ 57

ГОСУДАРСТВЕННОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ НАВИГАЦИОННО-
ГИДРОГРАФИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 70 ЛЕТ

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ 59

К 75-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ ВОЗДУШНОЙ НАВИГАЦИИ
И ШТУРМАНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ 60

ПЛАНЫ И КАЛЕНДАРИ 63

Ответственность за достоверность материалов несут авторы статей. Мнение редакции
может не совпадать с мнением авторов

Компьютерная верстка: ООО НТБ «Энергия», www.bcard.ru
Типография ООО «Полиграф», Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

Contents

OFFICIAL DOCUMENTS

FEDERAL LAW OF THE RUSSIAN FEDERATION «ON THE NAVIGATION ACTIVITIES»	3
---	---

IN THE RUSSIAN PUBLIC INSTITUTE OF NAVIGATION

SESSIONS OF THE WORKSHOP «AIRCRAFT OPERATION» AND RPIN AIR TRANSPORT SECTION	5
---	---

IN THE RADIONAVIGATION TECHNICAL COMMITTEE ON STANDARDISATION

SESSION OF THE RADIONAVIGATION TECHNICAL COMMITTEE ON STANDARDISATION	6
--	---

SCIENTIFIC ARTICLES, REVIEWS, SYNOPSES

RADIONAVIGATION PLAN OF THE RUSSIAN FEDERATION AND THE PROBLEMS OF RADIONAVIGATION SUPPORT DEVELOPMENT	8
---	---

V.M. Tsarev, Yu.V. Lukianiuk, Yu.A. Soloviev, G.A Feshin

POSSIBLE IMPROVEMENTS OF GNSS GLONASS SIGNAL FORMATS	18
---	----

S. B. Boloshin,, A. G. Gevorkian,, V. P. Ipatov,, S. P. Kovita,, B. V. Shebshaevich

METHOD OF GNSS SIGNALS RECEPTION BY UNDERWATER SHIPS UNDER SEA SURFACE COVERED BY ICE	24
--	----

A.V.Balov, A.G.Gevorkyan

NAVIGATION COMPLEXES FOR APPLYING ON MOTOR VEHICLES	29
--	----

A.V. Zhuravlev, V. M. Bezmaga

ALGORITHMS OF INTEGRATED APPROXIMATION FOR PROBLEMS OF TIGHTLY COUPLED INTEGRATION OF THE SATELLITE NAVIGATION RECEIVER AND INERTIAL NAVIGATION SYSTEM	36
---	----

A.L. Anikin, S.J. Khovanets, S.J. Aksenov

INTERFERENCE SUPPRESSION CHARACTERISTICS OF ANTI-JAM GNSS USER EQUIPMENT	43
---	----

S. P. Kovita, R. L. Kozlov, A. N. Korotkov, A. V. Nemov, D. Yu. Tyufiyakov, V. M. Tzarev

<u>OPERATING INFORMATION</u>	48
---	----

<u>CONFERENCES, EXHIBITIONS, MEETINGS</u>	52
--	----

<u>FROM THE HISTORY OF NAVIGATION</u>	57
--	----

**70th ANNIVERSARY OF THE STATE RESEARCH
NAVIGATION &HYDROGRAPHIC INSTITUTE**

<u>OUR CONGRATULATIONS</u>	59
---	----

**75th ANNIVERSARY OF THE AIR NAVIGATION & PILOT SUPPORT DEPARTMENT
(N.E. ZHUKOVSKY MILITARY AIR ACADEMY)**

<u>NEW BOOKS AND MAGAZINES</u>	60
---	----

<u>PLANS AND CALENDARS</u>	63
---	----

Вступает в силу с момента публикации: 18 февраля 2009 г.

Опубликовано 18 февраля 2009 г.

14 февраля 2009 г. № 22-ФЗ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ «О НАВИГАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

February 14th, 2009

FEDERAL LAW OF THE RUSSIAN FEDERATION «ON THE NAVIGATION ACTIVITIES» № 22-FZ

Принят Государственной Думой 30 января 2009 года.

Одобен Советом Федерации 4 февраля 2009 года.

Статья 1. Сфера действия настоящего Федерального закона

1. Настоящий Федеральный закон устанавливает правовые основы осуществления навигационной деятельности и направлен на создание условий для удовлетворения потребностей в средствах навигации и услугах в сфере навигационной деятельности.
2. Действие настоящего Федерального закона распространяется на отношения, возникающие в связи с осуществлением навигационной деятельности и оказанием услуг в сфере навигационной деятельности, в том числе в целях обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации.

Статья 2. Основные понятия, используемые в настоящем Федеральном законе

Для целей настоящего Федерального закона используются следующие основные понятия:

1. навигационная деятельность — деятельность, связанная с определением и использованием координатно-временных параметров объектов;
2. средства навигации — технические средства, устройства и системы, предназначенные для формирования навигационных сигналов, передачи, приема, обработки, хранения и визуализации навигационной информации;
3. объекты навигационной деятельности — объекты, оснащенные средствами навигации и (или) использующие средства навигации в целях навигационной деятельности, а также объекты, обеспечивающие функционирование средств навигации;
4. услуги в сфере навигационной деятельности — деятельность, направленная на удовлетворение потребностей в средствах навигации и их эксплуатации, а также в навигационной информации;
5. навигационные сигналы с открытым доступом — сигналы, предназначенные для решения задач координатно-временного и навигационного обеспечения без ограничений, связанных с режимом санкционированного доступа.

Статья 3. Субъекты правовых отношений в сфере навигационной деятельности

Субъектами правовых отношений в сфере навигационной деятельности являются органы государ-

ственной власти, органы местного самоуправления, физические и юридические лица, обеспечивающие создание и функционирование средств навигации и объектов навигационной деятельности, а также физические и юридические лица, оказывающие и получающие услуги в сфере навигационной деятельности в соответствии с гражданским законодательством.

Статья 4. Особенности осуществления навигационной деятельности

1. В целях обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации, повышения эффективности управления движением транспортных средств, уровня безопасности перевозок пассажиров, специальных и опасных грузов, проведения геодезических и кадастровых работ транспортные, технические средства и системы (в том числе вооружение, военная и специальная техника), перечень которых определяется федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления в соответствии с их полномочиями, подлежат оснащению средствами навигации, функционирование которых обеспечивается российскими навигационными системами.
2. Особенности осуществления навигационной деятельности в период мобилизации, в период военного положения и в военное время определяются Правительством Российской Федерации.

Статья 5. Права собственности на средства навигации и объекты навигационной деятельности

1. Средства навигации и объекты навигационной деятельности могут находиться в собственности Российской Федерации, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности, собственности физических и (или) юридических лиц.
2. Космические аппараты и объекты наземной космической инфраструктуры, относящиеся к спутниковым навигационным системам и создаваемые за счет средств федерального бюджета, являются собственностью Российской Федерации, изымаются из оборота и не подлежат отчуждению.

Статья 6. ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАВИГАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. Финансовое обеспечение навигационной деятельности основывается на ее целевой ориентации и множественности источников финансирования и осуществляется за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов, собственных или привлеченных средств юридических и физических лиц, а также за счет иных источников в соответствии с законодательством Российской Федерации.
2. Финансовое обеспечение деятельности федерального органа исполнительной власти, органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, органа местного самоуправления, уполномоченных на решение задач в сфере навигационной деятельности в соответствии с законодательством Российской Федерации, является расходным обязательством соответственно Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципального образования.

Статья 7. ПОЛНОМОЧИЯ В СФЕРЕ НАВИГАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. Президент Российской Федерации определяет основные направления государственной политики в сфере навигационной деятельности.
2. Правительство Российской Федерации:
 - 1) организует реализацию государственной политики в сфере навигационной деятельности в целях обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации, в интересах различных отраслей экономики и международного сотрудничества Российской Федерации в указанной сфере;
 - 2) обеспечивает создание, эксплуатацию и развитие спутниковых навигационных систем в целях обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации;
 - 3) устанавливает порядок оснащения средствами навигации объектов навигационной деятельности в целях обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации, повышения эффективности управления движением транспортных средств, уровня безопасности перевозок пассажиров, специальных и опасных грузов;
 - 4) создает при необходимости федерального сетевого оператора в целях обеспечения единства технологического управления в сфере навигационной деятельности и оказания услуг в указанной сфере для федеральных государственных и иных нужд, определяет его задачи и функции.
3. Органы государственной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления имеют право получать услуги в сфере навигационной деятельности в установленном ими порядке.

Статья 8. УЧАСТИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ В НАВИГАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Физические и юридические лица могут осуществлять навигационную деятельность для собственных нужд и оказание услуг в сфере навигационной деятельности на всей территории Российской Федерации без ограничения точности определения координат объектов навигационной деятельности, за исключением территорий и объектов, для которых законодательством Российской Федерации установлен особый режим безопасного функционирования и перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации.

Статья 9. УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ С ОТКРЫТЫМ ДОСТУПОМ

Навигационные сигналы с открытым доступом предоставляются субъектам правовых отношений в сфере навигационной деятельности на безвозмездной основе и без ограничений.

Статья 10. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАВИГАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В целях информационного обеспечения навигационной деятельности уполномоченный федеральный орган исполнительной власти на своем официальном сайте в сети «Интернет» размещает сведения об услугах в сфере навигационной деятельности, оказываемых в соответствии со стандартами государственных услуг, и данные стандарты.

Статья 11. ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ О СРЕДСТВАХ НАВИГАЦИИ И ОБ ОБЪЕКТАХ НАВИГАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Защита информации о средствах навигации и об объектах навигационной деятельности от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий в отношении такой информации осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Статья 12. ВСТУПЛЕНИЕ В СИЛУ НАСТОЯЩЕГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА

1. Настоящий Федеральный закон вступает в силу со дня его официального опубликования, за исключением части 1 статьи 4 настоящего Федерального закона.
2. Часть 1 статьи 4 настоящего Федерального закона вступает в силу с 1 января 2011 года.

Президент Российской Федерации

Д. Медведев

*Опубликовано в «РГ» – Федеральный выпуск № 4851
от 18 февраля 2009 г.*



ЗАСЕДАНИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО СЕМИНАРА «ЛЕТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ» И СЕКЦИИ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА РОИН

SESSIONS OF THE WORKSHOP «AIRCRAFT OPERATION» AND RPIN AIR TRANSPORT SECTION

25 ноября 2008 г. состоялось совместное заседание научно-практического семинара «Летная эксплуатация воздушных судов» и Секции воздушного транспорта РОИН, посвященное 35-летию ГосНИИ «Аэронавигация», с повесткой дня:

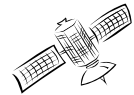
1. Доклад Назимова О. Н. (ГосНИИ «Аэронавигация») «Роль института в развитии аэронавигационной системы Российской Федерации».
2. Доклад Кушельмана В. Я. (ГосНИИ «Аэронавигация») «Основные направления развития авионики ВС ГА».
3. Демонстрация кинофильма об истории ГосНИИ «Аэронавигация».
4. Доклад Малевинского Ю. А. (Группа компаний «Волга-Днепр») «Развитие системы управления безопасностью полетов в а/к «Волга-Днепр».
5. Доклад Деревянко В. А. (ОАО «Аэрофлот») «Человеческий фактор в современной и перспективной аэронавигации».
6. Доклад Белгородского С. Л. (ГосНИИ «Аэронавигация») «Некоторые итоги совместной деятельно-

сти научно-практического семинара «Летная эксплуатация воздушных судов» и СВТ РОИН».

* * *

27 января 2009 г. состоялось совместное заседание научно-практического семинара «Летная эксплуатация воздушных судов» и Секции воздушного транспорта РОИН с повесткой дня:

1. Доклад Назимова О. Н. (ГосНИИ «Аэронавигация»), «Основные результаты 14-го заседания Группы экспертов по эшелонированию и безопасности воздушного движения (SASP) ИКАО (13–24 октября 2008 г.)».
2. Доклад Глухова В. В., Марасанова Л. О. (МГТУ ГА) «Совершенствование оценки точностных характеристик летательных аппаратов».
3. Доклад Павлова М. М., Захаровой Т. И. (ЛИИ им. М. М. Громова), Шарова В. Д. (Группа компаний «Волга-Днепр»), Дэниэла Бирни (а/п Гандер Канада) «Результаты российско-канадских исследований корреляционной зависимости между нормативным коэффициентом сцепления на ВПП и канадским индексом CRFI».



ЗАСЕДАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ «РАДИОНАВИГАЦИЯ» ТК 363

SESSION OF THE RADIONAVIGATION TECHNICAL COMMITTEE ON STANDARDISATION

12 марта 2009 г. во ФГУП НТЦ «Интернавигация» по адресу г. Москва, Б. Трехсвятительский пер., дом 2, состоялось очередное заседание технического комитета по стандартизации «Радионавигация» (ТК 363). Работа Технического комитета тематически связана с «Программой совершенствования нормативной базы системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей на период до 2011 года».

На заседании ТК 363 присутствовали: Мячков Борис Александрович, Федорко Григорий Владимирович (Департамент радиоэлектронной промышленности Минпромторга), Нерябов Юрий Иванович (4 ЦНИИ МО РФ), Непоклонов Виктор Борисович (ФГУ 29 ЦНИИ Минобороны России), Гончаров Александр Сергеевич (ФГУ 32 ГНИИ Минобороны России), Котлярова Елена Семеновна (ФГУП «ВНИИНАМАШ»), Поддубровский Андрей Николаевич, Новосельцев Борис Иванович (Калужский филиал ГУ НПО «Спецтехника и связь» МВД России), Власов Владимир Михайлович, Зиманов Лев Леонидович (МАДИ), Карпец Ольга Владимировна (ФГУП «РНИИ КП»), Новикова Елена Львовна, Сердюков Александр Иванович (ФГУП «ЦНИИмаш»), Родионов Сергей Викентьевич (ЗАО «ЦНИИМФ»), Шарифулин Ренат Маликович (Калужский филиал НИИ Телемеханических устройств).

ПОВЕСТКА ЗАСЕДАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ «РАДИОНАВИГАЦИЯ» (ТК 363)

12 марта 2009 г. Москва

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО.

Председатель ТК 363 Царев В. М. (ФГУП НТЦ «Интернавигация»).

О результатах работы ТК 363 в 2008 году. Представление первых редакций стандартов.

Ответственный секретарь ТК 363 Баздов А. К.

О результатах работы подкомитетов в 2008 году и основные направления работы.

ПРЕДСЕДАТЕЛИ ПОДКОМИТЕТОВ В 2009 г.

ПК 1 – председатель ПК 1 Редкозубов В. Н. (ФГУП НТЦ «Интернавигация»).

ПК 2 – председатель ПК 2 Панов С. А. (4 ЦНИИ Минобороны России).

ПК 3 – председатель ПК 3 Селиверстов А. С. (ФГУП ГНИНГИ Минобороны России).

ПК 4 – председатель ПК 4 Иванов М. Д. (ФГУП «ГосНИИ Аэронавигация»).

ПК 5 – председатель ПК 5 Родионов С. В. (ЗАО «ЦНИИ МФ»).

ПК 6 – председатель ПК 6 Власов В. М. (МАДИ).

ПК 7 – председатель ПК 7 Непоклонов В. Б. (ФГУ 29 НИИ Минобороны России).

ПК 8 – председатель ПК 8 Блинов И. Ю. (ФГУ 32 ГНИИ Минобороны России).

О подготовке предложений по разработке национальных стандартов по тематике ТК 363 в ПНС–2010.

Представитель Ростехрегулирования.

Особенности организации работы ТК 363 и подкомитетов в 2009–2010 гг. с учетом требований Федерального закона от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ «О техническом регулировании» (с изменениями от 9 мая 2005 г., 1 мая, 1 декабря 2007 г., 23 июля 2008 г.).

Представитель ФГУП «ВНИИНАМАШ».

О ходе реализации «Программы совершенствования нормативной базы системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей на период до 2011 г.»

Представитель ФГУП «ЦНИИМаш».

О состоянии работы по разработке национальных стандартов, устанавливающих требования к навигационной аппаратуре гражданских потребителей ГНСС в 2009 г.

Представитель Минпромторга.

О порядке организации выполнения «Программы национальной стандартизации 2009 года» ТК 363.

Председатель ТК 363 Царев В. М.

Рассмотрение и утверждение Плана работы ТК 363 на 2009 г.

Ответственный секретарь ТК 363 Баздов А. К.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ СЛОВО.

Председатель ТК 363 Царев В. М.



12 марта 2009 г.

РЕШЕНИЕ**ЗАСЕДАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ
«РАДИОНАВИГАЦИЯ» (ТК 363)**

По пунктам обсуждения вопросов Повестки дня решили:

По пункту 2

Принять к сведению информацию о ходе выполнения Плана работы ТК 363 в 2008 году.

По пункту 3

Заслушав и обсудив выступления председателей подкомитетов ТК 363, поручить председателям подкомитетов организовать работу подкомитетов по направлениям.

Продолжить создание базы данных национальных, международных и отраслевых стандартов по тематике подкомитетов. Информацию по базам данных представлять в ТК 363 для обобщения.

Поручить секретариату подготовить приказ по ТК с учетом изменений по составу и изменений в руководстве подкомитетов.

По пункту 4

В связи с отсутствием представителя Управления технического регулирования и стандартизации, содержание письма заместителя Руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Пугачева Сергей Владимировича о проекте ПНС 2010 довел до сведения присутствующих Царев Виктор Михайлович. По результатам предложений изложенных в письме:

- считать необходимым до 20 июня, направить в секретариат ТК 363 предложения по формированию ПНС 2010, с обоснованием необходимости разработки стандартов с определением источника финансирования, ориентировочного числа страниц и наличия международного аналога;
- повышать уровень информированности членов ТК и заинтересованных лиц, размещая информацию по работе ТК в журнале «Новости навигации», а первые редакции проектов стандартов на сайте ФГУП НТЦ «Интернавигация».

По пункту 5

Заслушав и обсудив выступление представителя ФГУП «ВНИИНАМАШ» Котляровой Елены Семеновны, считать необходимым:

- внесение изменений в Положение о ТК;

– расширение членства в ТК за счет заинтересованных корпоративных организаций и закрепления за ПК профильных организаций;

– повышение профессионализма членов ТК (аттестация на эксперта по стандартизации);

По пункту 6

Принять к сведению информацию представителя ФГУП «ЦНИИМАШ» Новиковой Елены Львовны о ходе реализации «Программы совершенствования нормативной базы системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей на период до 2011 года».

По пункту 7

Принять к сведению информацию представителя Минпромторга России Федорко Григория Владимировича о повышении эффективности технических комитетов, действующих в компетенции Минпромторга России и включения в составы ТК представителей ФОИВ. В частности, с состав ТК 363 предложено включить гл. специалиста-эксперта Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России Мячкова Бориса Александровича.

Вне повестки:

Заслушав и обсудив сообщение представителя Калужского филиала НИИ Телемеханических устройств Шарифулина Рената Маликовича, поручить председателю ПК 6 – Власову Владимиру Михайловичу подготовить предложения по стандартизации протоколов взаимодействия по радиоканалам аппаратуры подвижных средств и диспетчерских центров мониторинга.

Ознакомившись с тезисами выступления представителя МВД России Поддубровского Андрея Николаевича, предложено текст выступления опубликовать в виде статьи в журнале «Новости навигации».

По пункту 8

Принять к сведению информацию Председателя ТК 363 Царева В.М. о порядке организации работ по выполнению «Программы национальной стандартизации 2009 г.»

По пункту 9

- Утвердить План работ ТК 363 на 2009 год.



РАДИОНАВИГАЦИОННЫЙ ПЛАН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ¹

В.М.Царев, Ю.В. Лукьянюк, Ю.А. Соловьев, Г.А. Фешин²

В статье рассматриваются вопросы разработки Радионавигационного плана Российской Федерации и определения основных направлений развития радионавигационного обеспечения России

RADIONAVIGATION PLAN OF THE RUSSIAN FEDERATION AND THE PROBLEMS OF RADIONAVIGATION SUPPORT DEVELOPMENT

V.M. Tsarev, Yu.V. Lukianiuk, Yu.A. Soloviev, G.A Feshin

The paper considers the problems of the RF Radionavigation Plan development and the principal areas in the evolution of the radionavigation support in Russia

Радионавигационный план Российской Федерации (далее просто «План») [1] разрабатывался в соответствии с межведомственным «Решением об определении федеральных органов исполнительной власти, ответственных за поддержание, развитие и использование единой системы навигационно-временного обеспечения Российской Федерации и ее основных подсистем», одобренным Правительством Российской Федерации (от 19 октября 2004 г. №АЖ-П7-5684).

Разработка Плана осуществлялась совместными усилиями специалистов в области планирования радионавигационного обеспечения НТЦ «Интернавигация», научно-исследовательских и других организаций заинтересованных министерств и ведомств, среди которых ГОСНИНГИ, ЦНИИмаш (Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения, ИАЦ КВНО), РНИИ КП, ГОСНИИ «Аэронавигация», НПП «Транснавигация», ЦНИИ ГАиК и др., а также Российского общественного института навигации.

Требования потребителей и другие положения Плана рассматривались на ряде общественных научно-технических мероприятий (конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения» 2006 и 2007 гг. и др.). В процессе согласования Плана приняли участие все заинтересованные федеральные органы исполнительной власти России: Минобороны, Минтранс, Минпромторг (Минпромэнерго), Минсвязи, МЧС, Роскосмос и др.

Радионавигационный план Российской Федерации утвержден Приказом Минпромторга России от 2 сентября 2008 г. № 118, на который возложена ответственность за разработку, согласование и опубликование в средствах массовой информации

уточненной редакции Плана, а также изменений и дополнений к нему.

Радионавигационный план Российской Федерации является официальным изложением современного состояния и перспектив развития радионавигационных систем и средств Российской Федерации, определяющим направления реализации государственной политики в этой области.

План учитывает также соответствующие требования международных организаций (ИКАО, ИМО, МСЭ и др.), а также обязательства Российской Федерации по международным договорам.

Целями Плана являются [1]:

- повышение экономической эффективности и безопасности использования всеми группами потребителей имеющихся и перспективных радионавигационных систем и средств наземного и космического базирования Российской Федерации, а также объединенных международных систем;
- обеспечение взаимодействия между федеральными органами исполнительной власти, предприятиями промышленности, научными организациями и учреждениями, осуществляющими разработку, производство радионавигационных систем и средств, их эксплуатацию и предоставляющими услуги в области радионавигации.

Основные задачи Плана [1]:

- планирование наиболее перспективных направлений государственной политики в области развития конкурентоспособной отечественной индустрии радионавигационных услуг, учитывающей интересы и требования различных групп потребителей в Российской Федерации, а также обеспечение условий для определения наиболее эффективных методов использования государственных и внебюджетных ресурсов в этой области;

¹ Статья подготовлена на основе доклада на конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», 26.11.2008.

² В.М.Царев - к.т.н., директор, Ю.В. Лукьянюк – нач. сектора, НТЦ «Интернавигация», Г.А. Фешин – Минпромторг РФ, Ю.А. Соловьев – д.т.н., Российский общественный институт навигации.

- обеспечение эффективного формирования, поддержания и развития радионавигационных полей (пространств) в космосе, глобально и над территорией, в воздушном пространстве и прибрежных водах Российской Федерации;
- создание условий для экономически эффективной межведомственной координации мероприятий по созданию и обеспечению функционирования радионавигационных систем и средств и представлению качественных радионавигационных услуг потребителям; совершенствование информационного взаимодействия между разработчиками и потребителями навигационных услуг в Российской Федерации и за рубежом;
- информирование различных групп потребителей КВНО в Российской Федерации, мирового сообщества и международных организаций об основных направлениях политики государства в области развития и использования имеющихся и перспективных радионавигационных систем и средств наземного и космического базирования Российской Федерации, а также объединенных международных систем по их состоянию, техническим возможностям, планируемыми срокам использования, а также по направлениям международного сотрудничества в области радионавигации;
- создание условий для преодоления научно-технической, технологической и экономической зависимости Российской Федерации от зарубежных средств КВНО в части, касающейся радионавигационных систем и средств; обеспечение совместимости и интеграции зарубежных и отечественных РНС в ходе их разработки, эксплуатации и модернизации;
- достижение в рамках формирования нормативной правовой базы КВНО терминологического единства, выработка и реализация согласованных требований по радионавигационному обеспечению воздушных, морских и наземных потребителей через разработку соответствующих нормативных документов (технических регламентов, стандартов и др.) и проведение сертификации радионавигационных систем и средств;
- ориентирование зарубежных разработчиков и потребителей радионавигационных систем и средств на возможность использования существующих и перспективных радионавигационных систем и средств Российской Федерации;
- повышение профессионального уровня и качества подготовки в Российской Федерации специалистов по навигационному обеспечению.

Первая редакция Российского радионавигационного плана (РРНП-1994) [2], изданная в 1994 году, была разработана во исполнение Постановления Совета Министров Российской Федерации от 20 июня 1992 года № 410. В соответствии с решением Межведомственной комиссии «Интернавигация» от 20 июня 1996 г. была разработана и издана в 1998 г. вторая редакция Плана (РРНП-1998) [3].

Отметим, что практика радионавигационного планирования за рубежом известна с 70-х годов прошлого века, когда начали выходить Федеральные радионавигационные планы (ФРП) США с периодичностью (де-факто) в 2–3 года. Так, известный ФРП США 1984 г. [4] представлял собой уже третью редакцию этого документа. С января 2009 г. в США действует ФРП 2008 г. [5]. По материалам [5] Федеральный радионавигационный план США должен обновляться каждые два года.

В последнее время в Европе также предприняты попытки разработки Европейского радионавигационного плана [6,7], однако конечные результаты этого процесса нам пока не известны.

Необходимость разработки новой редакции Радионавигационного плана Российской Федерации вызвана новыми условиями развития нашего общества, народного хозяйства, силовых ведомств и возможностями совершенствования отечественных технических средств радионавигационного обеспечения.

Следует отметить, что при разработке Плана были учтены многие программные и планирующие документы, посвященные развитию радионавигационного обеспечения и гармонизации национальных систем организации воздушного движения государств-участников Содружества Независимых Государств [8,9], модернизации транспортной системы России [10], ФЦП «Глобальная навигационная система на 2002–2011 гг.» [11,12], концепции применения спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS в транспортном комплексе [13], создания и развития Федеральной авиационной службы [14,15]. Полный список учтенных документов приведен в приложении.

Целью статьи является наряду с изложением основных положений нашего Плана дать представление об особенностях технологии разработки Плана, в том числе обоснования требований потребителей навигационной информации, политики и основных направлений развития радионавигационного обеспечения, а также об основных возникающих при этом проблемах.

Основными факторами, учитываемыми при разработке Плана, являются:

- характеристики потребителей; требования к навигационному обеспечению;
- характеристики используемых навигационных систем;
- оснащенность потребителей навигационной аппаратурой и степень удовлетворения их требований;
- основные направления развития и возможности перспективных радиотехнических и автономных навигационных систем;
- обеспечение надежности и живучести навигационного обеспечения;
- ресурсы и экономические возможности развития средств радионавигационного обеспечения;
- возможности по переоборудованию парка потребителей навигационной аппаратурой;
- возможности внедрения технологий использования новых радионавигационных систем.

В структуре Плана предусмотрены следующие разделы:

1. Общие положения
2. Требования потребителей к радионавигационным системам
3. Общая характеристика существующих и разрабатываемых радионавигационных систем
4. Перспективные направления развития и совершенствования систем радионавигации
5. Снижение уязвимости радионавигационных систем
6. Политика в области радионавигационных систем и оперативные планы их развития
7. Эффективность реализации радионавигационного плана
8. Международное сотрудничество в области радионавигационных систем

В Плате сформулированы и учтены требования воздушных, морских, речных, наземных (сухопутных), космических потребителей, служб спасания,

объектов частотно-временного обеспечения. В табл. 1 приведены основные обобщенные требования потребителей к радионавигационному обеспечению (РНО).

Обобщенные требования включают требования к рабочим зонам радионавигационных систем (РНС), точности местоопределения (среднеквадратическая погрешность, СКП), доступности (вероятности обслуживания) и целостности (вероятность выявления нарушения и/или интервала времени, в течение которого оно выявляется) в соответствии с особенностями потребителей. При этом учитываются международные требования к навигационному обеспечению самолето- и кораблевождения, которые определены в документах ИКАО (Документ АWOP/16-DR/2 25/6/97 по требуемым навигационным характеристикам [16], Поправки 76 и 79 ИКАО [17,18] по требованиям к сигналу в пространстве ГНСС³) и ИМО.

Таблица 1.

ОСНОВНЫЕ ОБОБЩЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К РНО

Потребители	Решаемые задачи	Рабочая зона	Погрешность местоопределения (СКП)	Доступность	Целостность
	1	2	3	4	5
Воздушные	Полеты по маршруту (трассе)	Глобальная Региональная	0,25 – 5,8 км	0,99 – 0,99999	$1 - 10^{-7}$ /ч (15 с)
	Полеты в зоне аэродрома	Район аэродрома	370 м	0,99 – 0,99999	$1 - 10^{-7}$ /ч (15 с)
	Некатегорированный заход на посадку	Район аэродрома	110 м	0,99 – 0,99999	$1 - 10^{-7}$ /ч (10 с)
	Заход и посадка по категориям ИКАО	Зона средств посадки	2,0 – 8,5 м 0,3...2 м (Н)	0,999 – 0,99999	$1 - 2 \times 10^{-7}$ $1 - 2 \times 10^{-9}$ (6 – 1 с)
	Спецзадачи, геодезические и геофизические наблюдения	Локальная	1 – 10 м	0,999	0,999
Морские	В районах океанского плавания	Глобальная	50 м	0,998 за 30 сут.	10 с
	В районах прибрежного плавания при невысокой интенсивности движения судов	Региональная	5 м	0,995 за 2 года	10 с
	При плавании в портах, на подходах к ним и в прибрежной зоне с высокой интенсивностью движения судов	Локальная	5 м	0,998 за 2 года	10 с
	По всему Мировому океану (перспективные требования)	Глобальная	10 м	0,998 – 0,9997	10 с
	При плавании в акваториях портов и выполнении специальных работ (перспективные требования)	Локальная	0,05...0,5 м	0,998 – 0,9997	10 с
Речные	Движение судов по внутренним водным путям: • свободные реки • каналы • расстановка знаков, картография и т. д.	районы рек	5 – 15 м	0,999	0,99
		р-ны каналов	3 – 5 м	0,999	0,99
		р-ны рек, каналов	0,25 – 3 м	0,99	0,9

³ ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система.

	1	2	3	4	5
Наземные	Движение наземного транспорта по произвольным маршрутам (одиночные средства и группировки)	Региональная, локальная	100 м	0,99	0,95
	Движение наземного транспорта по установленным маршрутам (одиночные средства и группировки)	Региональная, локальная	100 м	0,99	0,95
	Решение спец. задач	Локальная	5–15 м	0,99	0,95
	Картография и геодезия, землеустройство	Глобальная, региональная, локальная	0,02–0,03 м 0,02–0,05 м 3...6 мм	–	–
Космические	КА связи и ретрансляции		200 м		
	КА навигационного обеспечения		3–5 м (должны быть снижены)		
	КА геодезического обеспечения		0,33 м		
	КА системы обнаружения терпящих бедствие объектов		33 м		
	КА геофизического обеспечения		17–50 м		

Новые по отношению к прежним редакциям Плана [2,3] требования сформулированы речными, сухопутными (автотранспорт) и космическими потребителями. Это, в частности, отвечает известному повышенному интересу к РНО, проявляемому автомобилистами и соответствующими системами управления автотранспортом.

В меньшей степени развиты требования железнодорожного транспорта. В Плане записано: «Для поддержки системы управления поездами единственным и самым важным требованием является способность определения с очень высокой степенью достоверности того, какой из двух путей занимает поезд: вероятность при этом должна превышать 0,99999. Исходя из минимального расстояния между соседними колесами, можно найти требуемые показатели точности местоопределения» [1]. Таким образом, работы в этом направлении должны быть продолжены.

Также отмечается, что «требования частотно-временного обеспечения потребителей, например систем связи и др., пока недостаточно обобщены соответствующими государственными органами подобно требованиям к обеспечению точности определения места. В то же время существующая практика показывает насущную потребность в получении информации о точном времени, а также высокостабильных частотных эталонов. Это, в частности, относится к синхронизации быстродействующих синхронных линий передачи данных, основанных на принципах синхронной цифровой иерархии (СЦИ) и использующих тактовую сетевую синхронизацию (ТСС)», к синхронизации базовых станций сотовых систем подвижной связи и др.

«Учитывая предполагаемое использование базовых станций сотовых систем для определения места потребителя с точностью (СКП) в диапазоне 50...500 м, получим требование их привязки к шкале точного времени и синхронизации на уровне 50...100 нс.

Существует также целесообразность обеспечения точной синхронизации и устройств, работающих в стандарте DECT.

Временная информация может использоваться и энергетическими компаниями для измерения разности фаз на электростанциях, регистрации событий, последующего анализа ситуаций, для измерения частоты тока электростанций и т. д.

Еще одним применением времени РНС является синхронизация часов при проведении астрономических наблюдений типа наблюдений на интерферометрах со сверхдлинной базой, использующей пульсары.

Соответствующие требования здесь пока находятся в стадии формирования» [1]. Таким образом, можно ожидать, что требования к частотно-временному обеспечению будут предметом рассмотрения при разработке следующих редакций Плана.

Область применения Плана охватывает радионавигационные системы и средства гражданского и двойного применения, находящиеся в ведении различных федеральных органов исполнительной власти. План не включает в себя радиотехнические системы, которые выполняют радиолокационно-обзорные или связные функции. В частности, он не включает автоматические идентификационные системы (АИС) и системы автоматического зависящего наблюдения (АЗН), но включает навигационные средства, на которые опираются упомянутые системы.

Радионавигационные системы, рассматриваемые в Плане, представлены в таблице 2.

В процессе разработки Плана проведен анализ состояния и развития всех РНС, а также соответствия их возможностей выдвинутым требованиям к РНО потребителей. Выявлено, в частности, что к выполнению требований по точности местоопределения СКП \leq 10 м среди отечественных систем приближается и может соответствовать лишь спутниковая РНС (СРНС) ГЛОНАСС.

РНС ПЛАНА

Глобальные космические (спутниковые) радионавигационные системы	НАЗЕМНЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ		
	Системы дальней навигации	Системы ближней навигации	Системы посадки
ГЛОНАСС с функциональными дополнениями, Цикада (Цикада-М)	«Альфа» («Маршрут»), «Чайка» («Тропик-2С»), «Тропик-2В», «Тропик-2Е», «Тропик-2П»), «Марс-75»	Брас-3, РС-10, Спрут, ГРАС (ГРАС-2), Крабик-Б (БМ), РСБН-4Н (8Н), ПРС, РМА-90, РМД-90, – 200, DVOR-2000, DME-2000	СП-75 (80, 90, 200), ПРМГ-5, (76У), МЛС, СП типа GBAS (диф. режим ГЛОНАСС)

В то же время система требует воссоздания и доведения до заданных характеристик, а также своего дальнейшего развития в направлении удовлетворения требований в первую очередь по доступности и целостности.

Поэтому полагается, что после 2008 г. основу радионавигационного обеспечения российских потребителей должна составлять именно ГЛОНАСС и американская GPS (как вспомогательная) с учетом развития и использования функциональных дополнений СРНС, а также обоснованного гармонизированного поддержания и использования развернутых в настоящее время РНС наземного базирования.

Основными направлениями работ по системе ГЛОНАСС определены:

- доведение численности космических аппаратов (КА) орбитальной группировки (ОГ) до 18 КА в 2008 г; и 24 – 25 КА в 2010 г; и дальнейшее наращивание до 32 КА к 2012 – 2013 гг; [19];
- завершение летных испытаний и серийное производство КА «ГЛОНАСС-М»;
- наращивание ОГ ГЛОНАСС с использованием КА «ГЛОНАСС-М»; введение нового гражданского сигнала в диапазоне L2 и возможность двухчастотных гражданских определений;
- использование межспутниковых измерений;
- создание КА «ГЛОНАСС-К» со сроком активного существования 10 лет, его летные испытания и запуски; излучение нового сигнала в диапазоне L3 и др;
- расширение номенклатуры решаемых задач (обнаружение терпящих бедствие объектов);
- развитие наземной инфраструктуры;
- с учетом работ по всем этим направлениям повышение точности в 2...2,5 раза.

На 12.02.09 г. в составе ОГ ГЛОНАСС находилось 20 КА, при этом было 19 КА, работающих по целевому назначению, а один временно выведен на техническое обслуживание [20]. В целом, несмотря на неполноту ОГ, современные показатели практически 100% доступности сигналов на территории России и не менее 92% доступности глобально (интегральная доступность) позволяют считать уже сейчас возможным и целесообразным использование ГЛОНАСС вместе с GPS для отработки большинства технических решений и спутниковых технологий. Колумнист журнала GPS World Эрик Гакстаттер назвал ГЛОНАСС «событием 2009 года» [21]. При существующем темпе запусков (6 КА в год) представляется вполне реальным воссоздать ОГ из 24 КА в 2010 г.

Вопрос реализации новых сигналов с частотным разделением L3 и других, в том числе с кодовым разделением сигналов и меандровых [22] на КА «ГЛОНАСС-К» рассматривается в настоящее время достаточно представительной группой специалистов.

Развитие наземной инфраструктуры ГЛОНАСС включает, в частности, создание функциональных дополнений – дифференциальных подсистем (ДПС): широкозонных (ШДПС), региональных (РДПС) и локальных (ЛДПС). Это:

- Система дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ – Российская ШДПС) разработки РНИИ КП.
- Региональные дифференциальные подсистемы (РДПС) на основе импульсно-фазовых РНС (ИФРНС).
- 3 – 4 РДПС (типа GRAS) на основе технологии авиационных локальных ДПС [23] (стандарта GBAS [17]).
- Сети ЛДПС: авиационных (стандарта GBAS [17]) типа ЛККС-А-2000 систем посадки, морских и речных (с использованием аппаратуры типа СН-3510 и др.) ДПС, геодезических ДПС (свыше 400 ДПС) и ДПС наземного транспорта.

Количественные характеристики средств определялись с использованием источников [23 – 26].

Достаточно впечатляющими представляются планы развития сети дифференциальных спутниковых подсистем в количестве 35 ДПС в интересах морского транспорта «по периметру» России (рис. 1) и для внутренних водных путей в количестве до 25 ДПС, а также создания центров управления и диспетчерских пунктов наземного транспорта (~110 единиц).

Политика и планы в части наземных РНС:

- Поддержание, модернизация ИФРНС и создание спутниковых региональных дифференциальных подсистем (РДПС) («Чайка-СНС», «СНС-Север», «СНС-Восток»).
- Поддержание и эксплуатация системы «Маршрут» («Альфа») в составе 4-х станций до 2020 года, после чего будет решаться вопрос о ее дальнейшем использовании.
- Поддержание, развитие и замена существующих средств ближней навигации: Брас-3, РС-10, Спрут – для обеспечения судовождения в прибрежной зоне плавания и при подходе к портам; ГРАС (ГРАС-2), Крабик-Б (БМ) – для прецизионных измерений в интересах гидрографии и специальных задач; РСБН-4Н (8Н), ПРС, РМА-90, РМД-90, –

200, DVOR–2000, DME–2000 – для обеспечения самолетовождения по воздушным трассам и в зонах аэродромов.

- Поддержание, развитие и замена существующих систем посадки (СП): СП–75 (80, 90, 200), ПРМГ–5, (76У). Возможна замена на АДПС.

В Плате предусмотрено проведение ОКР по модернизации импульсно-фазовых РНС типа «Тропик-2» (Чайка): Европейской, Восточной и Северной, а также использование их передатчиков для передачи дифференциальных поправок и данных контроля целостности СРНС ГЛОНАСС и GPS.

В настоящее время продолжают работы по созданию Российско-Американской цепи (РАЦ) «Чайка-Лоран-С» в составе двух российских станций в районах н. п. Петропавловск-Камчатский и Александровск-Сахалинский и одной американской станции «Лоран-С» на о. Атту (США). Система находится в опытной эксплуатации. Запланированы и проводятся также работы по созданию Объединенных РНС с Японией, Республикой Корея и Норвегией с использованием ИФРНС типа Лоран-С этих стран и соответственно Восточной и Северной цепочек ИФРНС России.

Подвижная ИФРНС «Тропик-2П» предназначена для обеспечения решения задач в отдельных локальных районах. Она сопрягается со стационарными РНС «Тропик-2» («Чайка») и может использоваться для расширения ее радионавигационных полей. Предполагается ее замена разрабатываемой в настоящее время системой «Скорпион».

Остановимся подробнее на планах развития РНС в интересах авиации. В таблице 3 приведены сравнительные количественные характеристики парков РНС России и США, имея в виду сравнимость размеров территории (17,075 и 9,4 млн. км² соответственно).

Из таблицы 3 следует, что при почти в два раза большей площади на территории России оказывается на порядок меньше средств, способных обеспечить современные и перспективные требования к навигационному обеспечению воздушных судов (ВС) ИКАО (зональная навигация и др.), поскольку основу парка составляют приводные радиостанции (~ПРС) [27]. Кроме того, практически на порядок оказывается меньше инструментальных систем посадки (СП).

В то же время в ФЦП «Модернизация ОрВД...» [24] принята консервативная стратегия развития только наземных средств радионавигации, предусматривающая рост на 100 единиц числа ВОР/ДМЕ (82) и РСБН (18), модернизацию 60 радиомаячных СП и 170 ПРС, хотя по проекту «Единой технической архитектуры перспективной АНС» [23] пред-



Рис. 1. Развитие сети морских ЛДПС СРНС

усматривается создание и использование записанных в Плате и СДКМ (стандарта SBAS), и РДПС типа GRAS, и АДПС типа GBAS, не нашедших отражения в ФЦП [24]. Основной упор в ФЦП [24] сделан на использование номинального режима СРНС для обеспечения полетов по маршруту, в зоне аэродрома и при неточном заходе на посадку, для чего уже были проведены работы по геодезической привязке 42 аэродромов [27].

Необходимость и целесообразность создания и использования на территории России ШДПС показывалась еще в статье [28]. Аналогичную позицию заняла Индия, принявшая решение о создании ШДПС GAGAN в интересах авиации, а затем и своей региональной СРНС [29]. Важно здесь ФАНС определиться: развивать ШДПС стандарта SBAS или РДПС стандарта GRAS. Нам представляется, что целесообразнее сосредоточиться на развитии и использовании СДКМ, поскольку для огромной территории России при использовании РДПС может потребоваться большое число передающих дифференциальные данные наземных станций (от 200 до 1000 НС). При этом требуется согласование и уточнение облика и характеристик СДКМ с конечной целью удовлетворения требований захода на посадку по категории I ИКАО, как это принято в системах WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN.

Для РНО районов, не обеспечиваемых СДКМ вследствие известных ее ограничений, целесообразно разработать и выполнять программу внедрения авиационных локальных дифференциальных подсистем посадки и мониторинга типа ЛККС-А–2000 для точных заходов по категории I ИКАО и ЛККС-А–2008 [27] – диспетчерской станции мониторинга СРНС на базе АДПС ЛККС-А–2000 – для неточных заходов, в перспективе при погодных минимумах 80×1000 м и даже 60×800 м [27].

К настоящему времени разработано для различных применений более 40 типов навигационной аппаратуры потребителей (НАП) СРНС, в т. ч. для морских – 11, авиационных – 10 (Табл. 4). Планируется

Таблица 3.

РНС России и США в интересах авиации

Страна / Наименование РНС	Россия (17,075млн. км ²)	США (9,4млн. км ²)
	КОЛИЧЕСТВО СТАНЦИЙ	
ВОР/ДМЕ (РМА/РМД)	~35 намечен рост на 82	>1050
СП типа ILS, ПРМГ	>180 намечен рост на 60	1560 [5]
ПРС	~2000 намечен рост на 170	>1300 (ФАА) [5]
ШДПС	СДКМ (2 – 3 ГКА) ОКР РНИИ КП	WAAS (2 – 3 ГКА) 1300 АЭ по LPV
РДПС типа GRAS	~3 – 4 РДПС [23] Предварительный облик	–
АЛДПС типа GBAS	~80 по ранним планам. В [24] отсутствует	Сертификация по кат. I

Таблица 4.

Сравнительные характеристики НАП СРНС

СУЩЕСТВУЮЩАЯ АППАРАТУРА	ПЕРСПЕКТИВНАЯ АППАРАТУРА
Работа по системе ГЛОНАСС (GPS)	Работа по ГЛОНАСС и GPS, Галилео
Слежение за кодом и частотой	Слежение за кодом, частотой и фазой (с разрешением многозначительности и устранением «перескоков фазы»)
Определение координат и скорости фазового центра антенны	Определение координат и скорости заданной точки и углов ориентации объекта
Работа в диапазонах частот L1 ГЛОНАСС и GPS	Работа в диапазонах частот L1, L2, L3 ГЛОНАСС и L1, L2, L5 GPS, Галилео
Работа по сигналу кода стандартной точности ГЛОНАСС	Работа по сигналам кода стандартной и высокой точности ГЛОНАСС
Возможность работы в дифференциальном режиме	Работа в дифференциальном режиме в зоне действия МДПС, АЛДПС, РДПС и широкозонных дифференциальных подсистем
Работа по всем видимым КА	Работа по всем видимым КА, автономный контроль целостности КНС
	Обнаружение помех и управление ДН для исключения их влияния.
	Автономный контроль целостности навигационных определений.
Используемые системы координат: WGS–84, ПЗ–90, Гаусса-Крюгера и СК-42	Используемые системы координат: WGS–84, ПЗ–90.02, Гаусса-Крюгера, СК–42 и СК–95, квазикоординаты

до 2012 г. выпустить ~70000 НАП. Использование НАП регулируется Постановлением Правительства РФ от 25.08.2008 г. № 641 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем АСН ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS» [30].

На основании анализа тенденций развития НАП КНС и РНС наземного базирования можно выделить следующие общие направления ее развития:

- Совершенствование характеристик аппаратуры:
 - повышение точностных характеристик;
 - повышение надежности, помехоустойчивости и электромагнитной совместимости;
 - обеспечение автономных методов контроля целостности системы;
 - расширение перечня сервисных задач;
 - уменьшение массогабаритных характеристик;
 - уменьшение стоимости аппаратуры для массового потребителя и ее доступности.
- Расширение функциональных возможностей:
 - выработка углов пространственной ориентации, поправок системы курсоуказания, меток времени;

- обеспечение возможности комплексирования аппаратуры с автономными навигационными системами объекта;
 - обеспечение возможности взаимодействия аппаратуры с автоматизированными информационными системами и системами управления движением.
- Специализация аппаратуры по следующим типам:
 - военная (высокий уровень ТТХ, выполнение военных стандартов в полном объеме, надежность, помехозащищенность);
 - общего назначения (уровень ТТХ может снижаться за счет снижения стоимости);
 - специальная (уровень ТТХ, необходимый для выполнения специальных задач).
 - Создание унифицированного ряда функциональных элементов, узлов, блоков.

Основными проблемами использования спутниковых технологий на борту транспортного средства являются:

 - внедрение в НК и контур управления (например, в авиации);

- отработка процедур управления;
- наличие адаптированной к условиям работы аппаратуры;
- наличие необходимой геодезической, гидрографической и картографической основы;
- внедрение НАП ГЛОНАСС/GPS на борт зарубежных транспортных средств, действующих на/над территорией РФ;
- проблемы планирования и организации.

Системы координат и времени

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 г. № 568:

- в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач используется государственная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года (уточненная версия ПЗ–90.02, распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 июня 2007 г. № 797-р);
- при осуществлении геодезических и картографических работ используется система геодезических координат 1995 года (СК-95). До полного перехода на систему координат СК-95 используется единая система геодезических координат 1942 года (СК-42), введенная постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 года № 760.

При использовании зарубежных СРНС и обеспечения движения иностранных транспортных средств может в качестве вспомогательной применяться система WGS–84. Матрица перехода между ПЗ-90.02 и WGS-84 (МГС-84) дается изменениями ГОСТ Р 51794-2001 2007 г. [31]:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90.02}} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{МГС-84}} - \begin{bmatrix} -0,36 \\ +0,08 \\ +0,18 \end{bmatrix},$$

где X, Y, Z – геоцентрические координаты, величины второго вектора выражены в метрах.

Таким образом, с точки зрения многих потребителей эти системы являются практически эквивалентными.

Временное обеспечение строится на основе шкалы координированного времени UTC (SU), задаваемой существующей эталонной базой Российской Федерации (с учетом [32]). При использовании зарубежных СРНС (GPS) может также в качестве вспомогательной использоваться шкала атомного времени GPS.

Политика и планы в области информационных систем для радионавигации.

В рамках [11,12] предусмотрено создание прикладного потребительского центра и системы информационного обеспечения, в результате чего должен быть развит распределенный прикладной потребительский центр на базе ИАЦ КВНО ЦУП ЦНИИМАШ и МНИЦ РНИИ КП как система информационного обеспечения широкого круга потребителей о состоянии и возможностях применения системы ГЛОНАСС.

В дополнение к работам, осуществляемым Центром аэронавигационной информации ГА по выпуску НОТАМ, в [11,12] запланированы работы по созданию комплексной автоматизированной си-

стемы сбора и доведения до авиационных пользователей в воздушном пространстве России информации о состоянии орбитальных группировок ГНСС и средств функциональных дополнений, по созданию базы данных аэронавигационной информации и ее реализации на электронных носителях, а также предусмотрено проведение комплекса работ по организации и научно-техническому обеспечению геодезической съемки аэронавигационных ориентиров гражданских аэродромов и воздушных трасс России для использования в спутниковой навигации.

В [11,12] предусмотрена разработка предложений по созданию службы оповещения потребителей водного транспорта о функционировании глобальных навигационных систем с учетом внедрения дифференциальных подсистем., разработка предложений по созданию службы оповещения речных пользователей о работе ГНСС и их функциональных дополнений», создание баз данных для картографического обеспечения внутренних водных путей с использованием ГНСС и их функциональных дополнений, а также оснащение электронными навигационными картами внутренних водных путей.

Предусмотрена также разработка средств мониторинга электромагнитной обстановки в диапазонах сигналов СРНС.

Снижение уязвимости радионавигационных систем

Уязвимость РНС обусловлена следующими основными факторами:

- влиянием непреднамеренных и преднамеренных помех,
- возникновением системных отказов,
- возможностью физического поражения.

Основными способами противостояния этим факторам и снижения уязвимости полагаются:

- использование различных сигналов и систем,
- повышение помехоустойчивости приемной аппаратуры,
- комплексирование с автономными средствами.

В частности, снижению уязвимости РНО в целом способствует резервирование ГЛОНАСС с помощью ИФРНС и других РНС, использование частот диапазонов L1, L2, L3.

Повышение помехоустойчивости приемной аппаратуры предполагает реализацию в ней средств защиты от помех, что включает: создание схем анализа электромагнитной обстановки и использование внутренних обнаружителей помех, специальных схем и алгоритмов подавления помех (фильтров, развязок, и т.д.), использование управляемой пространственной избирательности синтезируемых антенных систем, в том числе с «нулями» в направлении на помеху.

Важным способом придания устойчивости навигационному обеспечению является комплексирование и интегрирование навигационных систем различных принципов действия и различного базирования. При этом основным методом снижения

уязвимости является интегрирование с бортовыми автономными системами [33 – 35], предполагающее:

- использование информации автономных и других систем на борту подвижных средств для сужения полосы пропускания следящих трактов приемников СРНС;
- определение навигационных параметров по данным обработки измерений автономных средств и СРНС в навигационном комплексе и использование этих данных при решении всех задач.

Планом определены следующие основные направления международного сотрудничества:

Создание и обеспечение условий для комбинированного использования СРНС ГЛОНАСС и GPS, а в перспективе и ГАЛИЛЕО.

- Продажа НАП и средств функциональных дополнений СРНС ГЛОНАСС.
- Проведение совместных НИОКР по разработке и созданию отдельных элементов национальных космических навигационных систем на основе СРНС ГЛОНАСС.
- Оказание коммерческих услуг при создании функ-

циональных дополнений ГЛОНАСС и проведение маркетинговых исследований для ГЛОНАСС.

- Совместная разработка навигационных технологий в интересах создания космических средств навигации III поколения.
- Создание объединенных РНС «Чайка» и «Лоран-С».
- Согласование и уточнение Частотных планов МДПС.
- Участие российских представителей в работе международных организаций: ИКАО, ИМО, МАМС, МАИН, FERNS, RTCA, RTCM, EUGIN и др.; сотрудничество с национальными институтами навигации.
- Разработка и выполнение Межгосударственной радионавигационной программы СНГ на период до 2012 года.

Заключение

В статье рассмотрены ключевые положения Радионавигационного плана Российской Федерации, проблемы развития радионавигационного обеспечения и пути их решения. План представляется живым документом, в который жизнь постоянно вносит необходимые коррективы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радионавигационный план Российской Федерации Основные направления развития радионавигационных систем и средств (редакция 2008 года), 2008.
2. Российский радионавигационный план – основные направления развития радионавигационных систем и средств [Текст], Москва, 1994.
3. Российский радионавигационный план – основные направления развития радионавигационных систем и средств [Текст], Москва, 1998.
4. Federal Radionavigation Plan [Text], DOD, DOT, 1984.
5. 2008 Federal Radionavigation Plan [Text], DOD, DHS, DOT, 2008.
6. General: European Radio Navigation Policy – A New Approach [Text], European Journal of Navigation, vol. 1, N2, August 2003.
7. Proposal for a Radio Navigation Plan. A European Approach to Radionavigation (Version 0.1) [Text]. Предложения для Европейского радионавигационного плана. Европейский подход к радионавигации. Версия 0.1. Перевод с англ. ЦНИИ навигации и управления, Киев, 2002.
8. Межгосударственная радионавигационная программа государств-участников Содружества Независимых Государств на 2001 – 2005 годы (Концепция развития радионавигационных систем) [Текст], 2001 г.
9. Концепция гармонизации национальных систем организации воздушного движения государств – участников Содружества Независимых Государств [Текст], 2003.
10. ФЦП «Модернизация транспортной системы России (2002 – 2010 годы)» [Текст], Минтранс РФ.
11. ФЦП «Глобальная навигационная система на 2002 – 2011 гг.» [Текст], 2002.
12. Изменения, которые вносятся в Федеральную целевую программу «Глобальная навигационная система», утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2006 г. № 423.
13. Концепция применения спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS в транспортном комплексе Российской Федерации [Текст], Минтранс РФ, 2003.
14. Концепция создания и развития Аэронавигационной системы России [Текст], ФАНС, 2006.
15. План мероприятий по реализации Концепции создания и развития Аэронавигационной системы России [Текст], ФАНС, 2006.
16. AWOP/16-DP/2 25/6/97, «Руководство по RNP для захода на посадку, посадки и вылета (Приложение 1)» [Текст]: ИКАО, 1997.
17. Поправка 76 к Международным стандартам и Рекомендуемой практике «Авиационная электросвязь» (Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации) (SARPs) [Текст], том 1 (радионавигационные средства), ИКАО, 12.03.2001.
18. Поправка 79 к Международным стандартам и Рекомендуемой практике «Авиационная электросвязь» (Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации) (SARPs) [Текст], том 1 (радионавигационные средства), ИКАО, 26.03.2004.
19. Косенко, В. Е. Развитие системы ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. Доклад на Международном форуме по спутниковой навигации, Москва, 2008.
20. <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/12.02.2009> [Electronic resource].
21. Gakstatter, E. 2009 – The Year of the Other GNSS [Electronic resource], GPS World, December 18, 2008. <http://sc.gpsworld.com/gpssc>.
22. Ярлыков, М. С. Меандровые радиосигналы (ВОС – сигналы) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения. Новости навигации, 2007, № 3.
23. Единая техническая архитектура перспективной АНС (проект) [Текст], ФАНС, 2008.
24. Федеральная целевая программа «Модернизация Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (2009 – 2015 годы)»
25. Состояние и проблемы развития транспортной системы Российской Федерации [Текст], Материалы

Всероссийской конференции «Транспортная стратегия России», Москва, Кремль, 3.12.2003 г.

26. Разработка Концепции использования глобальных навигационных спутниковых систем в интересах транспортных потребителей, с учетом развития глобальных спутниковых систем и их дифференциальных дополнений [Текст], НТО по НИР «Выбор», Этап 1. Обоснование объемов внедрения средств ГНСС в транспортной сфере в 2002 – 2011 гг., ЗАО «АЭРОКОСМОСИНВЕСТ», 2002.
27. Белгородский, С.Л. Состояние внедрения спутниковых заходов на посадку воздушных судов в Российской Федерации [Электронный ресурс], доклад на конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», 26.11.2008.
28. Задорожный, А. И., Гордиенко, Н. С., Соловьев, Ю. А., Столяров, Г. В. Широкозонные системы EGNOS и MSAS и аэронавигационная система России Докл. между. симпозиума «Аэронавигационная система России – проблемы и пути их решения», 30.9 – 2.10.98.
29. Соловьев, Ю.А. Состояние и развитие спутниковых навигационных систем [Текст], Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2008, № 2.
30. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. № 641 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS»
31. ГОСТ Р 51794 – 2001 «Глобальная навигационная спутниковая система и глобальная система позиционирования. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек» [Электронный ресурс], с изменениями 2007 года.
32. Погореленко, В. С., Погореленко, Е. В. Письмо в редакцию журнала «Новости навигации» [Электронный ресурс], 30.01.2009.
33. Антонов, Д. А., Веремеенко, К. К., Жарков, М. В., Зимин, Р. Ю. Разработки МАИ в области создания экспериментальных образцов малогабаритных интегрированных навигационных модулей [Электронный ресурс], доклад на конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», 26.11.2008.
34. Аникин, А. Л., Аксенов, С. Ю., Морозов, А. С., Оганесян, А. А. Исследование алгоритмов комплексирования ИНС и спутникового приемника [Электронный ресурс], доклад на конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», 26.11.2008.
35. Сурков, Д. М., Огнев, В.А. Интегрированные малогабаритные навигационные комплексы спутниковых и инерциальных навигационных систем, разрабатываемые ОАО «МКБ «Компас» для БЛА и наземных подвижных платформ [Электронный ресурс], доклад на конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», 26.11.2008.

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Документы законодательных и исполнительных органов власти, определяющие основы государственной политики в области координатно-временного и навигационного обеспечения, положения которых учтены при разработке Плана:

- Указ Президента Российской Федерации от 5 сентября 2005 г. № 1049 «О Федеральной аэронавигационной службе».
- Указ Президента Российской Федерации от 17 мая 2007 г. № 638 «Об использовании глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах социально-экономического развития Российской Федерации».
- Распоряжение Президента Российской Федерации от 18 февраля 1999 г. № 38-рп.
- Постановление Правительства Российской Федерации от 7 марта 1995 г. № 237 «О проведении работ по использованию глобальной навигационной спутниковой системы «Глонасс» для гражданских потребителей».
- Постановление Правительства Российской Федерации от 3 августа 1999 г. № 896 «Об использовании в Российской Федерации глобальных навигационных спутниковых систем на транспорте и в геодезии».
- Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 г. № 568 «Об установлении единых систем координат».
- Постановление Правительства Российской Федерации от 20 августа 2001 г. № 587 об утверждении ФЦП «Глобальная навигационная система».
- Постановление Правительства Российской Федерации от 9 июня 2005 г. № 365 «Об оснащении космических, транспортных средств, а также средств, предназначенных для выполнения геодезических и кадастровых работ, аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS».
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 июня 2007 г. № 797-р.
- Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2006 г. № 423 об утверждении изменений, которые вносятся в Федеральную целевую программу «Глобальная навигационная система».
- Таблица распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации. Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 июля 2006 г. № 439 – 23.
- Федеральная космическая программа России на 2006 – 2015 годы, утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 октября 2005 г. № 635.
- Концепция создания и развития Аэронавигационной системы России, Федеральная аэронавигационная служба Российской Федерации, 2006.



ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФОРМАТОВ СИГНАЛОВ ГНСС ГЛОНАСС

С. Б. Болосин, А. Г. Геворкян, В. П. Ипатов, С. П. Ковита, Б. В. Шебшаевич¹

Предлагается несколько альтернативных вариантов структуры модернизированных сигналов СРНС ГЛОНАСС. Подчеркиваются их преимущества в сравнении с аналогами, принятыми для нового поколения радиointерфейса GPS, а также намеченными к применению в ГНСС Galileo

POSSIBLE IMPROVEMENTS OF GNSS GLONASS SIGNAL FORMATS

S. B. Boloshin, A. G. Gevorkian, V. P. Ipatov, S. P. Kovita, B. V. Shebshaevich

Several variants of modernized GNSS GLONASS signal structure are proposed. Their merits are discussed as compared to the analogs approved for the next generation GPS air interface and for the promoted Galileo project

1. ВВЕДЕНИЕ

Спутниковые РНС служат одним из основных средств глобального обеспечения удаленных потребителей навигационно-временной информацией. Опыт, накопленный за годы эксплуатации систем GPS и ГЛОНАСС, вкупе с постоянно расширяющейся сферой их приложений выдвинул на повестку дня вопрос об их дальнейшей модернизации. Одним из кардинальных направлений улучшения тактико-технических показателей СРНС является разработка новых форматов сигналов космического сегмента таких систем. Сложность подобной задачи, состоящая в многовариантности компромисса между оптимизируемым качеством и реализационными затратами, усугубляется непереносимым требованием совместимости новых сигналов с существующими. После запуска в 2005 г. космических аппаратов нового поколения Block II-R в эфире уже присутствует модернизированный гражданский сигнал GPS диапазона L2 (L2C). О насущном характере обновления структур сигналов и в других диапазонах GPS и ГЛОНАСС и об учете современных воззрений при выборе сигнальных форматов новой ГНСС Galileo свидетельствуют многочисленные публикации и нормативные документы [1–5].

Целевые установки поиска новых модификаций дальномерных сигналов состоят в повышении точности и надежности позиционирования; улучшении разрешающей способности по времени, необходимым для снижения ошибок измерений, вызванных многолучевыми помехами; уменьшении остаточной погрешности ионосферного распространения; снижении уровня взаимных корреляций сигналов космических аппаратов для более эффективной нейтрализации помех множественного доступа (ПМД); повышении иммунитета к сосредоточенным, преднамеренным и другим нешумовым помехам.

Достижению названных целей призваны способствовать:

- поиск новых ансамблей дальномерных кодовых последовательностей (сигнатур) с улучшенными корреляционными свойствами;
- расширение спектра сигналов за счет как повышения частоты элементов (чипов) кода, так и перехода к меандровым чипам (модуляции типа BOC);
- введение в сигнал немодулированной данными пилотной составляющей.

Указанные направления модернизации, которые можно считать универсальными для всех СРНС, уже в той или иной мере материализованы или приняты за основу в сигнальных форматах систем GPS и Galileo. В этом плане естественно задаться вопросом о том, в какой степени решения разработчиков этих систем применимы в ходе совершенствования пользовательского интерфейса ГЛОНАСС и есть ли смысл в поиске лучших альтернатив.

2. СИГНАТУРНЫЕ АНСАМБЛИ ПРИ КОДОВОМ РАЗДЕЛЕНИИ

В предлагаемом для GPS формате L1C [6] используется сигнатурный ансамбль расширенных последовательностей Вейля длины 10230 (периода в реальном времени 10 мс). Каждая последовательность Вейля [7] строится как посимвольное произведение двух сдвинутых реплик последовательности Лежандра. Последние существуют для любых простых длин. Одна последовательность Лежандра длины $N=p$ порождает ансамбль $K=(p-1)/2=(N-1)/2$ последовательностей Вейля той же длины. Корреляционный пик ансамбля Вейля

$$P_{max} = (2\sqrt{N}+5)/N$$
 примерно на 6 дБ превышает потенциально возможный, устанавливаемый границей Велча [8,9]: $\rho_{max} \geq 1/\sqrt{N}$ при объеме $K \gg 1$. Эти потери являются

1. Все авторы – сотрудники ОАО «РИРВ», Санкт Петербург, office@rirt.ru

платой за избыточный с точки зрения нужд СРНС объем K . Если, как в [6], положить $p=10223$, то получится $K=5111$, и $\rho_{max}=0.02$ (– 33,9 дБ).

В [6] каждая из $K = 5111$ последовательностей ансамбля Вейля длины $N=p=10223$ расширяется до длины 10230 «врезкой» семисимвольного сегмента, позиция которого подбирается экспериментально для каждой индивидуальной последовательности. Введение добавочных символов ухудшает корреляционные характеристики ансамбля. Согласно данным из [1] ($\rho_{max} - 31,1$ дБ) потери за счет врезки составляют около –2,8 дБ. При периоде последовательности в 10 мс (половина длительности информационного бита при скорости 50 бит/с) важны также выбросы нечетных ВКФ, которые согласно той же работе составляют –27,3 дБ.

Вместе с тем, в диапазоне требуемых для СРНС значений K (десятки) и длин N (тысяча или более) имеются семейства бинарных минимаксных (т.е. лежащих на границе Велча) ансамблей, перечисленные в таблице 1 [8], где в первой строке опущены те ансамбли Касами, которые можно расширить присоединением последовательностей бент-функций (см. вторую строку).

3. ФОРМАТ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЯ КАСАМИ

Схема генератора сигнатуры индивидуального КА представлена на рис. 1. В ее состав входит генератор длиной m -последовательности памяти 12, т.е. периода $N=4095$, заданной полиномом

$$f(x) = x^{12} + x^6 + x^5 + x^3 + 1,$$

а также генератор короткой m -последовательности длины $N_1=63$ (т.е. памяти 6) со схемой обратной связи, задаваемой полиномом

$$f(x) = x^6 + x + 1.$$

Снимаемая с выхода 1 длинная m -последовательность может использоваться как сигнатура условно первого КА. Каждая из остальных сигнатур является продуктом сложения по модулю два длинной и короткой m -последовательностей, причем сдвиг последней обеспечивает отличие одной сигнатуры от другой. Таким образом, поскольку имеется

всего 63 различных сдвигов короткой последовательности, общее число сигнатур в рассматриваемом ансамбле Касами с учетом длинной последовательности равно 64. Этого с избытком хватает для предоставления всем аппаратам космического сегмента индивидуальных сигналов даже с учетом возможной организации выделенного пилотного канала, в каком случае каждому КА придется приписать две сигнатуры. Впрочем, при любом сценарии объем ансамбля не окажется лимитирующим, так как множество Касами данной длины легко пополняется почти тем же числом добавочных сигнатур на основе бент-функций без ущерба для корреляционных свойств (см. табл. 1, а также [8,9]).

Корреляционный пик при этом

$$\rho_{max} = \frac{\sqrt{N+1}+1}{N} = \frac{65}{4095} = 0,016,$$

или –36 дБ, что почти на 5 дБ лучше, чем в предлагаемом формате L1C.

Из чего сложилась эта величина? Проигрыш ансамбля Вейля границе Велча равен 6 дБ. К этому добавились потери от врезки 2,8 дБ, доведя общий проигрыш до 8,8 дБ. Ансамбль Касами не имеет ни первых, ни вторых потерь, однако его длина в 10230/4095 $\approx 2,5$ раза меньше, что прибавляет к корреляционному пику примерно 4 дБ, так что общий выигрыш ансамбля Касами составит $8,8 - 4 = 4,8$ дБ. Подчеркнем, что этот выигрыш достигнут при значительно меньшей длине сигнатур, что весьма полезно с точки зрения ускорения поиска.

Если же признать приемлемой длину ансамбля порядка $2 \cdot 10^4$, упомянутый выигрыш может оказаться еще большим. Для этого подходит, например, ансамбль Камалетдинова–2. Так, при длине $N=p(p+1)=19460$ ($p=139$) корреляционный пик составит

$$\rho_{max} = \frac{p+1}{N} = \frac{140}{19460} \approx 0,0072,$$

т.е. –42,9 дБ, что почти на 12 дБ ниже, чем в предложенном формате L1C GPS [6]. В бюджете этого

Таблица 1.

БИНАРНЫЕ МИНИМАКСНЫЕ АНСАМБЛИ

Ансамбль	Длина N	Объем K	Квадрат пика ρ_{max}^2
Касами	$2^n - 1$, n четное 63, 1023, ...	$\sqrt{N+1}$ 8, 32, ...	$\left(\frac{\sqrt{N+1}+1}{N}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{N}$
Объединение Касами и бент последовательностей	$2^n - 1$, n кратно 415, 255, 4095, ...	$2\sqrt{N+1} - 1$ 17, 31, 117, ...	$\left(\frac{\sqrt{N+1}+1}{N}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{N}$
Камалетдинов-1	$p(p-1)$, $p \equiv 3 \pmod 4$ простое 42, 110, 342, 506, 930, 1806, 2162, 3422, 4422, 4970, ...	$p+1 \rightarrow \sqrt{N}$ 8, 12, 20, 24, 32, 44, 48, 60, 68, 72, ...	$\left(\frac{p+3}{N}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{N}$
Камалетдинов-2	$p(p+1)$, $p \equiv 3 \pmod 4$ простое 12, 56, 132, 380, 552, 992, 1892, 2256, 3540, 4556, 5111, ...	$p-1 \rightarrow \sqrt{N}$ 2, 6, 10, 18, 22, 30, 42, 46, 58, 66, 70, ...	$\left(\frac{p+1}{N}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{N}$

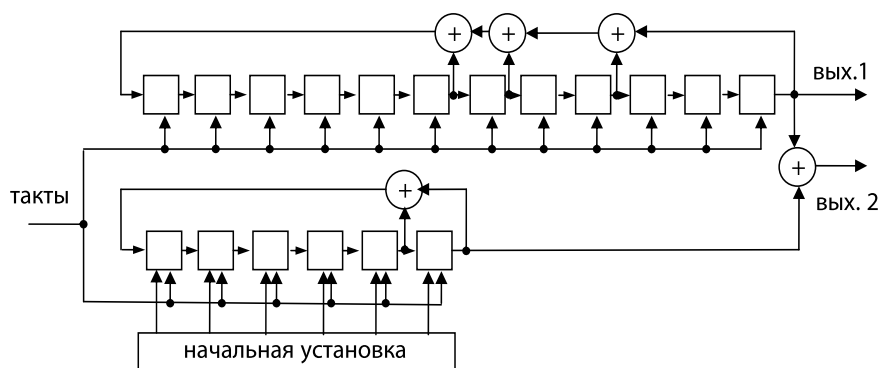


Рис. 1. Генерирование последовательности Кассами

выигрыша только 2,8 дБ обязаны примерно удвоенной длине, тогда как подавляющий вклад (9 дБ) получен за счет оптимальности ансамбля. При этом число сигнатур $K = p-1 = 138$, чего с избытком хватит для всего космического сегмента, в том числе и при организации в нем пилотного канала.

4. ФОРМАТЫ С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ

Ансамбль дальномерных сигналов системы ГЛОНАСС в существующей конфигурации основан на частотном разделении, и представляет собой множество частотно-сдвинутых бинарных m -последовательностей [8,9]. При длине m -последовательности N его объем $K=N$, а корреляционный пик

$$\rho_{\max} = \frac{\sqrt{N+1}}{N} \approx \frac{1}{\sqrt{N}},$$

практически совпадает с границей Велча, в силу чего названный ансамбль относится к числу минимаксных.

При частотных расстройках, равных целому числу элементов разрешения по частоте, уровень ПМД для такого ансамбля не возрастает по сравнению с ρ_{\max} , что является уникальной чертой, не свойственной другим минимаксным множествам. Можно показать [9], что объем взаимной функции неопределенности в N^2 базовых точках (с координатами, кратными элементам разрешения по времени и частоте) для любых последовательностей длины N равен N , так что рассматриваемый ансамбль характеризуется исключительной равномерностью распределения суммарного объема неопределенности по частотно-временной плоскости.

Принятая недавно концепция развития сигналов ГЛОНАСС предусматривает продвижение частотного разделения и в новый диапазон L3. Хотя в концепции не исключается переход в отдаленном будущем на кодовое разделение, практически подобная перспектива представляется маловероятной. Во всяком случае, история эволюции сигналов таких систем как «Альфа», «Чайка», Logan, GPS, ограниченной требованием сохранения работоспособности накопленного парка аппаратуры потребителей (АП), не дает оснований к прогнозированию скорых инноваций столь радикальной природы.

Кроме того, по мнению ряда экспертов, в ходе технологического прогресса аппаратно-программные

усложнения АП, связанные с частотным разделением, утрачивают некогда критический характер. Так, широкая полоса предварительного тракта приемника теперь необходима и при кодовом разделении для эффективного подавления многолучевой помехи. Другая неприятность – частотная неравномерность групповой задержки в приемном тракте – может быть более или менее успешно нивелирована за счет как совершенствования фильтров, так и расширения спектра сигналов. Эффективно и применение пилотирования для компенсации уходов и дрейфов селективных цепей приемника (как, в частности, в АП ЗАО «КБ «Навис»»).

В силу названных обстоятельств актуальны поиски новых, более эффективных сигнальных ансамблей на основе частотного разделения для возможного внедрения в модернизированном варианте пользовательского интерфейса ГЛОНАСС.

5. ПРИМЕР ФОРМАТА С ЛИТЕРНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ СИГНАЛОВ КА

Для улучшения точности и разрешающей способности по отношению к многолучевым помехам желательно уменьшить длительность чипа примерно на порядок при одновременном увеличении длины сигнатуры в числе чипов с целью выигрыша в подавлении ПМД. При этом возможно наложение дополнительного условия удобного сопряжения нового частотного плана с некими базовыми частотами (например, 5,11 МГц или 511 кГц).

Всем названным требованиям удовлетворяет новая длина базовой m -последовательности $N=4095=2^{12}-1$. Будем ориентироваться на прежний период дальномерного кода $T=1$ мс. Тогда, поскольку $511=7 \times 73$ и $4095=5 \times 7 \times 13=7 \times 585$, делением частоты 511 кГц на 73 с последующим умножением на $5 \times 9 \times 13=585$ (см. рис. 2) можно синтезировать частоту 4,095 МГц, соответствующую длительности чипа около 244 нс, примерно в восемь раз меньшей, чем в существующем сигнале.

Синтезированная тактовая частота 4,095 МГц далее управляет работой генератора m -последовательности памяти 12, т.е. длины $N=2^{12}-1=4095$, построенного по стандартной схеме 12-каскадного регистра сдвига с линейной обратной связью. Имеется 18 равноправных примитивных полиномов степени 12 с минимальным (равным пяти) числом ненулевых коэффициентов, пригодных для построения петли обратной связи. В схеме на рис. 2 выбран полином

$$f(x) = x^{12} + x^6 + x^5 + x^3 + 1$$

Полученная m -последовательность длины 4095, модулированная потоком данных, далее модулирует литерную частоту соответствующего КА.

Сигнатурный ансамбль этого вида достигает границы Велча и имеет потенциально низкий корреляционный пик

$$\rho_{\max} = \frac{\sqrt{N+1}}{N} = \frac{64}{4095} \approx 0,0156$$

т. е. -36,1 дБ. Выигрыш по этому параметру в сравнении с существующим форматом ГЛОНАСС, обязанный увеличению длины кода, составляет порядка 9 дБ. Столь же низким остается уровень ПМД и при частотных расстройках, кратных элементу разрешения по частоте. Вопрос об уровне ПМД при других частотных сдвигах требует дополнительных расчетов.

Отметим, что параметры описанного формата обладают достаточной вариабельностью. При надобности можно, например, исключить умножитель частоты на пять, увеличив в пять раз длительность чипа (примерно 1,2 мкс) и период сигнала (5 мс). Подобный режим передачи может рассматриваться, в частности, как одна из опций перспективного гражданского сигнала L2.

Дальнейшее улучшение точностных характеристик и показателей разрешения по времени может быть получено с применением расширяющей модуляции.

6. МОДУЛЯЦИЯ ТИПА ВОС ПРИ ЛИТЕРНОМ РАЗДЕЛЕНИИ СИГНАЛОВ КА

Пусть $\dot{S}_k(t)$ – комплексная огибающая сигнала k -го КА, поступающего на вход приемника АП. Отклик на этот сигнал коррелятора АП, настроенного на сигнал l -го КА $\dot{S}_l(t-\tau)\exp(j2\pi F_d t)$ (смещенный по времени на τ с и по доплеровской частоте на F_d Гц), есть в точности двумерная взаимная корреляционная функция (ВКФ) k -го и l -го сигналов:

$$R_{kl}(\tau, F) = \int_0^T \dot{S}_k(t) \dot{S}_l^*(t-\tau) \exp(-j2\pi F_d t) dt \quad (1)$$

где T – интервал интегрирования, принимаемый далее равным одному периоду сигнала.

Для комплексной огибающей (закона модуляции) дискретного сигнала, передаваемого k -м КА ГЛОНАСС, справедливо представление

$$\dot{S}_k(t) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} a_l \dot{S}_0(t-l\Delta) \exp(j2\pi f_k t) \quad (2)$$

где $\dot{S}_0(t)$ – комплексная огибающая, описывающая элементарный импульс (чип) длительности Δ , a_l – символы кодовой последовательности (при литерном разделении – это бинарная m -последовательность), а f_k – k -я литерная частота.

Как видно, перед сдвигом на литерную частоту дискретный сигнал строится как последовательность стандартных чипов, амплитуды и фазы которых манипулируются кодовой последовательностью a $\{a_l\}$. Важно отметить, что введение расширения спектра кодом Манчестера влияет только на форму чипа S_0

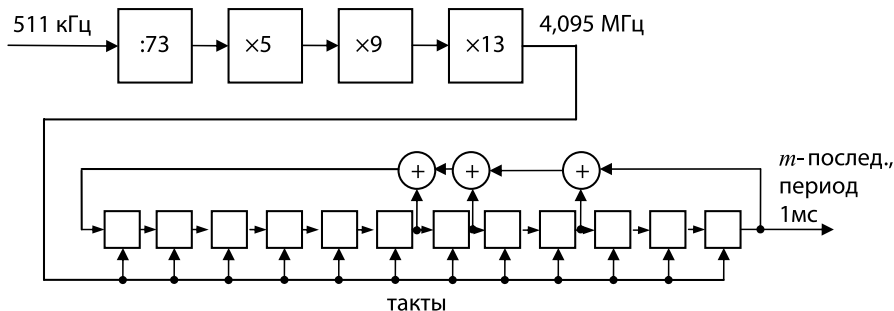


Рис. 2. Генерирование базовой m -последовательности

(т). Без такого расширения (стандартная БФМ) чип – прямоугольник длительности Δ (рис. 3а). При ВОС (1,1) чипом является период меандра общей длительности Δ (рис. 3б). Для ВОС (2,1) чип – два периода меандра общей длительности Δ (рис. 3в) и т.д.

Подставляя равенства (2) для обеих комплексных огибающих в (1), имеем

$$R_{kl}(\tau, F) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{r=-\infty}^{\infty} a_i a_r^* \int_0^T \dot{S}_0(t-i\Delta) \dot{S}_0^*(t-\tau-r\Delta) \times \exp[-j2\pi(f_i - f_k + F_d)t] dt, \quad (3)$$

где N – длина кодовой последовательности, а пределы суммирования по i усечены до $[0, N-1]$, так как при $i \geq N$ и $i < 0$ $S_0(t-i\Delta)$ не попадает в интервал интегрирования $[0, T]$. Знак комплексного сопряжения у кодовых символов для бинарного кода можно опустить.

Введем обозначения $\delta F = f_i - f_k + F_d$ для полной частотной расстройки приходящего сигнала и опоры, учитывающей как разность литерных частот, так и доплеровский сдвиг

$$R_0(\tau, F) = \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}_0(t) \dot{S}_0^*(t-\tau) \exp(-j2\pi F t) dt, \quad (4)$$

для двумерной автокорреляционной функции (АКФ) чипа и:

$$R_c(m, \vartheta) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i a_{i-m}^* \exp(-j2\pi i \vartheta) \quad (5)$$

для двумерной АКФ кода (m -последовательности) $\{a_i\}$. Последняя АКФ характеризует сходство исходной кодовой последовательности $\{a_i\}$ с ее копией,

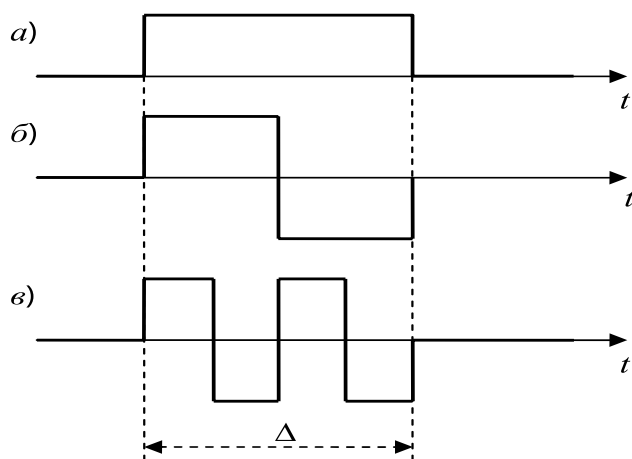


Рис. 3. Формы чипов при различных видах модуляции

сдвинутой по времени на m позиций и имеющей линейное нарастание фазы от чипа к чипу вследствие частотной расстройки, равное. Введя замену индекса суммирования в (3) $r=i-m$, после изменения порядка суммирования по i и m и замены переменной интегрирования $t-i\Delta=\theta$, приходим к результату

$$R_{kl}(\tau, F) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^{N-1} a_i a_{i-m}^* \exp(-j2\pi i \delta F \Delta) \times \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}_0(\theta) \dot{S}_0^*(\theta - \tau + m\Delta) \exp(-j2\pi \delta F \theta) d\theta,$$

или с учетом (4), (5)

$$R_{kl}(\tau, F) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} R_c(m, \delta F \Delta) R_0(\tau - m\Delta, \delta F) \quad (6)$$

Отклик коррелятора (6) как функция τ при фиксированной расстройке δF представляет собой дискретный сигнал, аналогичный (2), в котором роль чипа принадлежит АКФ $R_0(\tau, \delta F)$ исходного чипа $S_0(t)$. Последовательность этих новых чипов $R_0(\tau, \delta F)$ манипулирована кодом $R_c(m, \delta F \Delta)$, т.е. двумерной АКФ начального кода $\{a_i\}$. Как видно, опять, как и для сигнала КА, наличие расширяющей модуляции влияет только на форму чипа отклика. Если частотная расстройка отсутствует ($\delta F=0$), то для стандартной БФМ чип $R_0(\tau, 0)$ есть треугольник длительности 2Δ (рис. 4а), для ВОС (1,1) – это импульс вида рис. 4б, для ВОС (2,1) – вида рис. 4в и т.д. Все эти чипы манипулируются АКФ кода $R_c(m, 0) = R_c(m) = \sum_{i=0} a_i a_{i-m}^*$.

Соответствующие аналитические выражения приведены в работе [13] и в библиографии к ней.

Случай ненулевой расстройки отличается только тем, что чипом оказывается сечение двумерной АКФ $R_0(\tau, F)$ исходного чипа плоскостью $F=\delta F$, а модуляция чипов осуществляется кодом $R_c(m, \delta F \Delta)$, получаемым сечением двумерной АКФ исходного кода $R_c(m, \vartheta)$ плоскостью $\vartheta=\delta F \Delta$.

Таким образом, введение расширяющей модуляции в систему с литерным разделением (как и в любом другом варианте CDMA) приводит к модификации чипа и обретению им колебательной формы

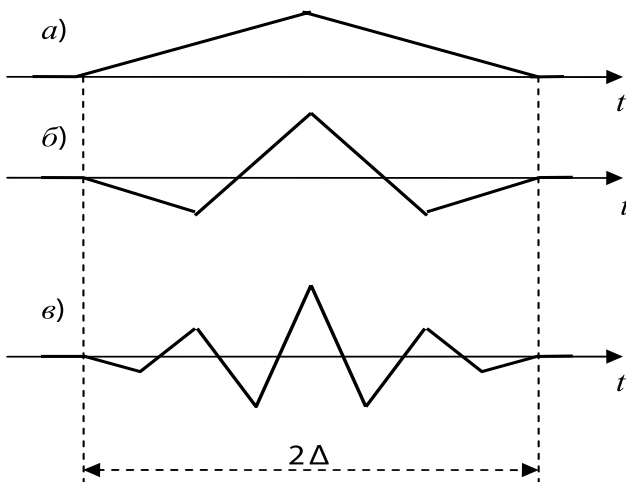


Рис. 4. Формы чипов отклика при различных видах модуляции

без изменения интегральных корреляционных характеристик ансамбля сигналов КА. Каких-либо специфических для литерного разделения эффектов при этом не возникает.

7. ПЕРСПЕКТИВЫ МОДУЛЯЦИИ ТИПА ALTВОС

Возвращаясь к обсуждению предложений в зарубежных источниках, потенциально значимых с точки зрения предстоящих решений о структуре сигналов ГЛОНАСС, остановимся вкратце на модуляции типа AltВОС, рекомендуемой в документах по системе Galileo [11–12] и достаточно. Сигнал диапазона E5 (L5) проекта Galileo содержит четыре компоненты: два различных пилотных сигнала (дальномерных кода) без модуляции данными, а также два отличных от них дальномерных кода, модулированных независимыми потоками данных. Для их передачи в общей полосе служат две ступенчатые поднесущие специальной формы, смещающие спектр соответственно в нижнюю (E5a) и верхнюю (E5b) подполосы диапазона E5. На каждой из поднесущих код, манипулированный данными, передается синфазной (I), а немодулированный пилот – квадратурной (Q) компонентами. Квадратурная поднесущая Q получается из синфазной I четвертьпериодным сдвигом [11,12].

Можно считать синфазную и квадратурную поднесущие последовательностями чипов некоторой усложненной формы, причем квадратурный чип $u_{0\perp}(t)$ получается из синфазного $u_0(t)$ циклическим сдвигом на четверть полной длительности чипа. Последняя разбита на 8 интервалов, в пределах каждого из которых сигнал неизменен. Последовательность «ступенек» синфазного чипа $u_0(t)$ задана законом (с, d, -d, -c, -d, d, c) (см. рис. 5а), квадратурного $u_{0\perp}(t)$ – соответственно – законом (d, c, c, d, -d, -c, -c, -d) (рис. 5б), где $c = (\sqrt{2}+1)/2$, $d=1/2$.

В комплексном представлении чипы нижней и верхней поднесущих можно записать как $\dot{u}_0(t) = u_0(t) - ju_{0\perp}(t)$ и $\dot{u}_0^*(t) = u_0(t) + ju_{0\perp}(t)$ соответственно, так что полезный сигнал КА имеет вид

$$\dot{S}_u(t) = [d_a(t) + jc_a(t)]\dot{u}_0(t) + [d_b(t) + jc_b(t)]\dot{u}_0^*(t), \quad (7)$$

где $c_a(t)$ и $d_a(t)$ – дальномерный пилотный код и код, модулированный данными поддиапазона E5a соответственно, $c_b(t)$ и $d_b(t)$ – те же сигналы для поддиапазона E5b.

При прямой передаче сигнала (7) возникла бы амплитудная модуляция, нежелательная с точки зрения оптимизации энергетических показателей усилителя мощности передатчика. Выход, предложенный в Galileo, состоит в дополнении сигнала комбинационной компонентой, компенсирующей амплитудную модуляцию, которая для навигационных измерений в АП никак не используется. Разумеется, при этом часть излучаемой энергии (около 15%) теряется впустую, и, кроме того, комбинационный сигнал создает добавочную ПМД.

Между тем решение, обеспечивающее передачу всех четырех необходимых сигналов в общей полосе и сохраняющее постоянство амплитуды сигнала КА без введения каких-либо комбинационных доба-

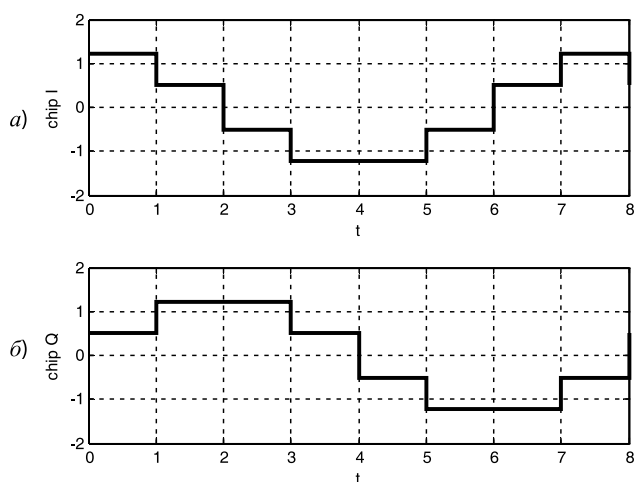


Рис. 5. Синфазный (а) и квадратурный (б) чипы AltBOC

вок, сводится к использованию двух троичных чипов, которые принимают только значения $0, \pm 1$, причем одновременно нулевых или ненулевых значений принимать не могут. Первый чип при этом задействован для передачи одной пары «данные-пилот» в стандартном формате квадратурной ФМ (ФМ-4), тогда как второй выполняет ту же функцию в отношении второй пары. Это значит, что полный сигнал КА имеет вид,

$$\dot{S}_u(t) = [d_a(t) + jc_a(t)]u_0(t) + [d_b(t) + jc_b(t)]u_{0\perp}(t),$$

где неперекрывание и одновременное неравенство нулю чипов $u_0(t)$ и $u_{0\perp}(t)$ вкуче с отсутствием АМ у каждого из двух ФМ-4 слагаемых гарантирует неизменность амплитуды.

При этом не только отсутствуют непроизводительные энергозатраты или дополнительная ПМД, но и заметно улучшается использование отведенной полосы. В подтверждение этого обратимся к рис. 6, где приведены, нормированные автокорреляционные функции (АКФ) чипа Galileo и предлагаемого чипа. Как видно, АКФ во втором случае заметно острее и имеет меньшие боковые лепестки, что чрезвычайно важно с точки зрения снижения шумовой

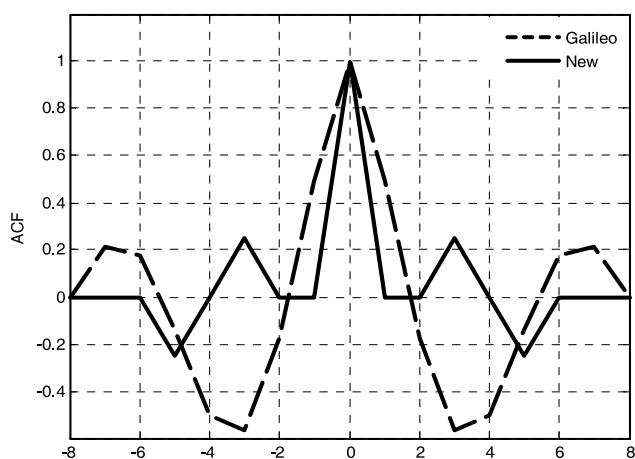


Рис. 6. Автокорреляционные функции предлагаемого чипа и прототипа Galileo

ошибки навигационных измерений и разрешения полезного сигнала с многолучевой помехой.

8. ВЫВОДЫ

Предпринятый предварительный анализ предложений по совершенствованию сигналов СРНС GPS и Galileo в сопоставлении с возможными альтернативами показал нецелесообразность прямого копирования решений, касающихся упомянутых систем в модернизированном пользовательском интерфейсе ГЛОНАСС. Рассмотренные выше новые сигнальные форматы, обладающие оптимальными или близкими к оптимальным характеристиками, потенциально существенно выигрывают у прототипов GPS/Galileo. В ходе дальнейшего исследования их номенклатура может быть пополнена, параметры уточнены и приведены в соответствие с технологическими ограничениями, а аппаратная реализация привязана к адекватной элементной базе. На этом фоне вряд ли можно найти оправдания для отказа от дальнейшего совершенствования сигналов системы ГЛОНАСС как в рамках философии частотного разделения, так и в расчете на перспективу внедрения кодового разделения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces [Text], Is-GPS-705, 20.04.2005.
2. Navstar GPS Space Segment/User Segment L5 Interfaces [Text], Is-GPS-705, 20.04.2005.
3. Galileo Codes Properties, Ester Armengou Miret, European Space Memorandum [Text], ESA-DEUI-NG-MEMO/01798, 10.02. 2005.
4. GALILEO OS SIS ICD/D. 0 (Draft) [Text], ESA/GJU, 23.05.2006.
5. Интерфейсный контрольный документ ГНСС ГЛОНАСС [Текст]. Редакция 5.0. М., 2002.
6. Betz, J. W., et. al. Description of the L1C signal [Text], ION GNSS 19th International Meeting of the satellite Division, 26 – 29 September 2006, Fort Worth, TX, pp. 2080 – 2091.
7. Rushanan, J. Weil sequences: a family of binary sequences with good correlation properties [Text], IEEE International Symposium of Information Theory, Seattle, Washington, July 9 – 14, 2006.
8. Ипатов, В. П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов: принципы и приложения [Текст].— М.: Техносфера, 2007.
9. Ипатов, В. П. Периодические дискретные сигналы с оптимальными корреляционными свойствами [Текст].— М.: Радио и связь, 1992.
10. Mattos, P. Acquiring sensitivity GPS to bring new signals indoors [Text], GPS World, v. 14, No5, 2004, pp. 28 – 33.
11. Galileo signals: RF characteristics [Text]. ICAO NSP/WGW: WP36. <http://www.galileoju.com/doc/Navigation>.
12. Galileo open service. Signal in space interface control document (OS SIS ICD) [Text] (Draft). European Space Agency/Galileo Joint Undertaking, 2006.
13. Ярлыков, М. С. Характеристики меандровых сигналов (ВОС – сигналов) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения [Text].— М.: Радиотехника, 2008, № 8.
14. Ярлыков, М. С. Меандровые шумоподобные сигналы (ВОС – сигналы) в новых спутниковых радионавигационных системах [Text].— М.: Радиотехника, 2007, № 8.



МЕТОД ПРИЕМА СИГНАЛОВ ГНСС ПОДВОДНЫМИ СУДАМИ ПОД ПОВЕРХНОСТЬЮ МОРЯ, ПОКРЫТОГО ЛЬДОМ

А.В. Балов, А.Г. Геворкян¹

Рассматривается возможность обеспечения навигации и связи подводных судов (ПС) (в частности, подводных танкеров, исследовательских и спасательных судов) без разрушения ледового покрова и всплытия на поверхность моря в акватории Арктики посредством создания специального робота, проникающего в малоразмерные естественные разводья и трещины в ледовом покрове

METHOD OF GNSS SIGNALS RECEPTION BY UNDERWATER SHIPS UNDER SEA SURFACE COVERED BY ICE

A.V.Balov, A.G.Gevorkyan

The possibility of robot creation is considered to provide navigation and communication for underwater ships (US) (in particular, underwater tankers, research and salvage ships) without ice cover destruction and emersion on a surface of the sea in Arctic regions. The robot will use natural little cracks and splits of ice cover

ВВЕДЕНИЕ

Перспектива освоения нефтегазовых месторождений Арктического шельфа России требует создания транспортных судов, способных осуществлять доставку потребителям нефти и сжиженного газа по трансполярным трассам, расположенным под покровом льда, включая многолетние льды с толщиной до 4...5 м [1, 2].

Необходимая точность навигации таких судов может обеспечиваться инерциальными навигационными комплексами при условии периодической коррекции их по сигналам глобальных спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС/GPS, прием которых возможен только в надводном (надледном) положении из-за значительного ослабления сигналов L-диапазона в толще морского льда. Это практически исключает возможность навигационных определений подводных судов (ПС) при существующих

уровнях мощности излучения сигналов навигационными космическими аппаратами (НКА) и чувствительности аппаратуры потребителей. Сложность проблемы становится очевидной из данных удельного затухания радиосигнала сигналов L-диапазона в толще морского льда в зависимости от температуры льда и его солености, приведенных в Таблице 1.

Этот недостаток многократно усиливается при приеме сигналов НКА, находящихся вблизи угла маски 5... 10°, за счет эффекта анизотропии льда [4] и увеличения пути прохождения радиосигнала через лед. Следует также учитывать влияние снежного покрова, средняя толщина которого на многолетних льдах Арктического бассейна составляет 5...10 см в августе-сентябре и увеличивается до 30...35 см в апреле-мае.

В [5] был рассмотрен вариант создания робота – механического (или термитного) бура, на базе телеуправляемой торпеды для проходки скважин в покрове пакового льда Арктики. Была показана возможность технической реализации такого бура. Однако работы в этом направлении сопряжены с определенными техническими и организационными трудностями. Существуют ситуации, при которых применение бурения скважин в многометровой толще пакового льда по ряду причин (например, из-за относительно большой протяженности процесса) вообще неприемлемо.

Ниже рассматривается метод приема сигналов ГНСС с использованием естественных малоразмерных трещин и разводий в поверхности льда, что позволяет существенно упростить и минимизировать конструкцию робота, сократить процедуру навигационных определений.

Таблица 1

УДЕЛЬНОЕ ОСЛАБЛЕНИЕ РАДИОВОЛН ДИАПАЗОНА (1 – 2) ГГц в МОРСКОМ ЛЬДУ [3]

Частота, МГц	Соленость льда, ‰	Температура льда, °С	Удельное ослабление, дБ/м
1000	8,0	– 10	107
1000	8,0	– 25	100
1000	5,0	– 1	330*
1000	5,0	– 10	120*
1000	5,0	– 20	80*
1000	5,0	– 30	40*
2000	8,0	– 10	102

*) В подлиннике указано в дБ/см

¹ А. В. Балов, А. Г. Геворкян – сотрудники ОАО «Российский институт радионавигации и времени, 193312, СПб, пл. Растрелли, 2.

МЕТОД ПРИЕМА СИГНАЛОВ ГНСС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ТРЕЩИН И РАЗВОДИЙ В ПОВЕРХНОСТИ ЛЬДА.

Впервые метод, исключающий необходимость бурения скважин в толще пакового (и других видов) льда, был предложен в общих чертах в [5]. Идея метода базируется на анализе доступных сведений об образовании и существовании морского ледового покрова, оценке удельной площади ледовых полей круглогодичного существования в общей площади ледового покрова Арктического бассейна, динамике его сезонных и многолетних климатических изменений. Ниже приводятся краткие сведения о ледовом покрове и особенностях распределения ледовых массивов в Арктическом бассейне [6, 7, 8, 9].

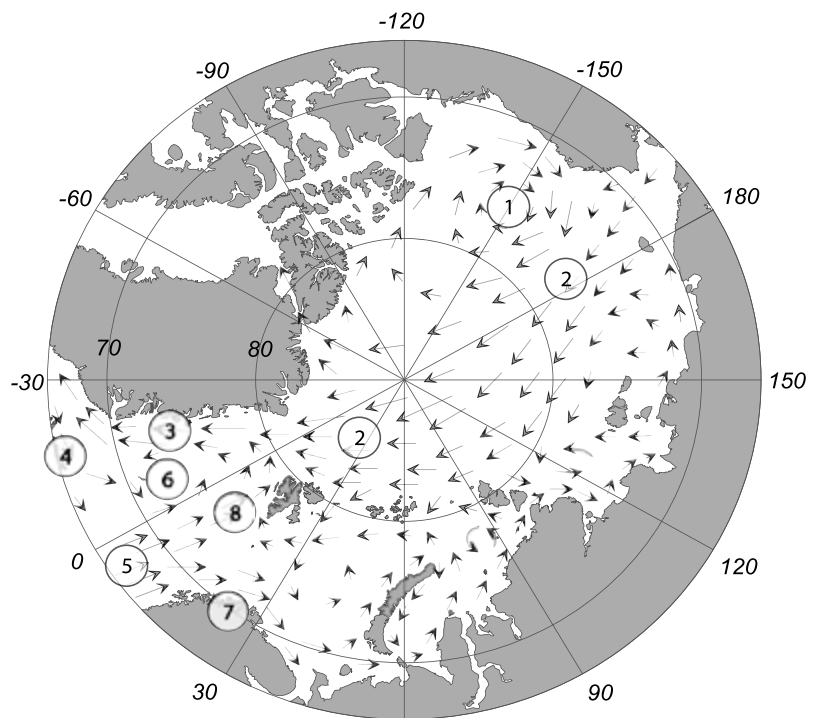
Ледовый морской покров в Арктике является открытой и сложной физической системой. Образование и существование льда обусловлено наличием тонкого приповерхностного распресненного слоя воды, под которым наблюдается резкое увеличение солености с глубиной, так называемого слоя скачка солености, или галоклина. Галоклин формирует соответствующий скачок плотности, который препятствует теплообмену глубинных вод океана с водами приповерхностного распресненного слоя, что приводит к процессу льдообразования.

Внешние воздействия ветра, течений, наклоны уровня, вызванные атмосферной циркуляцией, приливными движениями вызывают перемещение льда, разломы ледовых полей и торошение, термическое взаимодействие с атмосферой и нижележащими слоями воды обуславливают процессы нарастания и таяния льда. Континентальный сток пресной воды, адвекция теплых атлантических вод в свою очередь также влияют на процессы теплообмена ледового покрова.

Вся Арктика занимает площадь 25млн. км²; из них Северный Ледовитый океан занимает свыше 13млн. км². Благодаря теплым водам Северо-Атлантического течения, которые вливаются в Северный Ледовитый океан через акватории Гренландского, Норвежского и Баренцева морей, льды никогда не образуются в Норвежском море, на большей площади Гренландского и юго-западной части Баренцева морей. Часто оказывается свободным от морских льдов район, расположенный к западу от Шпицбергена, почти на 80-й параллели. Вместе с тем относительная замкнутость Арктического бассейна ограничивает вынос льда к югу и способствует круглогодичному сохранению ледового покрова.

Наибольшая площадь ледового покрова Северного Ледовитого океана отмечается в апреле и составляет около 11млн. км². Наименьшая площадь отмечается в сентябре и составляет по некоторым оценкам около 7млн. км². Среднее сезонное изменение площади ледового покрова составляет около 25%, а межгодовые изменения – оцениваются величиной 10...15%.

В арктическом ледяном покрове существуют две основные структурно различные части: область дрейфующего льда и припайные льды. При этом в области дрейфующего льда выделяется центральная часть, отличающаяся большей толщиной и целостностью ледового покрова, и периферийная. В свою очередь в центральной части выделяют Канадский и Приатлантический ледовые массивы. Канадский ледовый массив располагается в зоне антициклонического круговорота, поэтому, как уже отмечалось выше, ледовые поля, образующие массив, долгое время (до 20 лет) не покидают эту область. Льды этого массива являются наиболее мощными в Арктическом бассейне.



1. Антициклонический круговорот, 2. Трансарктическое течение, 3. Восточно-Гренландское течение, 4. Западно- и Восточно-Исландское течение, 5. Норвежское течение, 6. Циклонические течения Северо-Европейского бассейна, 7. Нордкапское течение, 8. Шпицбергенское течение.

Рис.1 Схема циркуляции поверхностных вод Северного Ледовитого океана [6]

Граница между этими массивами условно проходит вдоль трансарктического течения (рис. 1). Льды приатлантического ледового массива менее мощные, и продолжительность их пребывания в массиве меньше благодаря постоянному выносу льда в направлении пролива Фрама.

В последние годы в Арктике наблюдают «драматическое» уменьшение толщины льда и площади, зани-

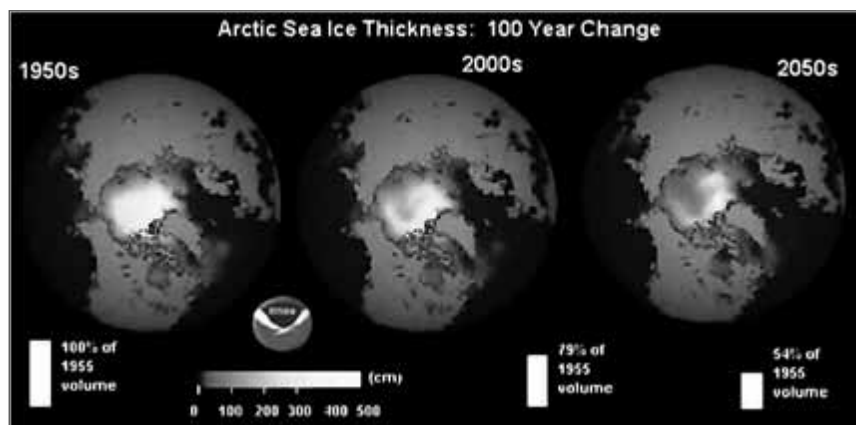
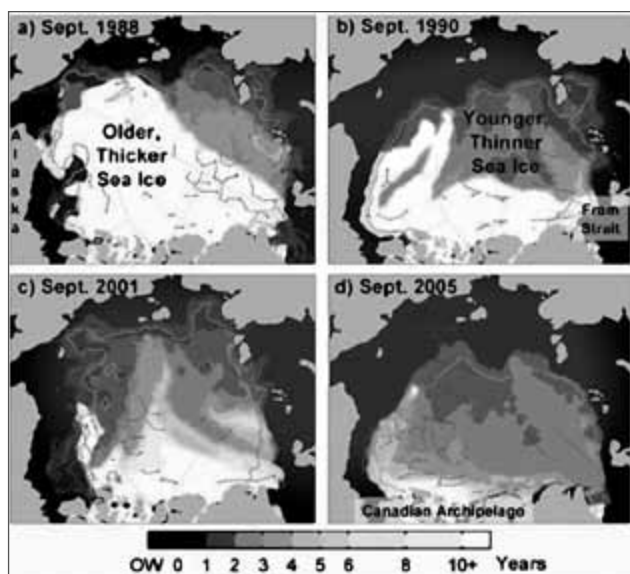


Рис. 2. Динамика «драматического» снижения толщины и площади Арктического льда за 100 лет с 1950-х по 2050 годы



Older, Thicker (Younger Thinner) Sea Ice – Старый, толстый (Молодой, разреженный) морской лед (OW – Open Water – открытая вода).

Рис. 3. Распределение открытой воды, многолетнего толстого и молодого тонкого льда

маемой льдом [7]. На рис. 2 представлена динамика изменения толщины льда с 1950 по 2000-е годы и прогноз дальнейших изменений до 2050 г. На горизонтальном графике показаны градации цвета от темного до белого, в зависимости от толщины льда. Белому цвету соответствуют толщины льда в от 300 см до 500 см.

Из рисунка следует, что к 2050 г площадь паковых льдов может уменьшиться до значения, равного 54% относительно площади уровня таких же льдов в 1955 г.

На рис. 3 показаны районы Арктики, занимаемые старым (многолетним)

толстым морским льдом и молодым льдом в период с сентября 1988 г. по сентябрь 2005 г. Данные получены путем обработки с использованием результатов наблюдений дрейфующими буями и с помощью спутников [8]. На рисунках открытая вода обозначена темным цветом, а старейший лед – белым цветом. Последовательность рисунков показывает, что большая часть поверхности Атлантического океана в сентябре 1988 г. была покрыта старым толстым многолетним льдом, и только на 30%

в 1990 г. Средний возраст льда продолжал снижаться вплоть до 2005 г., когда старый толстый морской лед оказался ограниченным районом севернее Канадского архипелага [7]. Подобные изменения поверхности льда имели место с сентября 2002 г. по сентябрь 2005 г. и по данным Центра снега и льда (NSIDC) университета Колорадо США [9] общая площадь поля льда составляла соответственно по годам 6,0–5,6 млн. км².

По данным ряда публикаций сокращение площади ледового покрова происходит со скоростью 8% за 10 лет. Поэтому можно предположить, что если такая тенденция сохранится, то к лету 2060 года льда в Арктике может не остаться совсем.

Таким образом возникла ситуация при которой преобладающими оказываются массивы полей молодого льда, для которых формирование рельефа ледового покрова сопровождается образованием динамических трещин, что подтверждено многочисленными экспериментами [3].

Динамические трещины в результате дрейфа и подвижек льда могут легко превращаться в каналы и разводья. В Таблице 2 представлены обобщенные данные о количестве каналов и разводий, приведенные к отрезкам маршрутов, равным 30 милям, в основных районах Арктического бассейна

Учитывая значительную деградацию ледового покрытия Арктического океана в последние годы, можно ожидать в будущем, после 2011 г., еще более

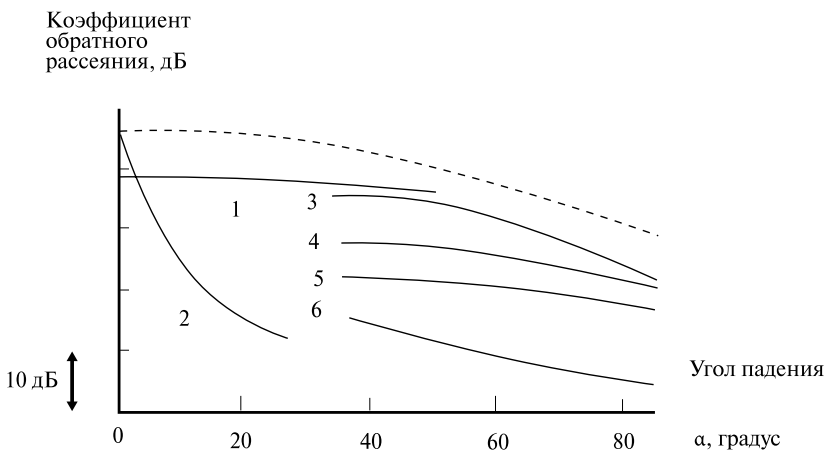
Таблица 2.

КОЛИЧЕСТВО КАНАЛОВ И РАЗВОДИЙ НА РАССТОЯНИИ 30 МИЛЬ (54 км) В РАЗЛИЧНЫХ БАССЕЙНАХ АРКТИКИ [3]

Район	Январь – Май	Июнь-Июль	Август-Сентябрь	Ноябрь-Декабрь
Чукотское море	13	11	17	15
Море Бофорта	8	13	18	12
Канадский прибрежный	11	10	12	9
Восточная часть	12	13	17	9
Гренландское море	10	13	15	-
Западная часть	8	13	14	10
Восточно-Сибирское море	9	-	16	12

оптимистическую ситуацию по количеству каналов и разводий.

Существующие на ПС гидроакустические системы (ГАС) обнаружения разводий позволяют иметь достоверную информацию о наличии разводий, их размере и форме. В традиционной практике навигации ПС данные эхоледомера о наличии и толщине льда в границах разводий, позволяют принять решение о пригодности их для подвсплытия ПС. В предлагаемом варианте достаточно обнаружить разводье минимальных размеров, исключающих возможность всплытия ПС, но соизмеримых с внешним диаметром корпуса робота.



1 – припайный лед; 2 – свободная поверхность воды, гладкая рябь; 3 – паковый лед и свободная поверхность моря при волнении 5 баллов; 4 – однолетние льды толщиной 1–1.8 м; 5 – молодой лед толщиной менее 30–40 см; 6 – молодой лед толщиной менее 10 см (нилас); пунктир – закон Ламберта.

Рис. 4. Угловая зависимость коэффициента обратного рассеяния от нижней поверхности ледового покрова и свободной ото льда поверхности моря (эксперимент)

Как видно из рис. 4, разводья имеют отчетливый акустический контраст для льдов различного возраста и толщины, что может быть использовано для оценки ледовой обстановки по гидролокационному изображению нижней поверхности льда [3].

Представленные данные позволяют успешно выбрать открытое разводье или разводье с минимальной толщиной молодого льда. В качестве критерия отсутствия льда служит резкое увеличение уровня эхосигнала за счет эффекта зеркального отражения звуковых волн от границы вода-воздух при нормальном падении звука. При нормальном падении звука на нижнюю поверхность льда уровень эхо сигнала уменьшается за счет эффектов рассеяния и поглощения ультразвука в структуре нижнего слоя морского льда. Еще один способ обнаружения участков открытой поверхности воды или разводья среди паковых льдов заключается в использовании информации эхолотового канала о рельефе поверхности. При пересечении разводья скачком изменяется толщина льда, рельеф становится ровным (гладким). Если поверхность свободна ото льда, эхолот может регистрировать ветровую рябь, а в открытом море (в большом разводье) – волнение на поверхности воды.

Тогда, используя упрощенную и облегченную конструкцию телеуправляемого робота за счет исключения элементов, связанных с бурением скважины, можно обеспечить оперативный вывод антенн ГНСС на поверхность ледяного покрова через любую трещину (разводье) малого размера без всплытия ПС и без бурения скважины.

Рассмотрим подробнее процедуру вывода антенн ГНСС ПС на поверхность ледового покрова.

На первом этапе (рис. 5) с помощью штатных гидроакустических систем поиска разводья и эхоледомера производится поиск разводья с приемлемыми параметрами. ПС располагается на таком расстоянии от разведанного разводья, которое позволяет оператору обеспечить вывод робота из шлюзового отсека и разгон робота в заданном направлении с ускорением, достаточным для разрушения тонкого слоя молодого льда (если он существует). После выхода носовой части робота над морской поверхностью (или над поверхностью молодого льда) по команде оператора или в автоматическом режиме из тела робота выпускается заполняемый газом радиозонд, несущий или только активные антенны, или антенны совместно с приемником ГНСС. Этот же зонд может быть использован и для выведения приемопередающей аппаратуры глобальной системы спутниковой связи (ГССС). Для облегчения точного

«допоиска» открытой полыньи или полыньи с минимальной толщиной льда в состав оборудования дополнительно можно ввести портативный цифровой эхолот с двухчастотным трандьюсером (например, на базе изделия Sonar Lite [10]), позволяющий оценить рельеф и толщину ледового покрытия в расщелине и обеспечить измерение расстояния от фазового центра антенны ГНСС робота до ПС с погрешностями в долях сантиметра.

Для этой цели могут быть использованы также гидроакустические маяки-ответчики (ГМО) из серии ГМО-200, -2000, -6000, предназначенной для работы в составе гидроакустических навигационных систем с ультракороткими базами (ГАНС-УКБ) [11].

На втором этапе экипаж ПС осуществляет маневр, в ходе которого достигается контролируемое гидролокатором или трандьюсером максимально возможное совмещение фазовых центров выпущенной антенны и антенны ГНСС ПС. Это позволит минимизировать систематическую ошибку за счет эффективной поддержки ГНСС средствами гидроакустических систем ПС. Для минимизации времени сеанса целесообразно предусмотреть возможность оперативной расстыковки ПС с роботом.

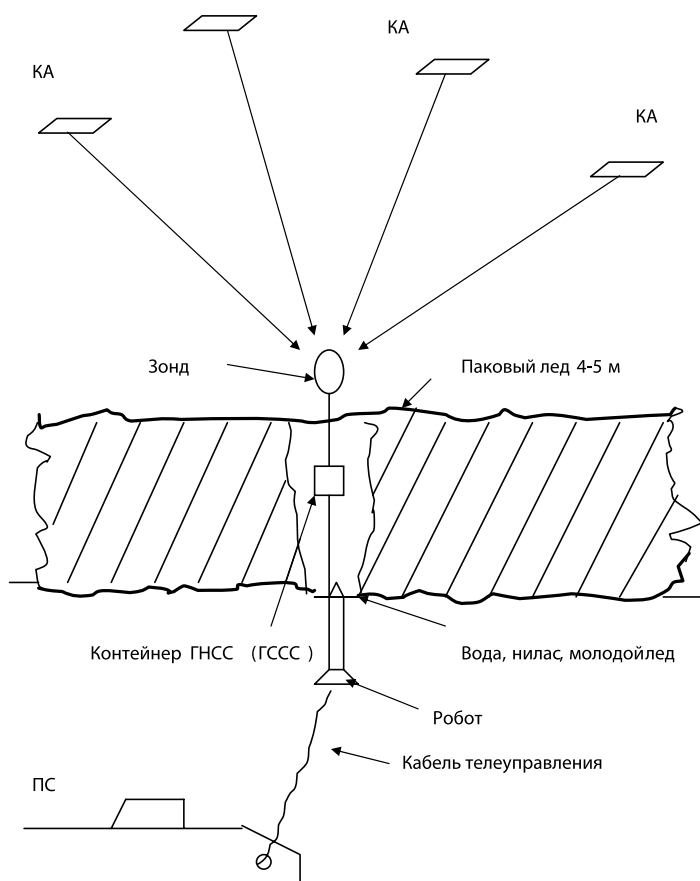


Рис. 5. Схема вывода контейнера с аппаратурой ГНСС (ГССС) на поверхность ледового покрова через узкий канал или разводье в паковом (молодом) льду

При наличии в расщелине молодого льда толщиной до 2 м выводу робота с радиогидроакустическим оборудованием может предшествовать вывод робота со взрывным устройством, оперативно создающим локальное отверстие для вывода радиогидроакустического буя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подводное транспортное судно [Электронный ресурс]. ЦКБ МТ «Рубин». СПб. <http://www.ckb-rubin.ru/project/otherp/uwaters/index.htm>.
2. Атомная подводная газоперекачивающая станция [Электронный ресурс]. ЦКБ МТ «Рубин». СПб. <http://www.ckb-rubin.ru/project/otherp/args/index.htm>.
3. Богородский, В.В., Гаврило, В. П. Лед. Физические свойства. Современная методика гляциологии [Текст]. - Л.: Гидрометеиздат, 1980.
4. Финкельштейн, М.И., Глушнев, В. Г., Петров, А.Н., Иващенко, В.Я. Об анизотропии затухания радиоволн в морском льду [Текст]. Изв. ФМ СССР, Физика атмосферы и океанов, 1970, 6, №3, 88.
5. Балов, А.В., Геворкян, А.Г. Об одном методе обеспечения приема сигналов ГНСС подводными судами, находящимися под ледовым покровом моря [Текст]. Новости навигации, 2008, №2.
6. Никифоров, Е.Г., Шпайхер, А.О. Закономерности формирования крупномасштабных колебаний гидрологического режима Северного Ледовитого океана [Текст]. - Л.: Гидрометеиздат, 1980, 266с.
7. NOAA Arctic Sea Ice News Fall 2007 [Electronic resource] http://en.wikipedia.org/wiki/Polar_ice_packs.htm.
8. NSIDC Arctic Sea Ice News Fall 2007 [Electronic resource] http://nsidc.org/news/press/2007_seaiceminimum/20070801_index.html.
9. Sea Ice Decline Intensifies /NSIDC reseach [Electronic resource]. http://nsidc.org/news/press/20050928_trendcontinue.html. 2008.
10. Эхолот Sonar Lite – Геодезические GPS [Electronic resource]. ООО «ГеоТек» (Авторизованный партнер компании Trimble)/ <http://www.geotekomsk.ru/index.php?idx=839.28>; <http://www.plutongeo.ru/index.php?idx=839.28>.
11. Гидромаяки-ответчики [Электронный ресурс]. Материалы ФГУП «ОКБ Океанологической техники РАН», <http://www.edboe.ru/products/motv.htm>.



НАВИГАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ

А.В. Журавлев, В. М. Безмага¹

Изложены основные результаты экспериментальных и теоретических исследований, полученные в ЗАО НВП «ПРОТЕК» в процессе создания навигационных комплексов «Ориентир» и «Координата-М», предназначенных для оснащения мобильного транспортного средства

NAVIGATION COMPLEXES FOR APPLYING ON MOTOR VEHICLES

A.V. Zhuravlev, V. M. Bezмага

The paper presents the basic results of experimental and theoretical researches carried out by CJSC "NVP PROTEK" in process of creation of navigating complexes "Orientir" and "Koordinata-M" designed for using on motor vehicles

В последние годы ЗАО НВП «ПРОТЕК» разработало и серийно производит навигационные комплексы «Ориентир» и «Координата-М», предназначенные для оснащения наземных мобильных средств (МС) военного назначения, включая поставляемые в ближнее и дальнее зарубежье. За разработку и изготовление навигационных комплексов «Ориентир» и «Координата-М» предприятие награждено двумя медалями «Гарантия качества и безопасности» конкурсной комиссии III Международного салона вооружения и военной техники «МВСВ-2008». Авторство предприятия защищено патентами и свидетельствами на изобретения и полезные модели [1–10], а также свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ [11].

Одной из центральных идей развития навигационной аппаратуры, реализованной при разработке навигационных комплексов «Ориентир» (Рис. 1) и «Координата-М», является функциональное, информационное и аппаратное комплексирование автономных и неавтономных датчиков навигационной информации. Комплексирование повышает точность, непрерывность и достоверность навигационных измерений, устойчивость к воздействию непреднамеренных и преднамеренных помех.

На космических, воздушных и морских средствах нашли широкое применение радиоинерциальные навигационные комплексы, реализующие совместную обработку информации от приемоизмерителей радио-

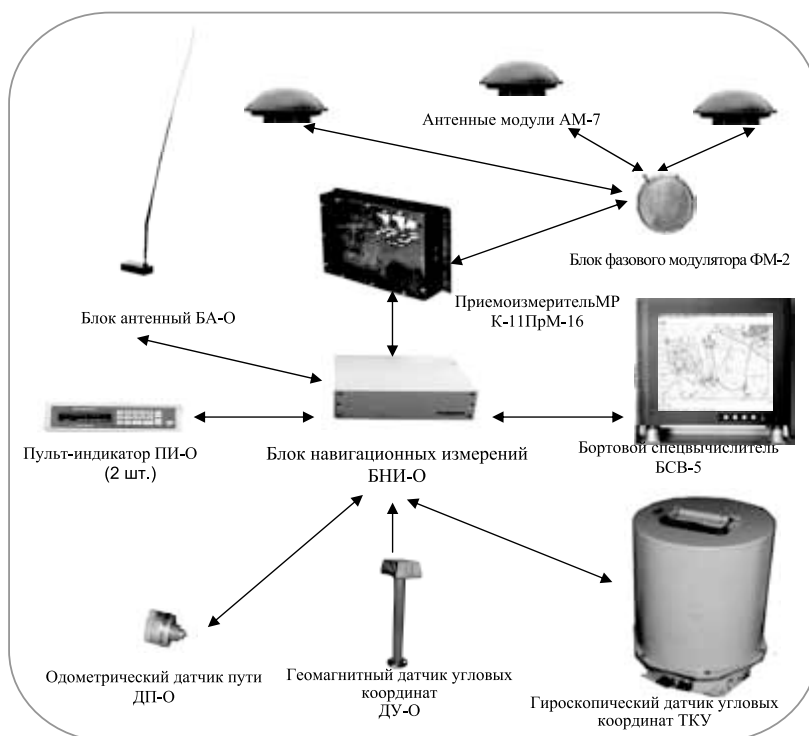


Рис. 1. Состав навигационного комплекса «Ориентир»

навигационных систем (РНС) и инерциальных навигационных систем (ИНС). Алгоритмы оптимальной совместной обработки информации в этих комплексах достаточно глубоко изучены и приобрели, в основном, канонический вид. Применительно к навигационному комплексу МС задача синтеза алгоритма оптимальной совместной обработки информации от разнородных датчиков в динамике движения является новой.

В статье изложены новые результаты синтеза алгоритма оптимальной совместной обработки информации от разнородных датчиков в динамике движения МС, реализованные при разработке комплексов «Ориентир» и «Координата-М».

¹ А. В. Журавлев, В. М. Безмага – сотрудники ЗАО «НВП «ПРОТЕК», кандидаты технических наук

1. СОСТАВ НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ НАЗЕМНОГО МОБИЛЬНОГО СРЕДСТВА

1.1. Состав навигационного комплекса «Ориентир», разработанного и изготавливаемого ЗАО НВП «ПРОТЕК» для оснащения МС, показан на рис. 1. В состав навигационного комплекса входят:

- канал автономных средств навигации (одометрический датчик пути ДП-О, геомагнитный датчик угловых координат ДУ-О, гироскопический датчик угловых координат ТКУ и аппаратно – программный модуль счисления координат из состава блока навигационных измерений БНИ-О);
- канал неавтономных средств навигации (комбинированный блок антенный БАО для приема сигналов ГЛОНАСС/GPS космических навигационных аппаратов и передающих станций «Чайка» /LORAN-C, приемоизмеритель ГЛОНАСС/GPS МРК-11ПрМ–16, модуль из состава БНИ-О для определения координат по сигналам передающих станций «Чайка» /LORAN-C, антенные модули АМ–7 и блок фазового модулятора ФМ–2 для обеспечения определения углового положения МС по сигналам космических навигационных аппаратов ГЛОНАСС/GPS);
- блок навигационных измерений БНИ-О, предназначенный (кроме определения координат по сигналам передающих станций «Чайка» /LORAN-C) для реализации алгоритма оптимальной совместной обработки навигационной информации, поступающей от разнородных датчиков, и выдачи ее в цифровом виде потребителю;
- пульт – индикатор ПИ-О (2 шт.) для управления комплексом и индикации получаемых навигационных данных;
- бортовой спецвычислитель БСВ–5 для отображения местоположения МС на фоне топографической карты.

Состав навигационного комплекса «Координата-М» отличается от состава навигационного комплекса «Ориентир», приведенного на рис. 1, отсутствием антенных модулей АМ–7, блока фазового модулятора ФМ–2 и гироскопического датчика угловых координат ТКУ. Ошибка счисления координат и определения углового положения МС комплексом «Координата-М» в 4 раза больше, чем комплексом «Ориентир». Стоимость комплекса «Координата-М» на порядок меньше стоимости комплекса «Ориентир».

1.2. Основой навигационных комплексов «Ориентир» и «Координата-М» является канал автономных средств навигации, обеспечивающий непрерывное счисление текущих значений координат МС при его перемещении, независимо от условий распространения радиоволн и помеховой обстановки. Однако значения координат МС, определяемые автономными средствами навигации, содержат ошибки, нарастающие во времени и (или) по мере увеличения протяженности пройденного пути.

Канал неавтономных средств навигации не имеет нарастающих ошибок счисления и используется для корректировки данных, выдаваемых автономным навигационным каналом.

Основным средством неавтономного канала является приемоизмеритель МРК-11ПрМ–16. Однако при экранировании антенн приемоизмерителя строениями, при работе этой аппаратуры в лесу или в условиях радиопомех (преднамеренных или непреднамеренных) возможно прекращение поступления от него навигационной информации. В этом случае для корректировки данных, выдаваемых автономным каналом, используется модуль, определяющий координаты МС по сигналам передающих станций «Чайка» /LORAN-C. В условиях отсутствия информации от приемоизмерителя МРК-11ПрМ–16 и от модуля, определяющего координаты МС по сигналам передающих станций «Чайка» /LORAN-C, используют данные, счисленные автономным каналом после его последней коррекции.

В настоящей работе рассмотрен оптимальный алгоритм функционирования навигационного комплекса «Ориентир», разработанный без учета использования модуля, определяющего координаты МС по сигналам передающих станций «Чайка» /LORAN-C, и геомагнитного датчика угловых координат ДУ-О.

2. УКРУПНЕННЫЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «ОРИЕНТИР»

2.1. Алгоритм функционирования навигационного комплекса «Ориентир» разработан в предположении, что истинное состояние навигационных параметров МС характеризуется вектором, который в дискретно – матричной форме имеет следующий вид

$$X[k] = \| x[k] \ y[k] \ V[k] \ \alpha[k] \ \beta[k] \ \gamma[k] \ H[k] \|^T, \quad (1)$$

где $x[k]$, $y[k]$ – текущие значения координат МС в системе Гаусса-Крюгера, м, в момент времени $t[k] = k\Delta t$;

$V[k]$ – текущее значение модуля вектора путевой скорости, м/с, в момент времени $t[k] = k\Delta t$;

$\alpha[k]$ – угол между вектором скорости МС и направлением северной оси, рад., в горизонтальной плоскости;

$\beta[k]$, $\gamma[k]$ – углы поворота продольной и поперечной осей МС относительно горизонтальной плоскости, рад., в момент времени $t[k] = k\Delta t$;

Δt – шаг квантования по времени ($t = 1$ с);

$H[k]$ – высота точки местонахождения МС в Балтийской системе высот, м;

$k = 0, 1, 2, 3, \dots$;

t – знак транспонирования.

2.2. При обосновании алгоритма функционирования навигационного комплекса ошибки каналов автономных и неавтономных средств навигации $\Delta X_a[k]$ и $\Delta X_n[k]$ предполагали аддитивными. При этом данные $X_a[k]$ и $X_n[k]$, поступающие от каналов ав-

тономных средств навигации, рассматривали как сумму истинных значений составляющих вектора состояния МС и ошибок их определения

$$X_a[k] = X[k] + \Delta X_a[k], \quad (2)$$

$$X_n[k] = X[k] + \Delta X_n[k]. \quad (3)$$

Ошибки каналов автономных и неавтономных средств навигации $\Delta X_a[k]$ и $\Delta X_n[k]$ записывали как матрицы-столбцы вида

$$\Delta X_a[k] = \begin{bmatrix} \Delta x_a[k] & \Delta y_a[k] & \Delta V_a[k] \\ \Delta \alpha_a[k] & \Delta \beta_a[k] & \Delta \gamma_a[k] & \Delta H_a[k] \end{bmatrix}^T, \quad (4)$$

$$\Delta X_n[k] = \begin{bmatrix} \Delta x_n[k] & \Delta y_n[k] & \Delta V_n[k] & \Delta \alpha_n[k] & \Delta \beta_n[k] & \Delta \gamma_n[k] & \Delta H_n[k] \end{bmatrix}^T. \quad (5)$$

Значение высоты МС в Балтийской системе высот вводится в БНИ-О автоматически с использованием приемоизмерителя МРК-11ПрМ-16, работающего в режиме решения навигационной задачи, или бортового спецвычислителя БСВ-5, выполняющего программу ГИС «Интеграция-7.5». Обеспечена возможность ввода значения высоты вручную с использованием пульта индикатора ПИ-О. Счисление высоты автономным каналом проводится с использованием результатов определения модуля вектора скорости одометрическим датчиком и результатов определения угла между строительной осью МС и ее проекцией на плоскость горизонта гироскопическим датчиком ТКУ.

Математические формы адекватного представления изменений навигационных параметров МС в динамике его движения неизвестны, а их разработка связана с непреодолимыми трудностями, так как МС в общем случае выполняет непредсказуемые маневры по скорости и азимутальному углу. Для исключения необходимости учета этих изменений за основу при синтезе оптимального алгоритма совместной обработки информации была принята каноническая схема компенсации ошибок определения навигационных параметров разнородными датчиками, приведенная на рис. 2[12].

Согласно приведенной схеме на выходе вычитающего устройства В₁ образуется разность ошибок каналов автономных и неавтономных средств навигации. Оптимальный фильтр отфильтровывает ошибки неавтономных средств навигации, и на его выходе образуется оптимальная оценка ошибок канала автономных средств навигации $\Delta \hat{X}_a[k]$. Эта оценка вычитается из данных, поступающих от канала автономных средств навигации, и на выходе вычитающего устройства В₂ образуется оптимальная совместная оценка состояния навигационных параметров МС

$$\hat{X}[k] = X_a[k] - \Delta \hat{X}_a[k]. \quad (6)$$

С учетом принятых ограничений и допущений основной задачей разработки алгоритма функционирования навигационного комплекса оказалась задача обоснования оптимального фильтра для фильтрации ошибок канала автономных датчиков.

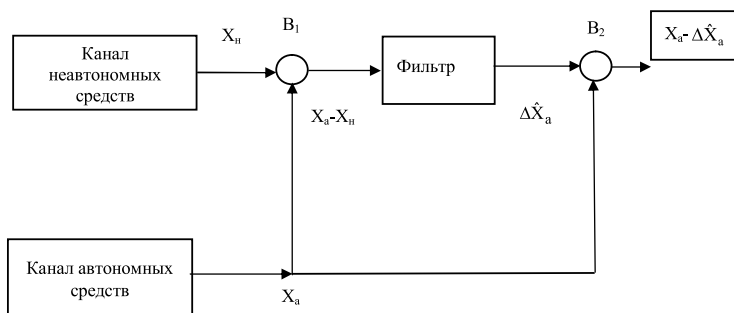


Рис. 2. Схема компенсации ошибок определения навигационных параметров разнородными датчиками

3. ОПТИМАЛЬНЫЙ ФИЛЬТР ОШИБОК КАНАЛА АВТОНОМНЫХ ДАТЧИКОВ

3.1. Общая теория статистического синтеза оптимальных алгоритмов оценивания информационных процессов разработана в трудах А. Н. Колмогорова, Н. Винера, Р. Калмана, Р. Н. Стратоновича, В. И. Тихонова и др. Однако многолетний опыт разработки навигационных комплексов показывает на невозможность создания устойчиво работающего навигационного комплекса путем простого переноса на него математического аппарата общей теории статистического синтеза оптимальных алгоритмов. Имеется объективная необходимость адаптации математического аппарата к особенностям работы навигационных комплексов, используемых на МС.

3.2 Разработка оптимального фильтра ошибок определения навигационных параметров проводилась в предположении обеспечения комплексом реализации канонического рекуррентного алгоритма фильтрации вида

$$\Delta \hat{X}_a[k] = \Phi \times \Delta \hat{X}_a[k-1] - K \times \{\Phi \times \Delta \hat{X}_a[k-1] - \varepsilon[k]\}, \quad (7)$$

где Φ – переходная матрица состояния ошибок;

$$\Phi = \begin{bmatrix} f_{xx} & f_{xy} & f_{xV} & f_{xa} & f_{xb} & f_{xy} & f_{xH} \\ f_{yx} & f_{yy} & f_{yV} & f_{ya} & f_{yb} & f_{yy} & f_{yH} \\ f_{Vx} & f_{Vy} & f_{VV} & f_{Va} & f_{Vb} & f_{V\gamma} & f_{VH} \\ f_{ax} & f_{ay} & f_{aV} & f_{aa} & f_{ab} & f_{a\gamma} & f_{aH} \\ f_{bx} & f_{by} & f_{bV} & f_{ba} & f_{bb} & f_{b\gamma} & f_{bH} \\ f_{\gamma x} & f_{\gamma y} & f_{\gamma V} & f_{\gamma a} & f_{\gamma b} & f_{\gamma\gamma} & f_{\gamma H} \\ f_{Hx} & f_{Hy} & f_{HV} & f_{Ha} & f_{Hb} & f_{H\gamma} & f_{HH} \end{bmatrix}, \quad (8)$$

K – матрица коэффициентов передачи;

$$K = \begin{bmatrix} k_{xx} & k_{xy} & k_{xV} & k_{xa} & k_{xb} & k_{xy} & k_{xH} \\ k_{yx} & k_{yy} & k_{yV} & k_{ya} & k_{yb} & k_{yy} & k_{yH} \\ k_{Vx} & k_{Vy} & k_{VV} & k_{Va} & k_{Vb} & k_{V\gamma} & k_{VH} \\ k_{ax} & k_{ay} & k_{aV} & k_{aa} & k_{ab} & k_{a\gamma} & k_{aH} \\ k_{bx} & k_{by} & k_{bV} & k_{ba} & k_{bb} & k_{b\gamma} & k_{bH} \\ k_{\gamma x} & k_{\gamma y} & k_{\gamma V} & k_{\gamma a} & k_{\gamma b} & k_{\gamma\gamma} & k_{\gamma H} \\ k_{Hx} & k_{Hy} & k_{HV} & k_{Ha} & k_{Hb} & k_{H\gamma} & k_{HH} \end{bmatrix};$$

$\varepsilon[k] = X_a[k] - X_n[k] = \Delta X_a[k] - \Delta X_n[k]$ – вектор псевдонаблюдений в момент времени $t[k]$.

В приведенном алгоритме реализована идея «экстраполяция – коррекция». Полученная на предыдущем такте счета оценка ошибок канала автономных средств навигации $\Delta\hat{X}_a[k-1]$ экстраполируется на последующий такт счета путем ее умножения на переходную матрицу состояния Φ и уточняется путем вычитания из нее поправки

$$\delta[k] = \mathbf{K} \times \{ \Phi \times \Delta\hat{X}_a[k-1] - (\mathbf{X}_a[k] - \mathbf{X}_n[k]) \}. \quad (9)$$

Для определения оптимальных значений элементов матриц \mathbf{K} и Φ известными теоретическими методами оптимальной фильтрации необходимо представить математическую модель ошибок навигационного канала в виде системы дифференциальных уравнений, возбуждаемых «белыми» шумами. Однако подобные модели, учитывающие специфику функционирования навигационного комплекса МС, в частности влияние на ошибки одометрических датчиков характера дорожного покрытия и его состояния (сухое, влажное, наледь), давления воздуха в шинах МС и его загрузки, влияние на точность угловых измерений с использованием ТКУ непрерывной вибрации и периодических толчков при движении МС в настоящее время неизвестны.

Поэтому в процессе разработки оптимального фильтра решали задачу выбора оптимальных значений элементов матриц \mathbf{K} и Φ с использованием экспериментально – теоретического метода.

3.2. Согласно классической теории статистических решений критерием оптимальности значений элементов матриц \mathbf{K} и Φ является выполнение условия

$$\mathbf{M} \{ (\mathbf{X}[k] - \hat{\mathbf{X}}[k]) \times (\mathbf{X}[k] - \hat{\mathbf{X}}[k])^T \} \rightarrow \min, \quad (10)$$

где $\mathbf{M} \{ \dots \}$ – оператор усреднения по времени.

Этот критерий является математически строгим. Однако экспериментальная проверка его выполнения в реальном навигационном комплексе возможна только при нахождении мобильного средства на стоянке в реперной точке с известными эталонными координатами и при наличии удаленного ориентира с известным эталонным пеленгом на него из реперной точки. Проверка выполнения указанного критерия в динамике движения мобильного средства проблематична.

Для оптимизации алгоритма совместной обработки информации был выбран критерий вида

$$\mathbf{M} \{ \xi[k] \times \xi[k]^T \} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где $\xi[k] = \Phi[k-1] \times \Delta\hat{X}_a[k-1] - (\mathbf{X}_a[k] - \mathbf{X}_n[k])$ – разность (невязка) между экстраполированной оценкой ошибки навигационного канала автономных средств навигации и псевдонаблюдением.

Такой критерий не является математически строгим, так как получаемая при его использовании оценка смещена на величину систематиче-

ской ошибки канала неавтономных средств навигации, что, однако, допустимо при решении большого числа практических задач. Положительным свойством критерия (11) является возможность решения экспериментально – теоретическим методом задачи оптимизации значений элементов матриц \mathbf{K} и Φ в динамике движения мобильного средства.

3.4. Поиск оптимальных² значений элементов матриц

\mathbf{K} и Φ проводили с использованием результатов экспериментальных исследований, проведенных в окрестностях г. Воронежа, на полигоне в районе г. Знаменска Астраханской области и на полигоне в Московской области при размещении комплекса «Ориентир» на автомобилях «Газель» ГАЗ–2705, ГАЗ–66 и МАЗ–543.

Для поиска оптимальных значений элементов матриц \mathbf{K} и Φ размещали навигационный комплекс на МС и проходили несколько заданных маршрутов на местности. При прохождении маршрута непрерывно записывали в файл и сохраняли в памяти бортового спецвычислителя навигационного комплекса с привязкой ко времени значения навигационных параметров МС $\mathbf{X}_a[k]$ и $\mathbf{X}_n[k]$, выдаваемых каналами автономных и неавтономных средств навигации. Совместная обработка информации в процессе следования МС по маршруту не проводилась.

Определение оптимальных значений элементов матриц проводили путем моделирования на ПЭВМ процесса совместной обработки записанной в файл информации согласно выражению (7) и сравнения матриц вариаций невязки экстраполированных оценок и псевдонаблюдений, получаемых при различных значениях искомых элементов.

3.5. В результате расчета было получено, что оптимальные матрицы \mathbf{K} и Φ можно считать диагональными, так как их недиагональные элементы в десятки раз меньше диагональных. Следовательно, векторно – матричный алгоритм (7) превращается в семь независимых скалярных алгоритмов.

3.6. Рассчитанная с использованием экспериментальных данных типовая зависимость дисперсии D невязки экстраполированных значений координаты x и ее псевдонаблюдений от коэффициента передачи k_{xx} и переходного коэффициента f_{xx} показана на рис. 3.

Из результатов расчета следует, что указанная зависимость имеет единственный минимум, соответствующий $k_{xx} \approx f_{xx} \approx 1$. Примерное равенство единице коэффициента передачи фильтра k_{xx} и переходного коэффициента f_{xx} в точке минимума позволило считать возможным принять в качестве оценки ошибки счисления координаты x текущее значение разности между ее счисленным значением и результатом определения этой координаты каналом неавтономных средств навигации.

² Как следует из дальнейшего, получаемые значения \mathbf{K} и Φ на самом деле являются квазиоптимальными (ред.).

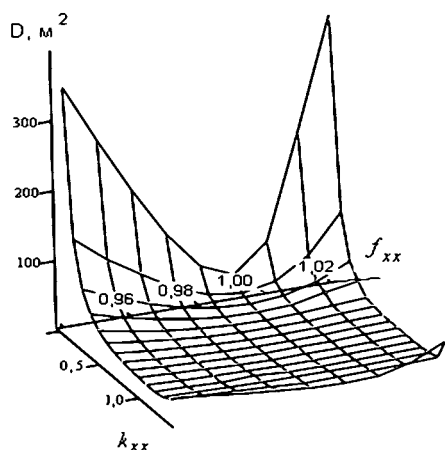


Рис. 3. Типовая зависимость дисперсии невязки экстраполированных значений координаты x и ее псевдонаблюдений от коэффициента передачи k_{xx} и переходного коэффициента f_{xx}

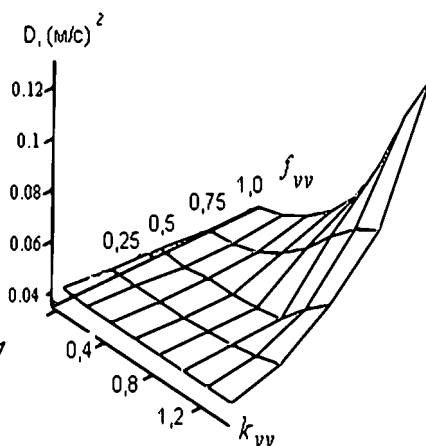


Рис. 4. Типовая зависимость дисперсии невязки экстраполированных значений модуля вектора скорости и его псевдонаблюдений от коэффициента передачи скалярного фильтра k_{vv} и переходного коэффициента f_{vv}

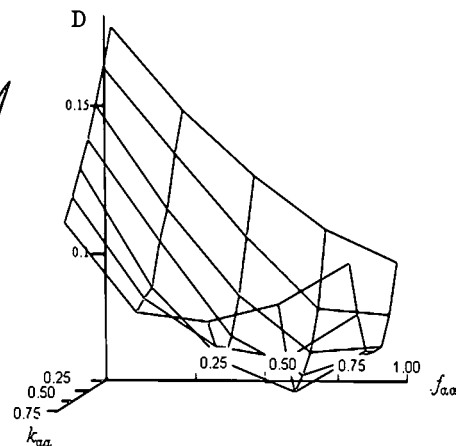


Рис. 5. Типовая зависимость дисперсии невязки экстраполированных значений угла α и его псевдонаблюдений от коэффициента передачи скалярного фильтра k_{aa} и переходного коэффициента f_{aa}

Аналогичный вывод был получен и для координаты y .
 3.7. Рассчитанная с использованием экспериментальных данных типовая зависимость дисперсии невязки экстраполированных значений модуля вектора скорости и его псевдонаблюдений от коэффициента передачи скалярного фильтра k_{vv} и переходного коэффициента f_{vv} показана на рис. 4.

Из результатов расчета следует, что дисперсия невязки монотонно убывает по мере уменьшения значения коэффициента передачи скалярного фильтра k_{vv} от единицы до 0,1 и далее и от увеличения значения переходного коэффициента f_{vv} от 0,1 до единицы. Из полученных результатов следует, что при корректировке результатов определения модуля вектора скорости каналом автономных средств навигации целесообразно получать оценку ошибки этого канала посредством пропускания псевдонаблюдения через фильтр низких частот с постоянной времени не менее 10 с.

3.8. Рассчитанная с использованием экспериментальных данных типовая зависимость дисперсии невязки D экстраполированных значений угла α и его псевдонаблюдений от коэффициента передачи скалярного фильтра k_{aa} и переходного коэффициента f_{aa} приведена на рис. 5.

Минимальное значение дисперсии наблюдается при переходном коэффициенте $f_{aa} \approx 0.7$ и при значении коэффициента передачи $k_{aa} \approx 0.6$. Минимум имеет четко выраженный характер.

Наличие четко выраженного минимума обусловлено различием ширины спектров ошибок каналов автономных и неавтономных средств навигации. Использование этого различия позволяет получить точность определения угловых координат мобильного средства выше, чем каждым отдельно взятым навигационным каналом.

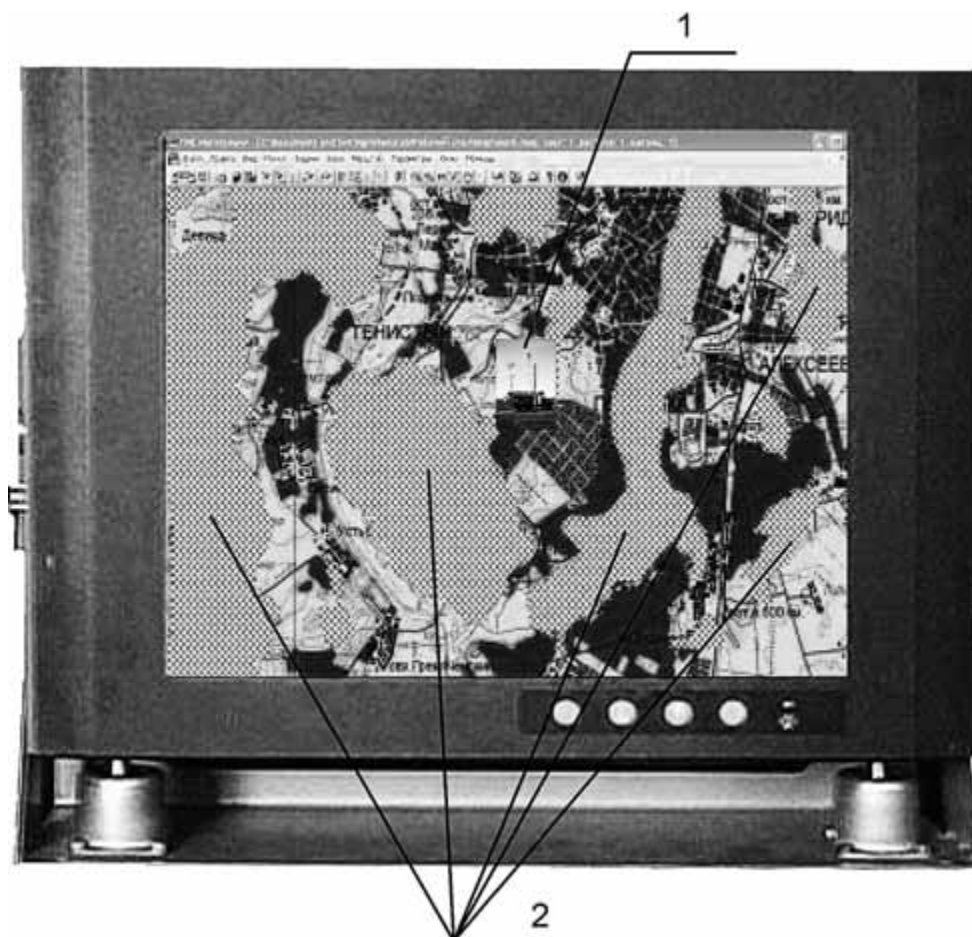
Аналогичный вывод был получен для угловых координат β и γ .

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

4.1. При исследовании помехоустойчивости навигационный комплекс «Ориентир» был установлен на автомобиле ГАЗ–66. Объектом воздействия помех являлся приемоизмеритель МРК-11ПрМ–16. В качестве источника помехового сигнала использовалась автоматизированная станция помех (АСП), размещенная на автомобиле Урал–4320. Вид создаваемой помехи – несущая, манипулированная по фазе М-последовательностью. Помеха создавалась на частотах сигналов навигационных космических аппаратов систем ГЛОНАСС и GPS диапазона L_1 и L_2 (на частотах 1602, 1575, 1244 и 1227 МГц соответственно). Ширина спектра помехи на каждой частоте составляла 10 МГц. Эквивалентная изотропно излучаемая мощность помехи составляла 2 кВт. Исследования проводились вблизи г. Воронежа. Целью исследований была оценка возрастания ошибок определения местоположения навигационным комплексом в условиях создания помех. В ходе эксперимента аппаратуру определения координат по сигналам передающих станций «Чайка» /LORAN-C не использовали.

4.2. Эксперимент был проведен по следующей методике:

- размещали АСП на доминирующей высоте. Рассчитывали для выбранного положения АСП зоны прямой видимости между антенной АСП и антенными модулями АМ–7 с использованием программы ГИС «Интеграция–7.5» (высота подъема антенных модулей при расчетах принималась равной 3 м). Результаты расчета наносили на карту местности 10×10 км, (рис. 6);
- отъезжали на автомобиле ГАЗ–66 от АСП. Контролировали возможность сопровождения сигналов неавтономными навигационными



1 – место расположения АСП,
2- рассчитанные зоны отсутствия прямой видимости на АСП.

Рис. 6.- Результаты расчета зон прямой видимости использованием программы ГИС «Интеграция-7.5»

средствами при наличии и отсутствии прямой видимости между антенной АСП и антеннами средств неавтономного навигационного канала;

- контролировали величину ошибки, накопленной каналом автономных средств навигации за время срыва сопровождения навигационных сигналов каналом неавтономных средств навигации.

Контроль ошибок определения координат навигационным комплексом проводили с использованием реперных точек на местности, привязанных к системе координат Гаусса – Крюгера геодезическим способом с ошибкой не более 5 мм.

В ходе эксперимента были получены следующие результаты:

- при отсутствии прямой видимости дальность подавления канала неавтономных средств навигации не превышает 500 м;
- при дальности более 500 м за пределами прямой видимости не происходит подавление канала неавтономных средств навигации;
- в условиях прямой видимости антенн наблюдается подавление канала неавтономных средств навигации на дальности более 10 км.

В условиях подавленного приемоизмерителя МРК-11ПрМ-16 ошибка определения координат воз-

растала не более чем на 0,2% от протяженности пройденного пути, что можно считать допустимым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Навигационные комплексы МС находятся в состоянии их непрерывного совершенствования и дальнейшего развития. Основными направлениями совершенствования, неразрывно связанными с совершенствованием радиоэлектронной техники и навигационной аппаратуры в целом, являются:
 - повышение точности определения навигационных параметров;
 - повышение устойчивости к воздействиям непреднамеренных помех и преднамеренных помех на каналы средств неавтономной навигации;
 - микроминиатюризация навигационной аппаратуры, повышение ее надежности и ряд других.
2. Наиболее важными следует считать разработку и внедрение адаптивных алгоритмов оптимальной совместной обработки информации, а также поиск и внедрение новых (пассивно – корреляционных, доплеровских и других) технических путей построения аппаратуры автономных и неавтономных навигационных каналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 36738 Российская Федерация, МПК 7 G 01S 5/02 G01C 21/08. Измеритель координат для подвижных объектов [Текст] / Бублик Н. Г, Журавлев А. В., Тихонов В. С.; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».-№ 2004116526; заявл. 02.06.2004 г. опубл. 27.09.2004 г.; Бюл. № 27. - 1 с., ил.
2. Патент 40807 Российская Федерация, МПК 7 G 01S 5/02 G01C 21/08. Измеритель координат для подвижных объектов [Текст] / Бублик Н. Г, Журавлев А. В.; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».- № 2004116526; заявл. 02.06.2004 г. опубл. 27.09.2004 г.; Бюл. №27.-1 с., ил.
3. Патент 46366 Российская Федерация, МПК 7 G 01S 5/02. Измеритель координат [Текст] / Бублик Н. Г, Журавлев А. В, Левченко Ю. В.; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».- № 2005104344/22; заявл. 17.02.2005 г. опубл. 2 7.06.2005 г.; Бюл. № 18.-1 с., ил.
4. Патент 53452 Российская Федерация, МПК 7 G 01S 5/02. Цифровой измеритель координат [Текст] / Журавлев А. В, Левченко Ю. В., Сапрыкин В.И.; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».- № 2005131046/22; заявл. 06.10.2005 г. опубл. 10.05.2006 г.; Бюл. № 23. – 2 с., ил.
5. Патент 2221991 Российская Федерация, МПК 7 G 07 C 21/08, 5/08. Устройство контроля маршрута автомобиля [Текст] Бублик Н. Г., Гонопольский А. М., Журавлев А. В, Полумордвинов С. В, Тихонов В. С; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».- № 2001117865/09; заявл. 28.06.2001 г. опубл. 10.12.2003 г.; Бюл. № 4. – 12 с. ил.
6. Патент 2221991 Российская Федерация, МПК 7 G 01 C 21/08, 17/38. Способ определения местоположения подвижных наземных объектов и устройство для его реализации [Текст] / Турков С. К, Ценных К. М., Журавлев А. В., Криштал А. М., Пашенко Е. С; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».- № 2002116315/28; заявл. 17.06.2002 г. опубл. 20.01.2004 г.; Бюл. № 2. - 52с., ил.
7. Патент 2153683 Российская Федерация, МПК 7 G 01 S 5/02, 5/14. Измеритель координат [Текст] /Бублик Н. Г., Безмага В. М., Журавлев А. В., Тихонов В. С, Тихонова Е.В.; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».-№ 991241; заявл. 15.11.1999 г. – 12 с., ил.
8. Патент 59806 Российская Федерация, МПК GO 1C 21/8, GO IS 5/02. Измеритель координат для подвижных объектов [Текст] /Журавлев А. В., Безмага В. М. ; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».- № 2006106963/22; заявл. 06.03.2006г.; опубл. 27.12.2006 г.; Бюл. № 33. - 2с., ил.
9. Патент 60711 Российская Федерация, МПК GO 1C 21/8, GO IS 5/02. Измеритель координат для подвижных объектов [Текст] /Журавлев А. В.; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».- № 2006133708/22; заявл. 20.09.2006 г.; опубл. 27.01.2007 г.; Бюл. № 3. – 2 с., ил.
10. Патент 64344 Российская Федерация, МПКGO1C 21/8, GO IS 5/02. Измеритель координат для подвижных объектов [Текст] /Журавлев А. В. ; заявитель и патентообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».-№ 2007104059/22; заявл. 01.02.2007 г.; опубл. 27.06.2007 г.; Бюл. № 18. – 2 с., ил.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2008613754. Программа контроля состояния и местоположения мобильных наземных средств, оборудованных навигационным комплексом «Ориентир» [Текст]/Журавлев А. В., Кожухов Е. А., Гарбузов С. В., Труфанов А. В.; заявитель и правообладатель ЗАО НВП «ПРОТЕК».- № 2008612761; заявл. 19.06.2008 г.; зарегистрирована в реестре программ для ЭВМ 06.08.2008 г.
12. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации [Текст]. – М.: Радио и связь, 1985. - 344 с.



АЛГОРИТМЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ В ЗАДАЧАХ ТЕСНОСВЯЗАННОГО КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ПРИЕМНИКА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ И ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А.Л. Аникин, С.Я. Хованец, С.Ю. Аксенов¹

Рассмотрен вариант алгоритма тесносвязанного комплексирования приемника спутниковой навигации и инерциальной навигационной системы с использованием алгоритма первичной обработки синтезированного на основе метода интегральной аппроксимации апостериорной плотности вероятности. Проведено исследование его эффективности

ALGORITHMS OF INTEGRATED APPROXIMATION FOR PROBLEMS OF TIGHTLY COUPLED INTEGRATION OF THE SATELLITE NAVIGATION RECEIVER AND INERTIAL NAVIGATION SYSTEM

A.L. Anikin, S.J. Khovanets, S.J. Aksenov

The example of tightly coupled integration of the satellite navigation receiver and inertial navigation system with use of algorithm of a preprocessing synthesized on the base of a method of posteriori probability density integrated approximation. The algorithm efficiency investigation is conducted

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время комплексированию приемника спутниковой навигации (ПСН) и инерциальной навигационной системы (ИНС) уделяется большое внимание. Как известно, спутниковая система и ИНС являются взаимодополняющими, функционирующими на различных физических принципах. В литературе [1] достаточно подробно описаны методы комплексирования ИНС и ПСН. Классифицируя методы комплексирования по глубине интеграции, различают следующие: разомкнутые, слабосвязанные, тесносвязанные и глубоко-интегрированные схемы построения комплексных систем. Некоторые из них рассмотрены в [2–4]. Совместная обработка информации от данных навигационных систем, позволяет обеспечить непрерывность навигационных определений объекта, повысить точность оценки вектора состояния, в том числе при временной неработоспособности ПСН, обеспечить комплексный контроль целостности спутниковой радионавигационной системы (СРНС). Кроме того, использование тесносвязанного и глубоко-интегрированного комплексирования позволяет существенно повысить помехозащищенность приемника, сократить время поиска сигналов и вхождения в режим слежения.

Применительно к режиму работы схем слежения за радионавигационными параметрами в приемниках спутниковой навигации обычно рассматривают два режима работы – когерентный и некогерентный. В [5, 7–9] достаточно подробно описан «универсальные» алгоритм, сочетающий в себе достоинства когерентного и некогерентного режимов работы автономного приемника спутниковой навигации. В продолжение тематики исследований, предложенных в [5, 7–9], в статье приведен синтез тесносвязанного алгоритма комплексирования ПСН и ИНС с использованием универсального режима работы приемника. Отметим, что алгоритмы тесносвязанного комплексирования ПСН и ИНС могут быть реализовать на базе современных ПСН, использующих двухэтапную обработку информации [1, 3, 4] 2. Особенностью предложенного комплексного алгоритма является использование на этапе первичной обработки алгоритма оценивания радионавигационных параметров (РНП), синтезированного на основе метода интегральной аппроксимации апостериорной плотности вероятности (АПВ) [5, 6]. В качестве аппроксимирующей плотности используется обобщенная плотность вероятности Тихонова, которая представляет собой комбинацию распределения Тихонова [5–7],

¹ Аникин Андрей Леонидович (1971 г.р.) – доктор технических наук, профессор. Аксенов Сергей Юрьевич (1982 г.р.) – адъюнкт. Хованец Сергей Ярославович (1975 г.р.) – кандидат технических наук. Все из ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского

² Рассматриваемым вопросам посвящен ряд выполненных работ, например, Ярлыков М. С., Чижов О. П. Субоптимальная обработка квази-когерентных радиосигналов с учетом неоднозначности фазовых измерений, Радиотехника, 1998, № 8; Ярлыков М. С., Кудинов А. Т., Анализ субоптимальных алгоритмов обработки сигналов интегрированной аппаратуры потребителей спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS, Радиотехника, 1998, № 10; Ярлыков М. С., Пригонюк Н. Д., Заход на посадку и посадка самолетов по сигналам спутниковых радионавигационных систем, Радиотехника, 2001, № 1 (Примечание ред.)

используемого для описания поведения фазы радиосигнала τ_ϕ , и гауссовой плотности вероятности [8, 9] для описания остальных параметров радиосигнала, объединенных в вектор-столбец \mathbf{Y} :

$$p(\lambda) = T(\tau_\phi | \mathbf{Y}) N(\mathbf{Y}) = \frac{1}{2\pi I_0(\lambda)} \exp\{\lambda \cos \omega_0 [\tau_\phi - m_\phi - \gamma^T (\mathbf{Y} - \mathbf{m}_Y)]\} \times \times \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\mathbf{R}_Y|^{N/2}} \exp\left\{-\frac{1}{2} (\mathbf{Y} - \mathbf{m}_Y)^T \mathbf{R}_Y^{-1} (\mathbf{Y} - \mathbf{m}_Y)\right\} \quad (1)$$

где λ – параметр когерентности; γ – вектор коэффициентов регрессии, определяющий вклад оценки вектора \mathbf{Y} в формирование оценки фазы; m_ϕ и R_ϕ – математическое ожидание и дисперсия параметра τ_ϕ ; \mathbf{m}_Y и \mathbf{R}_Y – вектор математического ожидания (МО) и корреляционная матрица параметров вектора \mathbf{Y} . Алгоритмы, синтезированные на основе такого подхода, сочетают в себе достоинства когерентных и некогерентных алгоритмов приема радиосигналов. Будем обозначать их термином «универсальные» [10]. Цель работы – на основе аппарата статистической теории оптимальной нелинейной фильтрации синтезировать алгоритм тесновязанного комплексирования ПСН и ИНС.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наблюдения на входе ИНС представляют собой совокупность спутниковых и инерциальных наблюдений. Сигнал на входе ПСН может быть представлен в режиме «внешнего снятия данных» [1, 10]

$$\eta(t) = \sum_{j=1}^M f_j \{t - \tau_j [t, \mathbf{X}(t)]\} \cos\{\omega_0 [t - \tau_{\phi j}(t)] + n_j(t)\}, \quad (2)$$

где $f_j \{t - \tau_j [t, \mathbf{X}(t)]\}$ – огибающая радиосигнала, представляющая собой псевдошумовую последовательность, которая соответствует дальномерному коду j -го навигационного искусственного спутника Земли (НИСЗ); $\tau_j(t, \mathbf{X}(t)) = \|\mathbf{X}_{AC}(t) - \mathbf{X}_{NS}^j(t - \tau_j - \Delta)\|/c + \Delta(t)$ – случайное смещение времени прихода огибающей радиосигнала от j -го НИСЗ (псевдозадержка огибающей); $\mathbf{X}_{AC}(t)$ – вектор-столбец координат ЛА; $\mathbf{X}_{NS}^j(t - \tau_j)$ – вектор-столбец координаты j -го НИСЗ в момент излучения радиосигнала; c – скорость света; $n_j(t)$ – белый гауссовский шум (БГШ) с нулевым математическим ожиданием (МО) и двухсторонней спектральной плотностью $N_{\phi}/2$.

Уравнение наблюдения для сигнала с выхода блока акселерометров представим, как уже использовалось в работе [2], в следующем виде:

$$\mathbf{z}_a = \mathbf{U}_{RPY}^{ECI}(\mathbf{p}) \mathbf{U}_{ECI}^{ECEF} [\mathbf{a}_{AC} + 2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{V}_{AC} - \mathbf{g}_T(\mathbf{X}_{AC})] + \mathbf{n}_a(t) \quad (3)$$

где \mathbf{U}_{RPY}^{ECI} – матрица перехода из инерциальной системы координат (СК) ECI в жестко связанную с летательным аппаратом (ЛА) СК RPY, \mathbf{U}_{ECI}^{ECEF} – матрица перехода из геоцентрической подвижной СК ECEF в инерциальную СК ECI; \mathbf{a}_{AC} – вектор ускорения ЛА в гринвичской СК ECEF; \mathbf{V}_{AC} – вектор-столбец скоростей ЛА гринвичской СК ECEF; \mathbf{U}_{ECI}^{ECEF} – матрица угловой скорости вращения Земли; $2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{V}_{AC}$ – кориолисово

ускорение; $\mathbf{g}_T(\mathbf{X}_{AC}) = \mathbf{g}_T(\mathbf{X}_{AC}) - \boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{X}_{AC})$ – удельная сила тяжести; $\mathbf{g}_T(\mathbf{X}_{AC})$ – вектор интенсивности гравитационного поля Земли; $\boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{X}_{AC})$ – переносное (центростремительное) ускорение; \times – операция векторного умножения; $\mathbf{n}_a(t)$ – вектор БГШ с нулевыми МО и диагональной матрицей двухсторонних спектральных плотностей N_{za} ; \mathbf{p} – кватернион Родрига – Гамильтона, используемый в качестве параметров ориентации, достоинством применения которого является отсутствие его вырождаемости при любом пространственном положении ЛА [2].

Матрица направляющих косинусов определяется по измерениям гироскопических датчиков. Уравнение наблюдения для сигнала с выхода гироскопов представим по примеру [2] в виде:

$$\mathbf{z}_\omega(t) = \boldsymbol{\omega}(t) + \Delta\boldsymbol{\omega} + \mathbf{n}_\omega(t). \quad (4)$$

где $\boldsymbol{\omega}(t) = [\omega_x(t) \ \omega_y(t) \ \omega_z(t)]^T$ – вектор истинных значений угловой скорости; $\Delta\boldsymbol{\omega} = [\omega_x(t) \ \omega_y(t) \ \omega_z(t)]^T$ – вектор систематических ошибок датчиков угловых скоростей (ДУС); $\mathbf{n}_\omega(t)$ – вектор БГШ с нулевым МО и диагональной матрицей двухсторонних спектральных плотностей N_ω .

Модель движения ЛА представляется модернизированной моделью Зингера [11], описывающей управляемый полет:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{X}}_{AC}(t) &= \mathbf{V}_{AC}(t), \\ \dot{\mathbf{V}}_{AC}(t) &= -\beta \mathbf{V}_{AC}(t) + \mathbf{a}_{AC}(t), \\ \dot{\mathbf{a}}_{AC}(t) &= -\alpha \mathbf{a}_{AC}(t) + \mathbf{n}_a(t), \end{aligned} \quad (5)$$

где β – коэффициент, характеризующий изменение $\mathbf{V}_{AC}(t)$ скорости во времени, ограничивающий рост дисперсии скорости с течением времени и тем самым отражающий тот факт, что объект навигации является управляемым; α – ширина спектра флуктуаций процесса $\mathbf{a}_{AC}(t)$, которая для подвижных объектов типа летательных аппаратов, равен величине, обратной времени выполнения объектом типового маневра; $\mathbf{n}_a(t)$ – вектор формирующих БГШ с нулевыми МО и диагональной матрицей двухсторонних спектральных плотностей N_a . Численные значения параметров процесса определяются, исходя из максимально допустимых ускорений ЛА при маневрировании.

Уравнения динамики смещения шкалы времени (ШВ) ПСН являются модификацией уравнений для отклонения фазы и частоты ОГ и с учетом кратковременной и долговременной нестабильности ОГ определяются, как и в [2], следующими соотношениями

$$\dot{\Delta}(t) = V_\Delta(t) + n_{V_\Delta}(t), \quad \dot{V}_\Delta(t) = -\beta_\Delta V_\Delta(t) + n_\Delta(t), \quad (6)$$

где β_Δ – ширина спектра флуктуаций ОГ; $n_\Delta(t)$, $n_{V_\Delta}(t)$ – БГШ с нулевыми МО и двухсторонними спектральными плотностями $N_\Delta/2$ и $N_{V_\Delta}/2$ соответственно.

Система дифференциальных уравнений, связывающая кватернион Родрига – Гамильтона и вектор угловых скоростей имеет вид [2]:

$$\begin{bmatrix} \dot{p}_\omega \\ \dot{p}_x \\ \dot{p}_y \\ \dot{p}_z \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 & -\omega_x & -\omega_y & -\omega_z \\ \omega_x & 0 & \omega_z & -\omega_y \\ \omega_y & -\omega_z & 0 & \omega_x \\ \omega_z & \omega_y & -\omega_x & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} p_\omega \\ p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Модели динамики векторов угловых скоростей ЛА и вектора систематических смещений нулей гироскопа представим в виде:

$$\begin{aligned} \dot{\omega} &= -\alpha_\omega \omega(t) + \mathbf{n}_\omega(t), \\ \dot{\Delta\omega} &= 0, \quad p_{pr}(\Delta\omega_0) = \mathbf{N}(\mathbf{m}_{\Delta\omega}, \mathbf{D}_{\Delta\omega}), \\ \Delta\omega_0 &= \Delta\omega(0) \end{aligned} \quad (8)$$

где α_ω – ширина спектра флуктуаций процесса $\omega(t)$; $\mathbf{n}_\omega(t)$ – формирующий БГШ с нулевым МО и диагональной матрицей двухсторонних спектральных плотностей \mathbf{N}_ω .

Приведенные выше соотношения (2) – (8) определяют постановку задачи фильтрации вектора состояния $\lambda(t)$, включающего параметры, описывающие всю совокупность инерциальных и спутниковых наблюдений.

$$\lambda(t) = [\mathbf{X}_{AC}(t)^T \Delta(t) \mathbf{V}_{AC}(t)^T \mathbf{V}_\Delta(t) \mathbf{a}_{AC}(t)^T \mathbf{p}(t)^T \omega(t)^T \Delta\omega(t)^T]^T \quad (9)$$

Для дискретного времени априорная модель параметров вектора состояния в векторно-матричном представлении приобретает следующий вид:

$$\lambda_k = \mathbf{F}_{k-1} \lambda_{k-1} + \mathbf{n}_{\lambda,k} \quad (10)$$

где \mathbf{F}_{k-1} – переходная матрица параметров вектора состояния за время $T_H = t_k - t_{k-1}$; $\mathbf{n}_{\lambda,k}$ – вектор независимых БГШ с нулевым МО и корреляционной матрицей $\mathbf{M}\{\mathbf{n}_{\lambda,k} \mathbf{n}_{\lambda,k}^T\} = \mathbf{\Psi}_k$.

Синтез комплексного алгоритма будет состоять из двух основных частей: синтеза на этапах первичной и вторичной обработки. Исходя из задач, решаемых на этапе первичной обработки, оценке подлежит вектор состояния $\zeta(t)$, включающий параметры, которые описывают принимаемый радиосигнал – радионавигационные параметры (РНП):

$$\zeta(t) = [\mathbf{Y}(t)^T \quad \tau_\delta(t)]^T = [\tau(t) \quad V_\tau(t) \quad a_\tau(t) \quad \tau_\delta(t)]^T \quad (11)$$

где $\tau(t)$ – случайное смещение времени прихода огибающей радиосигнала от НИСЗ (псевдозадержка огибающей); $V_\tau(t)$, $a_\tau(t)$ – скорость и ускорение изменения $\tau(t)$; $\tau_\delta(t)$ – случайное смещение времени высокочастотного (ВЧ) заполнения радиосигнала НИСЗ (псевдозадержка ВЧ заполнения, псевдофаза), которое вводится в соответствии с методом дополнительной переменной [5]. Все приведенные РНП являются известными функциями навигационного параметра (НП) потребителя.

Модель движения ЛА для синтеза этапа первичной обработки дополним выражением для $\tau_\delta(t)$:

$$\dot{\tau}_\delta(t) = V_\tau(t) + n_\delta(t), \quad \tau_\delta(0) \neq \tau(0) \quad (12)$$

где $n_\delta(t)$ – формирующий БГШ с нулевыми МО и двухсторонней спектральной плотностью $N_\delta/2$.

В данной модели учтено, что в идеальных условиях изменение задержки ВЧ заполнения совпадает с изменением задержки огибающей; с другой стороны, включенный в модель фазовый шум $n_\delta(t)$, интенсивностью $N_\delta/2$, призван отражать отклонение фазовой траектории от $\tau(t)$. Такое отклонение может быть связано не только с ионосферными и аппаратурными искажениями, но и с перескоками фазы.

Дискретная априорная модель параметров вектора состояния в векторно-матричном представлении приобретает следующий вид:

$$\zeta_k = \mathbf{\Phi}_{k-1} \zeta_{k-1} + \mathbf{n}_{\zeta,k} \quad (13)$$

где $\mathbf{\Phi}_{k-1}$ – переходная матрица параметров вектора состояния, за время $T_H = t_k - t_{k-1}$; $\mathbf{n}_{\zeta,k}$ – вектор независимых БГШ с нулевым МО и корреляционной матрицей $\mathbf{M}\{\mathbf{n}_{\zeta,k} \mathbf{n}_{\zeta,k}^T\} = \mathbf{D}_k$.

Наблюдение $\xi_{k,j}$ в j -м канале приемника представим в виде сигнала на выходе коррелятора

$$\xi_k = \frac{2}{N_0} \int_{t_{k-1}}^{t_k} \eta(t) s(t, \tilde{\lambda}_{k-1}) dt, \quad (14)$$

где $s_j(t, \tilde{\lambda}_{k-1})$ – опорный сигнал j -го канала многоканального коррелятора.

КОМПЛЕКСНЫЙ АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ

Для полного описания плотности вероятности (ПВ) достаточно определить эволюцию во времени совокупности параметров $\alpha = \{m_\delta, \Lambda, \gamma, \mathbf{m}_x, \mathbf{R}_x\}$. В соответствии с приведенной в [5–8] методикой интегральной аппроксимации АПВ получим алгоритм оценки параметров.

$$\begin{aligned} \hat{m}_{\delta,k} &= \tilde{m}_{\delta,k} + \frac{1}{\omega_0} \arctg \left(\frac{F_{S,k}}{F_{C,k} + \tilde{\Lambda}_k} \right) \Bigg|_{\mathbf{Y}_k = \tilde{\mathbf{m}}_{\mathbf{Y},k}} + \\ &+ \tilde{\gamma}_k^T (\hat{\mathbf{m}}_{\mathbf{Y},k} - \tilde{\mathbf{m}}_{\mathbf{Y},k}), \\ \hat{\gamma}_k &= \tilde{\gamma}_k - \frac{1}{\omega_0 \tilde{\Lambda}_k^2} \left\{ (\tilde{\Lambda}_k + F_{C,k}) \frac{dF_{S,k}}{d\mathbf{Y}_k} - \right. \\ &\left. - F_{S,k} \frac{dF_{C,k}}{d\mathbf{Y}_k} \right\} \Bigg|_{\mathbf{Y}_k = \tilde{\mathbf{m}}_{\mathbf{Y},k}}, \quad (15) \end{aligned}$$

$$\hat{\mathbf{m}}_{\mathbf{Y},k} = \tilde{\mathbf{m}}_{\mathbf{Y},k} + \mathbf{R}_{\mathbf{Y}\mathbf{Y},k} \frac{\mathbf{F}(\Lambda_k)}{2\Lambda_k} \left[\frac{d(F_{C,k}^2 + F_{S,k}^2)}{d\mathbf{Y}_k} + 2\tilde{\Lambda}_k \frac{dF_{S,k}}{d\mathbf{Y}_k} \right] \Bigg|_{\mathbf{Y}_k = \tilde{\mathbf{m}}_{\mathbf{Y},k}},$$

$$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{Y}\mathbf{Y},k}^{-1} = \tilde{\mathbf{R}}_{\mathbf{Y}\mathbf{Y},k}^{-1} - \frac{d^2}{d\mathbf{Y}_k d\mathbf{Y}_k^T} \ln I_0(\Lambda_k) \Bigg|_{\mathbf{Y}_k = \tilde{\mathbf{m}}_{\mathbf{Y},k}},$$

$$\hat{\Lambda}_k = \sqrt{F_{S,k}^2 + (F_{C,k} + \tilde{\Lambda}_k)^2}.$$

$$\begin{aligned} F_{C,k} &= \frac{2A_0}{N_0} \int_{t_{k-1}}^{t_k} \xi(t) f[t - \tilde{\tau}_k(t, \mathbf{Y}_{k-1})] \times \\ &\times \cos \omega_0 \{t - \tilde{m}_{\delta,k}(t, \zeta_{k-1}) + \\ &+ \tilde{\gamma}_k^T [\mathbf{Y}_k - \tilde{\mathbf{m}}_k(t, \mathbf{Y}_{k-1})]\} dt \end{aligned} \quad -$$

$$F_{S,k} = \frac{2A_0}{N_0} \int_{t_{k-1}}^{t_k} \xi(t) f[t - \tilde{\tau}_k(t, \mathbf{X}_{k-1})] \times \\ \times \sin \omega_0 \left\{ t - \tilde{m}_{\partial,k}(t, \zeta_{k-1}) + \tilde{\gamma}_k^T [\mathbf{Y}_k - \tilde{\mathbf{m}}_k(t, \mathbf{Y}_{k-1})] \right\} dt \quad - \text{ синфаз-}$$

ная и квадратурная составляющая корреляционного интеграла по наблюдению.

Выражения для шага экстраполяции будут иметь вид

$$\begin{aligned} \tilde{m}_{\partial,k} &= \hat{m}_{\partial,k-1} + \Phi_{\partial Y}^T \hat{\mathbf{m}}_{Y,k-1}, \quad \tilde{\gamma}_k = \\ &= \tilde{\mathbf{R}}_{YY,k}^{-1} \left[\mathbf{D}_{\partial Y} + \Phi_{YY} \hat{\mathbf{R}}_{YY,k-1} (\Phi_{\partial Y} + \hat{\gamma}_{k-1}) \right], \\ \mathbf{F}(\tilde{\lambda}_k) &= \mathbf{F}(\hat{\lambda}_{k-1}) \exp \left\{ -\frac{\omega_0^2}{2} \left[D_{\partial\partial} - \tilde{\gamma}_k^T \tilde{\mathbf{R}}_{YY,k} \tilde{\gamma}_k + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + (\Phi_{\partial Y}^T + \hat{\gamma}_{k-1}^T) \hat{\mathbf{R}}_{YY,k-1} (\Phi_{\partial Y} + \hat{\gamma}_{k-1}) \right] \right\}, \\ \tilde{\mathbf{m}}_{Y,k} &= \Phi_{YY} \hat{\mathbf{m}}_{Y,k-1}, \quad \tilde{\mathbf{R}}_{YY,k} \\ &= \Phi_{YY} \hat{\mathbf{R}}_{YY,k-1} \Phi_{YY}^T + \mathbf{D}_{YY}. \end{aligned} \quad (16)$$

где $\Phi = \begin{pmatrix} \mathbf{1} & \Phi_{\partial Y}^T \\ \mathbf{0} & \Phi_{YY} \end{pmatrix}$, $\mathbf{D} = \begin{pmatrix} D_{\partial\partial} & \mathbf{D}_{\partial Y}^T \\ \mathbf{D}_{\partial Y} & \mathbf{D}_{YY} \end{pmatrix}$ – переходная и корреляционная матрицы для модели процесса, описанного в дискретном времени.

Режим работы дискриминатора огибающей и фазового дискриминатора аналогичен режиму работы дискриминаторов, описанных в [8, 9], т. е. зависит от значения рекуррентно вычисляемого параметра $\tilde{\lambda}$. Значения $\tilde{\lambda} \gg 1$ соответствуют высокой точности фильтрации фазы и соответственно большему вкладу когерентного дискриминатора в формирование оценки вектора параметров аппроксимирующей плотности; при больших фазовых ошибках ($\tilde{\lambda} \rightarrow 0$) оценку формирует в основном некогерентная часть дискриминатора, а вклад когерентного дискриминатора является пренебрежимо малым. При такой структуре фильтра достигается оптимальное сочетание когерентного и некогерентного методов фильтрации параметров сигнала [7].

Фазовый дискриминатор при $\tilde{\lambda} \gg 1$ стремится к классическому фазовому детектору с синусоидальной характеристикой. При ($\tilde{\lambda} \rightarrow 0$) фазовый дискриминатор реализует оптимальный в смысле максимума функции правдоподобия алгоритм $\arctg(F_S/F_C)$.

В результате первичной обработки радионавигационных сигналов получены оценки РНП для каждого из НИСЗ ($j = \overline{1, M}$) выбранного рабочего созвездия. Теперь необходимо выполнить второй этап обработки для извлечения из «сырых данных» навигационного параметра (НП) потребителя.

Для решения задачи навигационно-временного обеспечения (НВО) на этапе вторичной обработки будем использовать, как и в [5], алгоритм расширенного фильтра Калмана, который может быть представлен в следующем виде

$$\hat{\lambda}_k = \tilde{\lambda}_k + \hat{\mathbf{R}}_k \left(\frac{\partial \mathbf{S}(t_k, \tilde{\lambda}_k)}{\partial \lambda} \right)^T \left[\begin{matrix} \Psi_Y & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \Psi_Z \end{matrix} \right]^{-1} (\xi_k - \mathbf{S}(t_k, \tilde{\lambda}_k)), \quad (17)$$

$$\hat{\mathbf{R}}_k^{-1} = \tilde{\mathbf{R}}_k^{-1} + \left(\frac{\partial \mathbf{S}(t_k, \tilde{\lambda}_k)}{\partial \lambda} \right)^T \left[\begin{matrix} \Psi_Y & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \Psi_Z \end{matrix} \right]^{-1} \left(\frac{\partial \mathbf{S}(t_k, \tilde{\lambda}_k)}{\partial \lambda} \right). \quad (18)$$

где $\xi_k = [\xi_{1,k}, \xi_{2,k}, \dots, \xi_{M,k}, \mathbf{z}_{\alpha,k}^T, \mathbf{z}_{\omega,k}^T]^T$ – совокупность измерений псевдофаз видимых НИСЗ, скоростей и ускорений изменения псевдофаз видимых НИСЗ, наблюдений на выходе ДУС (гироскопов) и блока акселерометров, относящихся к моменту времени t_k ; Ψ_Y – матрица дисперсий измерения РНП, формируемая путем соответствующих выборок из матриц $\hat{\mathbf{R}}_{XX,k}^j$, $j = \overline{1, M}$, рассчитываемых на этапе первичной обработки; Ψ_Z – диагональная матрица дисперсий измерений с выхода автономных датчиков; $\mathbf{0}$ – нулевая матрица; $\partial \mathbf{S}(t_k, \tilde{\lambda}_k) / \partial \lambda$ – матрица, характеризующая пространственно-временную геометрию рабочего созвездия видимых НИСЗ и производных от полезного сигнала на выходе автономных датчиков; $\mathbf{S}(t_k, \tilde{\lambda}_k)$ – известные нелинейные функции; $\tilde{\lambda}_k = \mathbf{F} \hat{\lambda}_{k-1}$ – экстраполированные значения вектора состояния; $\tilde{\mathbf{R}}_k = \mathbf{F} \hat{\mathbf{R}}_{k-1} \mathbf{F}^T + \Psi$ – экстраполированная корреляционная матрица ошибок фильтрации.

Таким образом, выражениями (15) – (18) определяется алгоритм тесно связанного комплексирования на основе метода интегральной аппроксимации с применением для аппроксимации АПВ обобщенной ПВ Тихонова.

Данный синтезированный алгоритм сочетает в себе достоинства когерентного и некогерентного алгоритмов с инерциальной поддержкой, что позволит достичь помехоустойчивости выше уровня достижимого для автономного универсального алгоритма [7]. Схема комплексного алгоритма представлена на рис. 1.

Схема включает в себя радиотехническую и инерциальную части, комплексный фильтр и блок пересчета. Радиотехническая часть состоит из нескольких приемных каналов, с выхода которых на комплексный фильтр поступают РНП. Инерциальная часть включает каналы слежения за составляющими ускорений и угловых скоростей. Блок пересчета из оценок НП, полученных в комплексном фильтре, формирует оценки РНП для каналов первичной обработки.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИНТЕЗИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ

Моделирование проводилось для кода стандартной точности СРНС ГЛОНАСС. Все алгоритмы исследовались в режиме «внешнего снятия данных». Использование такого режима вполне корректно, так как обусловлено периодической структурой состава навигационной информации [10]. Так, в системе ГЛОНАСС оперативная информация остается посто-

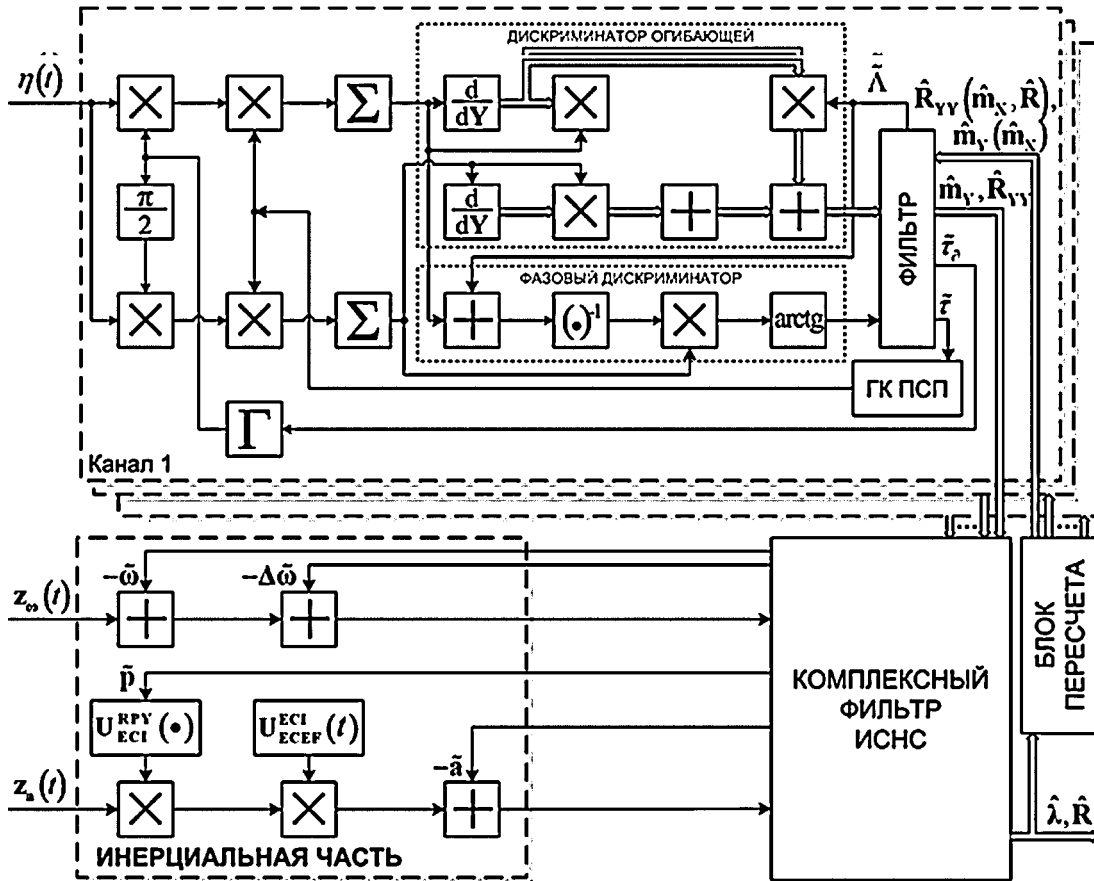


Рис. 1. Схема комплексного алгоритма

янной на получасовом интервале, а в системе GPS – на часовом интервале.

Характеристики синтезированных алгоритмов исследовались методами статистического моделирования. При моделировании имитировалось движение ЛА, рабочее созвездие имитировалось моделью СРНС ГЛОНАСС.

Период непрерывного накопления при формировании квадратур 20 мс.

Предполагалось использование ИНС низкого класса точности: средняя скорость дрейфа гироскопов более 100 град/ч; СКО шума гироскопов более 1 град/√ч; СКО шума акселерометров 0,01 м/с².

В качестве основных характеристик помехоустойчивости алгоритмов использовано пороговое отношение помеха/сигнал J/S на входе приемника и среднеквадратическое отклонение ошибки апостериорной оценки фильтруемых параметров в зависимости от J/S.

На рис. 2 представлены зависимости среднеквадратического

отклонения ошибки (СКО) апостериорной оценки псевдодалности от отношения помеха/сигнал J/S на входе приемника двухэтапного универсального автономного алгоритма (линия У) на этапе первичной обработки в сравнении с когерентным (линия К) и некогерентным (линия Н) алгоритмами для объекта с низкой динамикой.

Анализ этих зависимостей показывает идентичность характеристик точности универсального и ко-

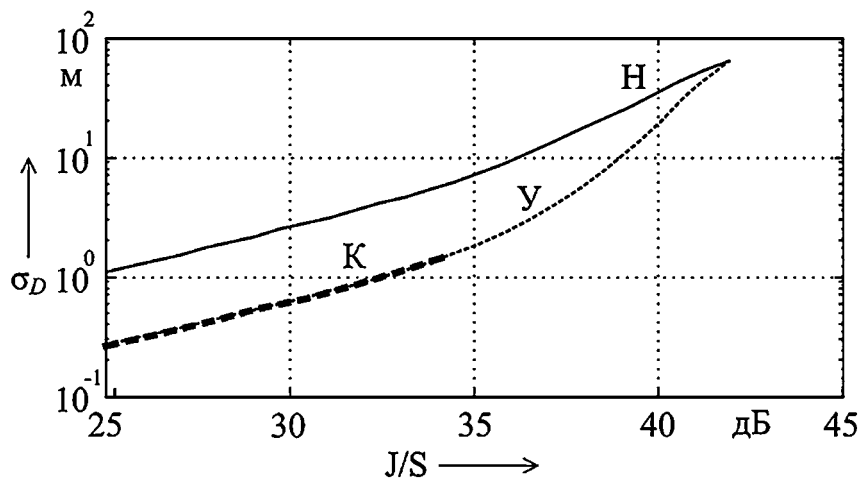


Рис. 2. Зависимости СКО) апостериорной оценки фильтруемых параметров от порогового отношения помеха/сигнал

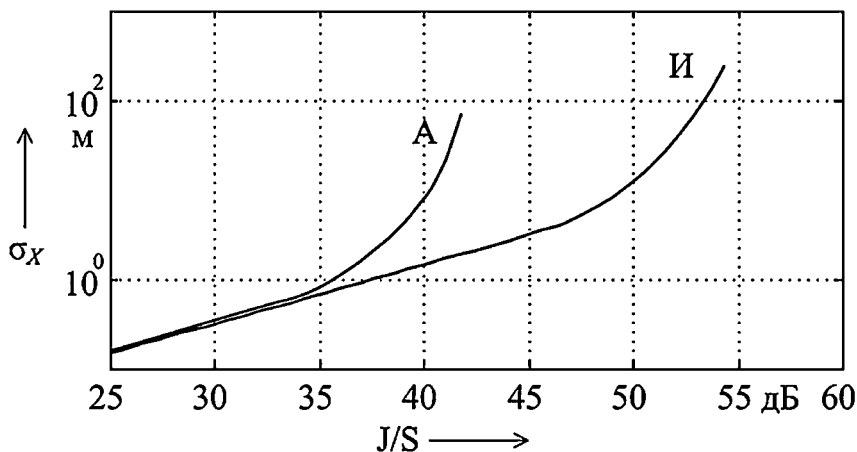


Рис. 3. Характеристики точности и помехоустойчивости универсального автономного и комплексного алгоритма (координаты)

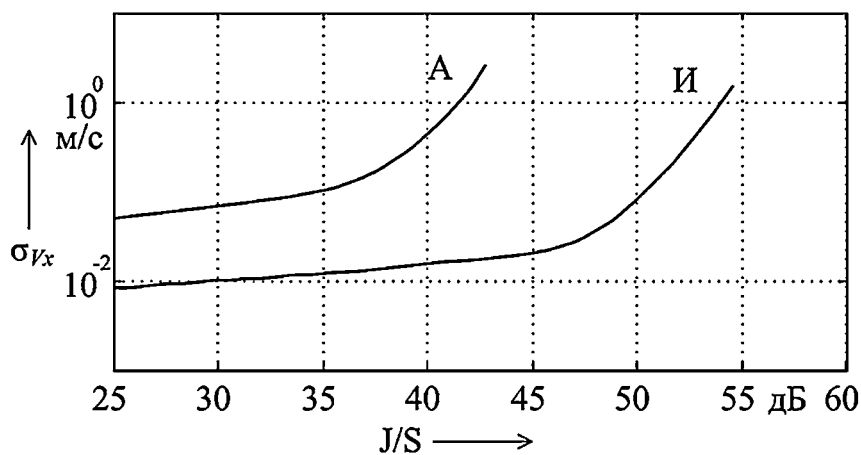


Рис. 4. Характеристики точности и помехоустойчивости универсального автономного и комплексного алгоритма (скорость)

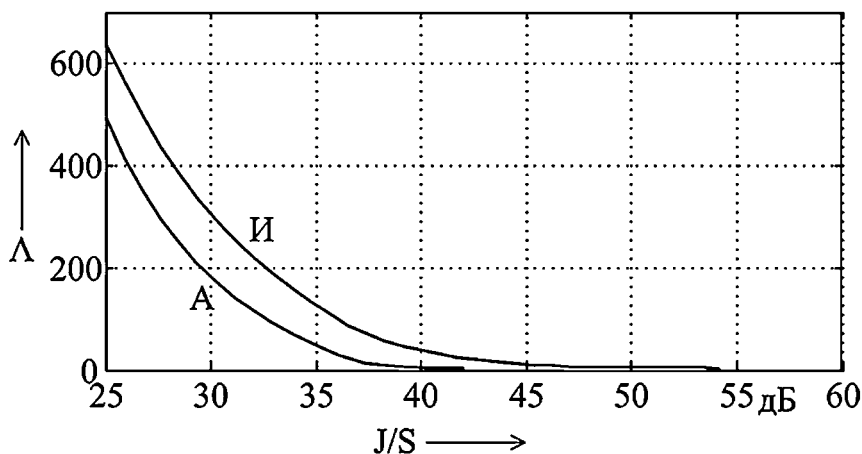


Рис. 5. Параметры когерентности для автономного и комплексного алгоритма

герентного алгоритмов при $J/S=28...34$ дБ. На участке $J/S=34...42$ дБ, где когерентный алгоритм неработоспособен, универсальный алгоритм по характеристикам точности превосходит некогерентный алгоритм. Характеристики точности универсального

алгоритме при значениях параметра когерентности $\Lambda > 15$ некогерентный алгоритм может быть отключен при $J/S \approx 32$ дБ, то при инерциальной поддержке это значение существенно сдвигается (на 16...18 дБ) (Табл. 1).

алгоритма при малых отношениях помеха/сигнал составляют по псевдодальности 20...30 см, при $J/S=42$ дБ – не более 20 м.

На рис. 3 и 4 представлены материалы для сравнения характеристик точности и помехоустойчивости универсального автономного (линия А) и комплексного алгоритма (линия И) на этапе вторичной обработки. На рис. 5 показаны значения параметра когерентности для автономного и комплексного алгоритма.

При сравнении характеристик точности отмечается повышение точности фильтрации составляющих скорости, ускорения и фазы ВЧ заполнения.

Интересная особенность в поведении универсального алгоритма наблюдается, например при $J/S=42$ дБ, критичном для автономного алгоритма. Из сравнения характеристик точности автономного универсального алгоритма и комплексного универсального алгоритма (рис. 3) видно, что точность фильтрации координат существенно повысилась (в $\approx 7...9$ раз) по сравнению с автономным алгоритмом. Необходимо ответить, что приведенные характеристики являются потенциальными и не учитывают погрешности связанные с эфемеридным обеспечения, ионосферными и тропосферными ошибками.

Такая особенность связана с тем, что при использовании инерциальной поддержки в выходном сигнале составного дискриминатора преобладает сигнал когерентного дискриминатора, а алгоритмы на основе когерентной обработки, как известно, обладают существенно лучшими характеристиками точности.

Из приведенных зависимостей следует, что, если в автономном универсальном

Таблица 1

**ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ
СИНТЕЗИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ**

ПОРОГОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ J/S, дБ					
АВТОНОМНЫЕ АЛГОРИТМЫ			КОМПЛЕКСНЫЕ АЛГОРИТМЫ		
К	Н	У	К	Н	У
29	38	38	49	55	55
К – когерентный, Н – некогерентный, У – универсальный алгоритмы					

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе метода интегральной аппроксимации АПВ вектора оцениваемых

параметров синтезирован универсальный алгоритм тесносвязанного комплексирования ПСН и ИНС с использованием в качестве аппроксимирующей плотности вероятностей обобщенной плотности Тихонова.

Синтезированный алгоритм сочетает в себе достоинства когерентных и некогерентных алгоритмов: высокую точность и помехоустойчивость соответственно. Применение тесносвязанного комплексирования позволило повысить помехоустойчивость универсального алгоритма на 12...14 дБ и расширить участок, где универсальный алгоритм совпадает по точности с когерентным на 15...17 дБ по сравнению с автономным алгоритмом.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГЛОНАСС Принципы построения и функционирования [Text] / Р. В. Бакитко [и др.]; Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова.— М.: ИПРЖР, 2005.
2. Харисов, В. Н., Аникин, А. Л., Оганесян, А. А. Статистический анализ характеристик помехоустойчивости алгоритма глубокой интеграции приемника спутниковой навигации и инерциальных датчиков [Text]. Журнал в журнале. Радиосистемы, выпуск 89. Статистический синтез радиосистем, 2005, № 10 — Радиотехника, 2005, № 7.
3. Марковская теория оценивания в радиотехнике [Text] /А. Л. Аникин [и др.]; Под ред. М. С. Ярлыкова.— М.: «Радиотехника», 2004.— 504 с.: ил.
4. Харисов, В. Н., Горев, А. П. Синтез тесносвязанного алгоритма инерциально-спутниковой навигации [Text] Журнал в журнале. Радиосистемы, выпуск 46. Статистический синтез радиосистем, 2000, № 5 — Радиотехника, 2000, № 7.
5. Харисов, В. Н., Бовбель, Д. А. Алгоритмы фильтрации параметров сигнала на основе новых методов аппроксимации [Text] Техническая кибернетика. 1991, № 4.
6. Тихонов, В. И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем [Text] /Тихонов, В. И., Харисов, В. Н. / — М.: Радио и связь, 1991.
7. Харисов, В. Н., Хованец, С. Я. Алгоритмы тихоновской аппроксимации в системах ФАПЧ [Text]. Журнал в журнале. Радиосистемы, выпуск 125. Статистический синтез радиосистем, 2008, № 13 — Радиотехника, 2008, № 7.
8. Харисов, В. Н., Гордеев, Д. В., Павлович, Е. В. Использование метода интегральной аппроксимации для синтеза помехоустойчивых алгоритмов приема сигналов СРНС [Text]. Журнал в журнале. Радиосистемы, выпуск 53. Статистический синтез радиосистем, 2001, № 6 — Радиотехника, 2001, № 7.
9. Аникин, А. Л., Аксенов, С. Ю., Оганесян, А. А., Хованец, С. Я. Совершенствование алгоритмов обработки в приемниках спутниковых радионавигационных систем в целях повышения точности и помехоустойчивости навигационных определений [Text]. Новости навигации, 2007, № 4.
10. Харисов, В. Н., Гордеев, Д. В., Павлович, Е. В. Улучшение характеристик помехоустойчивости авиационных приемников СРНС на основе оптимизации алгоритмов обработки сигналов [Text]. Журнал в журнале. Радиосистемы, выпуск 46. Статистический синтез радиосистем, 2000, № 5.— Радиотехника, 2000, № 7.
11. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации [Text].— М.: Радио и связь, 1985.— 344 с., ил.



ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОЙ АППАРАТУРЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ГНСС¹

С. П. Ковита, Р. Л. Козлов, А. Н. Коротков, А. В. Немов, Д. Ю. Тюфтяков, В. М. Царев

Исследованы характеристики пространственной фильтрации помех в помехозащищенной аппаратуре потребителей (АП) ГНСС. Применен быстрый целочисленный алгоритм обработки сигналов при использовании 4-х резонаторной антенной решетки. Получены экспериментальные оценки энергетического потенциала системного сигнала, принятого помехозащищенной АП ГНСС в условиях воздействия помех различного класса, а также оценки коэффициента подавления помех

INTERFERENCE SUPPRESSION CHARACTERISTICS OF ANTI-JAM GNSS USER EQUIPMENT

S. P. Kovita, R. L. Kozlov, A. N. Korotkov, A. V. Nemov, D. Yu. Tyufyakov, V. M. Tzarev

Interference space filtering characteristics of anti-jam GNSS user equipment are researched. The fast integer signal processing algorithm is applied at usage an antenna array with 4 resonators. Experimental estimations of energy potential of a system signal accepted by anti-jam GNSS user equipment in the presence of various class interferences are given. Also estimations of interference suppression coefficient are received

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особое внимание уделяется проблеме помехозащищенности аппаратуры потребителей (АП) глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) GPS/ГЛОНАСС [1]. В условиях широкой номенклатуры выпускаемых спутниковых приемников и радиоэлектронных комплексов на их основе, как разработчики, так и пользователи аппаратуры заинтересованы в ее максимальной унификации и наращиваемости отдельных модулей, включая устройства фильтрации помех. Идеология построения радиоэлектронного комплекса при этом должна разрешать его блочное исполнение.

Поэтому перспективна идея построения аппаратуры подавления помех в виде модуля, опционально включаемого между выходом антенной системы и цифровым входом современного коррелятора АП ГНСС.

Наиболее эффективным путем решения проблемы защиты от широкополосных и иных помех (помимо комплексирования с инерциальными навигационными датчиками) является включение в состав комплексов АП автоматических подавителей помех на основе антенных решеток (АР) с управляемой диаграммой направленности (ДН).

Качество помехозащиты существенно зависит от конфигурации АР, линейности радиочастотного преобразователя и алгоритма фильтрации помех, являющегося в описываемом случае быстрым, цифровым и целочисленным.

Цель данной работы – экспериментальная оценка эффективности помехозащищенной АП, в которой АР автоматически управляется по способу «нулевого» управления, а сама ДН формируется цифровым методом. Используются мощностные характеристики эффективности.

2. ОПИСАНИЕ ФИЛЬТРА ПОМЕХ

Фильтром (компенсатором) помех будем называть совокупность устройств от АР и преобразователя радиочастоты (ПРЧ) до двухуровневого квантователя коррелятора включительно. Структурная схема компенсатора помех приведена на рис. 1.

Сигналы принимаются АР, ПРЧ производит перенос спектра сигнала на промежуточную частоту (ПЧ). Далее аналого-цифровой преобразователь (АЦП) формирует выборки из входного сигнала. Затем квадратурный демодулятор сдвигает спектр сигнала на нулевую частоту и формирует квадратурные составляющие. Эквалайзеры производят выравнивание частотных характеристик приемных каналов. В блоке ядра подавления помех, структурная схема которого приведена на рис. 2, сигнал взвешивается вектором весовых коэффициентов (ВВК). ВВК рассчитывается в ядре подавления помех с помощью специального быстрого адаптивного алгоритма за 6...10 итераций. Итерации производятся в темпе, меньшем частоты дискретизации. Далее очищенный от помех сигнал поступает на интерполятор, где восстанавливается частота дискретизации (нюансы

¹ С.П. Ковита - начальник отделения ОАО «РИРВ», тел. 577-10-83, office@irt.ru, А.Н. Коротков - к.т.н., руководитель проектного направления ОАО «РИРВ», тел. 577-10-58, office@irt.ru, Р.Л. Козлов - магистрант СПбГЭТУ, сотрудник ОАО «РИРВ», А.В. Немов - к.т.н., с.н.с СПбГЭТУ, тел.577-10-79, office@irt.ru, Д.Ю. Тюфтяков - аспирант СПбГЭТУ, сотрудник ОАО «РИРВ», В.М. Царев – директор ФГУП «НТЦ «Интернавигация», к.т.н.

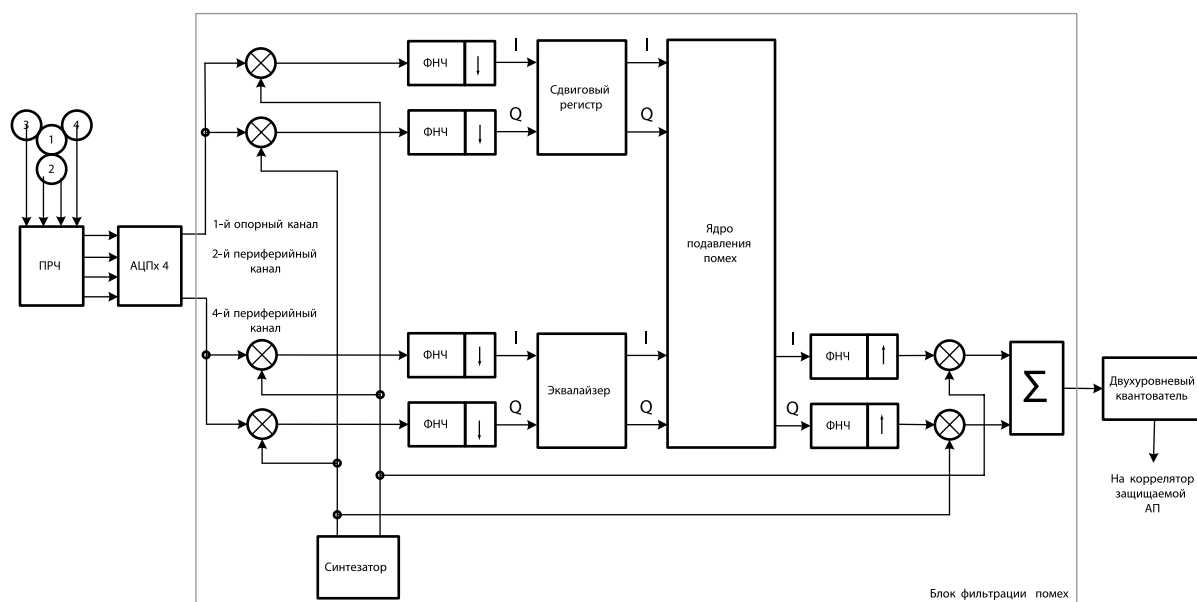


Рис. 1. Структурная схема компенсатора помех

цифровой многоскоростной обработки сигналов изложены в [2]). После этого квадратурный модулятор возвращает спектр сигнала на ПЧ. Двухуровневый амплитудный квантователь формирует выходной сигнал компенсатора помех и передает его на коррелятор защищаемой АП.

3. БЫСТРЫЙ АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В КОМПЕНСАТОРЕ ПОМЕХ

Быстрый адаптивный алгоритм расчета ВВК, а также все узлы по схеме рис. 1, кроме ПРЧ и АЦП, реализованы на вычислительной платформе в целочисленном виде.

Вычислительная платформа состоит, по сути, из одного кристалла программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). В сравнении с известными аналогами [3] уменьшены потребляемая мощность по электропитанию и стоимость технической реализации. Для повышения устойчивости работы внутренняя частота выполнения инструкций в вычислительной платформе выбрана в 2 раза меньше предельной.

Структурная схема вычислительной платформы приведена на рис. 3.

Быстрый адаптивный алгоритм является целочисленной реализацией алгоритма пространственной селекции сигналов, поэтому оптимальный ВВК записывается так

$$W_{opt} = R^{-1}W_0,$$

где R – корреляционная матрица входного процесса; W_0 – начальное значение ВВК.

Операция обращения корреляционной матрицы требует существенных аппаратно-вычислительных затрат, поэтому ВВК вычисляется по итеративной формуле

$$W_i = P [W_{i-1} - \mu RW_{i-1}] + W_0,$$

где P – постоянная матрица, которая определяется вектором ограничений; μ – параметр сходимости; он обычно выбирается обратным максимальному собственному числу корреляционной матрицы R . Далее на рис. 4 представлена фотография одного из важнейших устройств в фильтре помех, а именно АР из 4-х резонаторов, размещенной в безэховой камере.

4. СТРУКТУРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ АП

В ходе экспериментальных исследований приемная АР, излучающие антенные устройства, а также компенсатор помех и защищаемая АП были помещены в безэховую камеру, характеристики которой приведены в таблице 1.

На рис. 5 и в таблице 2 представлены структурная схема и состав экспериментального стенда для исследований компенсатора помех с четырехэлементной АР.

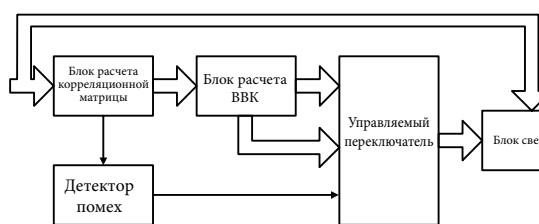


Рис. 2. Структурная схема ядра подавления помех

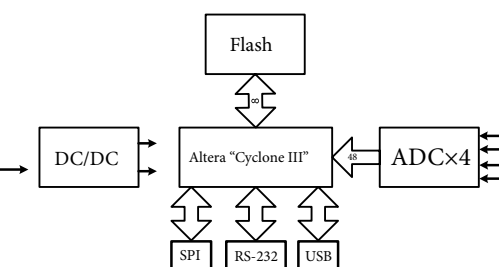


Рис. 3. Структурная схема вычислительной платформы



Рис. 4. Фотография AP из 4-х резонаторов в безэховой камере

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЫ

Рабочий диапазон	1–10 ГГц
Коэффициент «безэховости»	40 дБ
Тип антенны для подачи полезного сигнала	Рупорная измерительная антенна П6-3
Тип антенны для подачи помехового сигнала	Рупорно-спиральная
Пространственное затухание	45 дБ

Таблица 2

СОСТАВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА

ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ
A1	Устройство антенное излучающее
A2	Устройство антенное излучающее
A3	Устройство антенное приемное 4-х элементное
A4	Компенсатор помех
A5	Защищаемая AP
B1	Безэховая камера (БЭК)
C1	Поворотный стол
G1	Генератор колебаний высокочастотный
G2	Имитатор сигналов ГЛОНАСС/GPS
P1	Персональный компьютер (ПК) с установленным управляющим программным обеспечением (УПО)

Таблица 3

КОЭФФИЦИЕНТ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХИ

Тип помехи	Отношение помеха/шум (П/Ш), дБ	Коэффициент подавления помехи Кпод, дБ
Шумоподобная	34	24,2
Гармоническая	53	44

Помеха формируется с помощью высокочастотного генератора сигналов и излучается антенной A1 с круговой поляризацией в диапазоне частот L1 в пространство безэховой камеры. Через рупорную антенну A2 подается навигационный сигнал ГЛОНАСС в диапазоне L1. Приемная AP A3 установлена на поворотном столе, управляемом электрически.

Источники полезного сигнала и помехи размещены в пространстве на угол 30°.

5. МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОЙ AP

Коэффициент подавления $K_{под}$ оценивается с помощью УПО в полосе частот, в которой сосредоточено 99,99% мощности помехи. Сначала измеряется $P_{вх}$ – мощность процесса в полосе частот помехи на входе блока фильтрации помех, затем измеряется $P_{вых}$ – мощность процесса в той же полосе частот на выходе блока фильтрации помех. Также необходимо сделать поправку на $K_{пер}$ – коэффициент передачи блока фильтрации помех. Коэффициент передачи уточняется отдельно для каждого типа помехи. Тогда формула для расчета коэффициента подавления запишется так

$$K_{под} = \frac{P_{вх}}{P_{вых}} + K_{пер}$$

Для оценки E – эффективности работы AP в условиях воздействия помех сначала при выключенном режиме подавления определяется $P1_{макс}$ – максимальная мощность помехи, при которой защищаемая AP сохраняет свою работоспособность. AP работоспособна, если в зависимости от режима работы (захват сигнала, слежение за сигналом) она может осуществлять захват сигнала или продолжать слежение за сигналом. Далее максимальная мощность помехи, при которой защищаемая AP сохраняет свою работоспособность, определяется при включенном режиме подавления – $P2_{макс}$. Эффективность работы определяется как разность $P2_{макс}$ и $P1_{макс}$

$$E = P2_{макс} - P1_{макс}$$

Время подавления оценивается по осциллограмме выходного процесса блока фильтрации помех индицируемой в диалоговом окне УПО. На вход компенсатора помех подаются мощные радиоимпульсы. При включенном режиме подавления производится оценка длительности неподавленного участка радиоимпульса. Время подавления равно длительности неподавленного участка радиоимпульса по уровню собственного шума.

Оценка потерь на включение режима подавления помех – L производится путем измерения разности энергетических потенциалов (ЭП) в отсутствии помехи при выключенном режиме подавления – $ЭП_{выкл}$, а затем при включенном режиме подавления – $ЭП_{вкл}$. Потери на включение определяются так

$$L = ЭП_{выкл} - ЭП_{вкл}$$

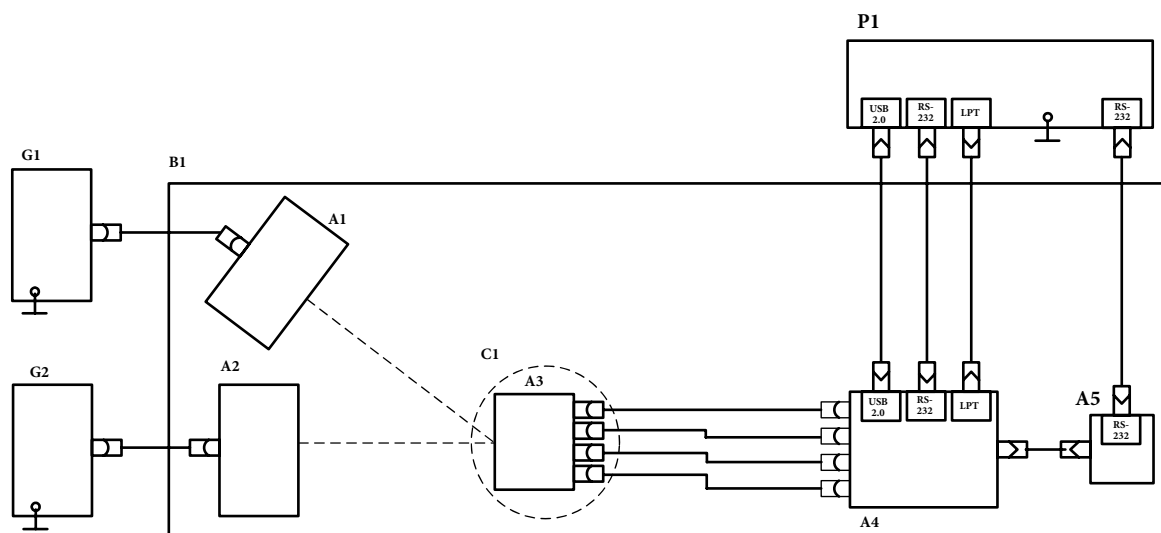


Рис. 5. Структурная схема экспериментального стенда

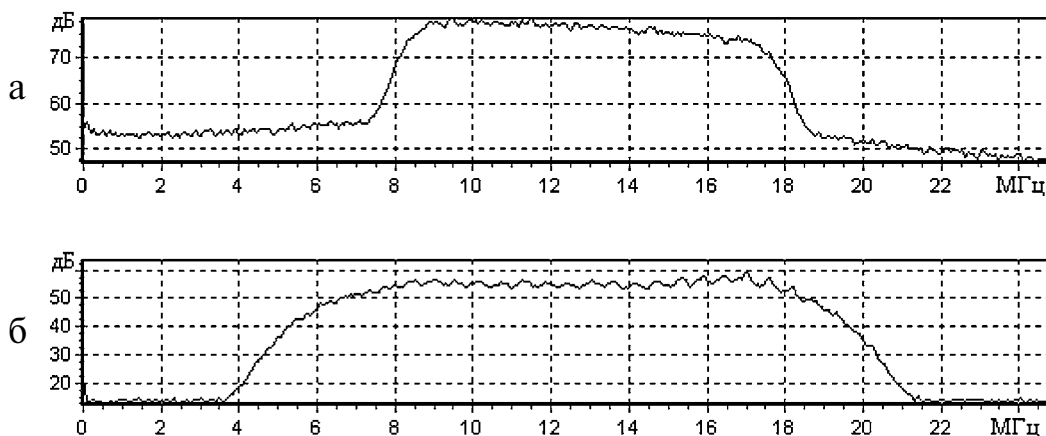


Рис. 6. Оценки спектров входного (а) и выходного (б) сигналов блока фильтрации помех при действии одной шумоподобной помехи с полосой 8 МГц; П/Ш = 34 дБ

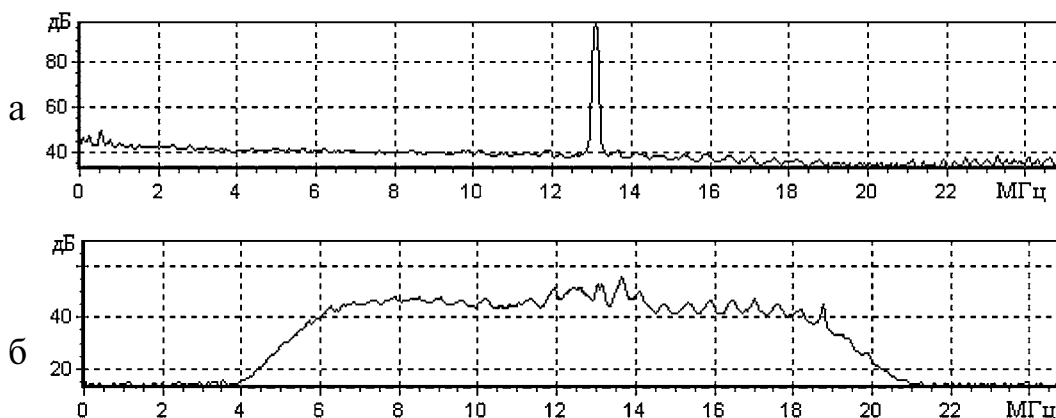


Рис. 7. Оценки спектров входного (а) и выходного (б) сигналов блока фильтрации помех при действии одной гармонической помехи на частоте 1603,125 МГц; П/Ш = 53 дБ

6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КОМПЕНСАТОРА ПОМЕХ С ЧЕТЫРЕХЭЛЕМЕНТНОЙ АР

Исследования проводились при работе по второй литературе ГЛОНАСС L1 (1603,125 МГц), центральная частота помехи всегда равна 1603,125 МГц.

В результате испытаний компенсатора помех получены оценки спектров процессов на входе и выходе

блока фильтрации помех при включенном режиме подавления помех, представленные на рис. 6 и 7. Данные оценки характеризуют качество подавления помехи и возникающие при подавлении искажения. Определены коэффициент подавления и эффективность компенсатора помех для различных типов помех, результаты измерений приведены в таблицах 3

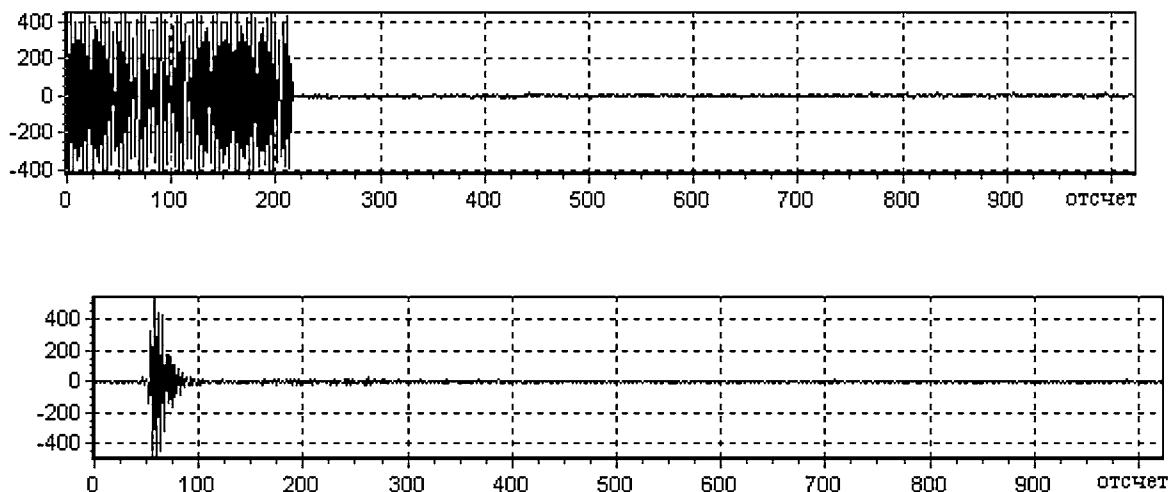


Рис. 8. Радиопульс на входе (а) и выходе (б) блока фильтрации помех при включенном режиме подавления помех

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЕНСАТОРА ПОМЕХ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ШУМОПОДОБНОЙ И ГАРМОНИЧЕСКОЙ ПОМЕХ

Таблица 4

Тип помехи	Шумоподобная помеха		Гармоническая помеха			
	Захват сигнала	Слежение за сигналом	Захват сигнала	Слежение за сигналом		
Режим работы защищаемой НАП						
ЭП б/п, дБГц	38	44,5	38	44,5	38	38
Эффективность E, дБ	34	33	28	27	39	49

и 4 соответственно. Оценены потери на включение режима подавления помех.

Вид (ширина и уровень) спектра входного сигнала на рисунках 6, (а) и 7, (а) определяется свойствами помех, воздействующих на АП, а вид (ширина и уровень) спектра выходного сигнала на рис. 6, (б) и 7, (б) определяется коэффициентом подавления помехи и частотной избирательностью цифровых ФНЧ (см. рис. 1).

Величина $K_{\text{нод}}$ получена существенно ниже относительной мощности помехи только вследствие невысокой динамической способности ПРЧ.

Определим время адаптации алгоритма. Пусть на компенсатор помех воздействует одна импульсная помеха с длительностью импульса 4 мкс и периодом следования импульсов 30 мкс. Произведем оценку времени подавления такой помехи. Для этого используем полученные с помощью УПО осциллограммы, представленные на рис. 8.

Из рис. 8 (б) видно, что длительность неподавленного участка радиопульса не превышает 50 отсчетов. Частота дискретизации выходного сигнала составляет $f_d = 49,6875$ МГц. Таким образом, формула для расчета времени подавления запишется следующим образом:

$$T_{\text{п}} = \frac{50}{f_d} = \frac{50}{49,6875 \cdot 10^6} = 1,0063 \text{ мкс.}$$

Произведем оценку потерь на включение режима подавления помех. При выключенном режиме подавления помех ЭП = 39 дБГц. При включенном режиме подавления помех ЭП = 38 дБГц. Таким образом, потери на включение режима подавления помех составляют 1 дБ.

7. ВЫВОДЫ

- При экспериментальном исследовании эффективности помехозащищенной АП доказано высокое качество фильтрации помех и существенное улучшение помехоустойчивости АП ГНСС.
- Эффективность подавления широкополосной помехи по поиску – 34 дБ, по слежению – 28 дБ.
- Эффективность подавления гармонической помехи по поиску – 39 дБ, по слежению – 49 дБ.
- Время подавления помехи составляет 1 мкс.
- Потери на включение режима подавления помех составляют 1 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Писарев, С. Б., Немов, А. В., Иванов, А. М., Фуков, М. М. Возможности пространственной режекции помех при приеме сигналов глобальных навигационных спутниковых систем // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2003. Вып. 2 С. 61-72.
2. Айфичер, Э. С., Джервис, Б. У. Цифровая обработка сигналов, практический подход, 2-е издание. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
3. The compact GAS–1 system [Electronic resource]. <http://www.Raytheon.co.uk>.



СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ КА ГЛОНАСС НА 06.03.2009 г.

(по анализу альманаха от 20:00 06.03.09 (UTC) и текущих эфемеридных сообщений, принятых в ИАЦ)

№ пл.	№ точки	№ лит.	НКУ	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Факт. сущ. (мес.)	Пригодность КА по сообщениям		Примечание
								альманаха	эфемерид (UTC)	
I	2	01	728	25.12.08	20.01.09		2.3	+	+ 14:49 06.03.09	Используется по ЦН
	3	05	727	25.12.08	17.01.09		2.3	+	+ 15:48 06.03.09	Используется по ЦН
	4	06	795	10.12.03	29.01.04		62.9	+	+ 17:40 06.03.09	Используется по ЦН
	6	01	701	10.12.03	08.12.04		62.9	+	+ 20:12 06.03.09	Используется по ЦН
	7	05	712	26.12.04	07.10.05		50.3	+	+ 20:29 06.03.09	Используется по ЦН
	8	06	729	25.12.08	12.02.09		2.3	+	+ 20:29 06.03.09	Используется по ЦН
II	9	- 2	722	25.12.07	25.01.08		14.4	+	+ 20:29 06.03.09	Используется по ЦН на частоте L1
	10	04	717	25.12.06	03.04.07		26.4	+	+ 20:29 06.03.09	Используется по ЦН
	11	00	723	25.12.07	22.01.08		14.4	+	+ 13:30 06.03.09	Используется по ЦН
	13	- 2	721	25.12.07	08.02.08		14.4	+	+ 16:46 06.03.09	Используется по ЦН
	14	04	715	25.12.06	03.04.07		26.4	+	+ 18:59 06.03.09	Используется по ЦН
	15	00	716	25.12.06	12.10.07		26.4	+	+ 20:30 06.03.09	Используется по ЦН
III	17	- 1	718	26.10.07	04.12.07		16.3	+	+ 20:29 06.03.09	Используется по ЦН
	18	- 3	724	25.09.08	26.10.08		5.3	+	+ 20:29 06.03.09	Используется по ЦН
	19	03	720	26.10.07	25.11.07		16.3	+	+ 20:29 06.03.09	Используется по ЦН
	20	02	719	26.10.07	27.11.07		16.3	+	+ 14:52 06.03.09	Используется по ЦН
	21	- 1	725	25.09.08	05.11.08		5.3	+	+ 15:48 06.03.09	Используется по ЦН
	22	- 3	726	25.09.08	13.11.08		5.3	+	+ 17:13 06.03.09	Используется по ЦН
	23	03	714	25.12.05	31.08.06		38.4	+	+ 18:19 06.03.09	Используется по ЦН
	24	02	713	25.12.05	31.08.06		38.4	+	+ 19:58 06.03.09	Используется по ЦН

Всего в составе группировки КНС ГЛОНАСС на 06.03.2009г. 20 КА. Используются по целевому назначению 20 КА.

СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ КА GPS НА 06.03.09 г.

(по анализу альманаха, принятого в ИАЦ)

№ пл.	№ точки	ПСП	Номер NORAD	Тип КА, Блок	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Акт. сущ. (мес)	Примечания
A	1	9	22700	II-A	26.06.93	20.07.93		186.9	
	2	31	29486	II-R-M	25.09.06	13.10.06		28.7	
	3	8	25030	II-A	06.11.97	18.12.97		134.6	
	4	7	32711	II-R-M	15.03.08	24.03.08		11.4	
	5	25	21890	II-A	23.02.92	24.03.92		200.0	
	6	27	22108	II-A	09.09.92	30.09.92		196.6	

B	1	16	27663	II-R	29.01.03	18.02.03		72.4	
	2	30	24320	II-A	12.09.96	01.10.96		148.4	
	3	28	26407	II-R	16.07.00	17.08.00		102.7	
	4	12	29601	II-R-M	17.11.06	13.12.06		26.6	
	5	5	22779	II-A	30.08.93	28.09.93		182.6	
C	1	6	23027	II-A	10.03.94	28.03.94		178.6	
	2	3	23833	II-A	28.03.96	09.04.96		153.5	
	3	19	28190	II-R	20.03.04	05.04.04		58.9	
	4	17	28874	II-R-M	26.09.05	13.11.05		38.5	
	6	29	32384	II-R-M	20.12.07	02.01.08		14.0	
D	1	2	28474	II-R	06.11.04	22.11.04		51.4	
	2	11	25933	II-R	07.10.99	03.01.00		110.1	
	3	21	27704	II-R	31.03.03	12.04.03		70.7	
	4	4	22877	II-A	26.10.93	22.11.93		183.4	
	5	24	21552	II-A	04.07.91	30.08.91		210.1	
E	1	20	26360	II-R	11.05.00	01.06.00		105.1	
	2	22	28129	II-R	21.12.03	12.01.04		61.8	
	3	10	23953	II-A	16.07.96	15.08.96	06.03.09	149.9	Временно выведен
	4	18	26690	II-R	30.01.01	15.02.01		96.5	
	5	32	20959	II-A	26.11.90	10.12.90		170.5	
F	1	14	26605	II-R	10.11.00	10.12.00		98.8	
	2	15	32260	II-R-M	17.10.07	31.10.07		16.2	
	3	13	24876	II-R	23.07.97	31.01.98		133.0	
	4	23	28362	II-R	23.06.04	09.07.04		55.8	
	5	26	22014	II-A	07.07.92	23.07.92		199.2	

Всего в составе орбитальной группировки GPS 31 КА. Используется по целевому назначению 30 КА. Один КА временно выведен на техобслуживание.

КОЛУМНИСТ GPS WORLD НАЗВАЛ ГЛОНАСС «СОБЫТИЕМ 2009 ГОДА»

Колумнист журнала GPS World Эрик Гакстаттер (Eric Gakstatter) назвал «событием 2009 года» российскую глобальную спутниковую навигационную систему ГЛОНАСС, которую в России позиционируют как «наш ответ американской GPS».

«Благодаря исключительному значению ГЛОНАСС для сообщества пользователей в области геодезии и строительства в 2009 году, ГЛОНАСС несомненно заработал мой голос в получении награды журнала «GPS World». Я верю, что в 2009 году ГЛОНАСС будет играть более значимую роль, чем мы даже можем себе сейчас представить», — говорит автор статьи Эрик Гакстаттер. Если в настоящее время при использовании GPS и маске 10° в поле зрения в течение суток находилось от 6 до 10 спутников, то даже при наличии 17 космических аппаратов (КА) ГЛОНАСС в поле зрения находилось от 11 до 14 КА GPS и ГЛОНАСС (Портленд, США, 15.12.2008).

По данным издания, сейчас на орбите находится 20 российских навигационных спутников, однако три из них находятся на этапе ввода в систему. Не ис-

ключено, что после ввода трех новых спутников два старых аппарата покинут систему ГЛОНАСС.

Gakstatter E. 2009 – The Year of the Other GNSS [Electronic resource], GPS World, December 18, 2008. <http://sc.gpsworld.com/gpscc> <http://www.polit.ru/news/2008/12/31/gpslgo-popup.html>

ГОСДУМА УЗАКОНИЛА ГЛОНАСС¹

В пятницу, 30 января, Государственная дума Российской Федерации во втором и третьем чтении приняла закон «О навигационной деятельности», сообщает РИА Новости. Документ предусматривает использование навигационно-космической системы ГЛОНАСС в оборонных и мирных целях. ГЛОНАСС представляет собой российский аналог американской системы глобального позиционирования GPS и европейской Galileo.

До принятия законопроекта сфера навигации в России никак не регулировалась. Реализацией прописанных в документе мероприятий займется правительство РФ.

Новый документ предлагает устанавливать на военно-транспортные и технические средства, в том

¹ 14 февраля 2009 г. закон подписан Президентом РФ и опубликован в настоящем номере нашего журнала.

числе образцы вооружения, аппаратуру, необходимую для приема сигнала ГЛОНАСС. Подчеркивается, что это необходимо для «обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации, повышения эффективности управления движением транспорта, уровня безопасности перевозок пассажиров, специальных и опасных грузов». Предполагается, что установка систем навигации на технику министерства обороны обойдется в 9,5 миллиарда рублей. Другим государственным структурам планируется выделить 46 тысяч комплектов навигационного оборудования и 600 контрольно-корректирующих станций. Расходы на установку оцениваются в 3,5 миллиарда рублей.

Законопроект не запрещает использование системы ГЛОНАСС физическими лицами на всей территории РФ «безвозмездно и без ограничений». В документе предусмотрена возможность создания сетевого федерального оператора. Отдельные условия предусмотрены только для некоторых районов и объектов, где законодательно установлен особый режим безопасного функционирования.

По словам главы комитета Госдумы по обороне Виктора Заварзина, орбитальная группировка ГЛОНАСС будет полностью развернута к 2010 году. Сейчас на орбите находятся 20 спутников ГЛОНАСС, из которых в штатном режиме функционируют только 16. Ранее руководитель Роскосмоса Анатолий Перминов заявлял, что для обеспечения глобального покрытия необходимо, чтобы вокруг Земли одновременно обращались 30 спутников. Часть из них будут использованы в качестве запасных.

<http://www.lenta.ru/news/2009/01/30/navigate/>

ГЛОНАСС НА ЗАСЕДАНИИ ПРЕЗИДИУМА РАН

Как сообщила 25 февраля «Независимая газета», на очередном заседании Президиума Российской академии наук было заслушано сообщение «Глобальная навигационная система ГЛОНАСС и перспективы развития координатно-временного и навигационно-гообеспечения России». Авторы — доктор технических наук, руководитель Роскосмоса А. Перминов, доктор технических наук Ю. Урличич (Роскосмос) и член-корреспондент РАН А. Финкельштейн. Как заметил при обсуждении доклада академик Н. Лаверов, с помощью систем, подобных ГЛОНАСС, можно определять и, например, возможность землетрясений, и вулканической деятельности, и поведение платформ на Среднерусской возвышенности. А заместитель начальника Росрегулирования В. Крутиков отметил, что у нас нет эталона точности измерения больших длин. Он будет разработан на расстояния от 3 м до 3 тыс. км. В перспективе — новое поколение эталонов, базирующееся на квантовых часах. Эталон больших длин будет разработан к 2011 году.

http://www.ng.ru/science/2009-02-25/13_coordinates.html

[http://www.federalspace.ru/NewsDoSele.asp?](http://www.federalspace.ru/NewsDoSele.asp?NEWSID=5664)

NEWSID=5664

СОЗДАНИЕ ОЧЕРЕДНЫХ СПУТНИКОВ ГЛОНАСС

Как сообщила 2 марта ежедневная Интернет-газета ComNews, ОАО «Информационные спутниковые системы» (ИСС) им. М. Ф. Решетнева завершило создание первого из трех спутников «Глонасс-М», которые будут запущены на орбиту осенью этого года. Изготовление двух других космических аппаратов будет завершено в апреле и июне 2009 г. Первый спутник, который войдет в состав блока № 40, принят заказчиком и поставлен на хранение. Перед отправкой на космодром он пройдет повторный цикл электрических испытаний. «Первый спутник из тройки полностью готов и испытан, но поскольку ему предстоит ждать запуска три месяца, после хранения мы проведем все испытания еще раз», — рассказала репортеру ComNews начальник отдела по работе с прессой С. Башкова. По ее словам два других спутника также находятся в высокой степени готовности и в апреле и июне будут завершены. Запуск трех аппаратов «Глонасс-М» на орбиту намечен на сентябрь 2009. «Речь идет не о плановом замещении, а о пополнении группировки», — отметила С. Башкова. — Сейчас Россия покрывается сигналом на 100%, а 24 спутника покроют весь мир. Не исключено, что и после этого группировку дополнят резервные аппараты».

<http://www.comnews.ru/index.cfm?id=42895>

[http://www.federalspace.ru/NewsDoSele.asp?](http://www.federalspace.ru/NewsDoSele.asp?NEWSID=5664)

NEWSID=5664

ФРАНЦУЗЫ УСПЕШНО ИСПЫТАЛИ НОВУЮ МОДУЛЬНУЮ РАКЕТУ AASM

Компания Sagem Defense Securite совместно с французским агентством по оборонным закупкам (French Defense Procurement Agency) провели первые испытания 125-килограммовой модификации модульной ракеты класса «воздух-земля» AASM, сообщает DefPro. Испытания проводились с борта истребителя Mirage 2000N на территории полигона в Бискароссе. Цель, которая находилась в десяти километрах от места пуска, была успешно поражена. Ракета, получившая условное обозначение AASM 125, оснащена такой же системой инфракрасного самонаведения на оконечном участке траектории, как и ее 250-килограммовый аналог, третье по счету и заключительное испытание которого состоялось в июле 2008 года.

125-килограммовый вариант, как утверждает разработчик, идеально подходит для нанесения ударов в городских условиях. Семейство также включает варианты массой 500 и 1000 килограммов, предназначенные для поражения укрепленных целей.

Ракеты AASM 125 относятся к новому классу этого вооружения. Предыдущие модификации оснащались только инерциальной и GPS системами наведения. Благодаря усовершенствованию разработчикам удалось сократить вероятное отклонение ракеты от цели с 10 до 1 метра.

AASM может использоваться в качестве вооружения истребителей Mirage 2000 и Rafale. Как считает производитель, эти ракеты отвечают стандартам армий многих стран.

<http://www.lenta.ru/news/2009/02/12/aasm/>

ОПУБЛИКОВАН ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЙ ПЛАН США 2008 ГОДА

В феврале 2009 года на сайте Национального консультативного совета по космическому координатно-временному и навигационному обеспечению (National Space-Based Positioning, Navigation and Timing (PNT) Advisory Board) <http://pnt.gov/public/> оказался доступным Федеральный радионавигационный план США 2008 года. Последняя подпись под Планом была получена 23.01.2009 от Министерства обороны США.

В отличие от предыдущей (2005 г.) редакции Плана нынешняя версия представлена в виде одной

книги, состоящей из 184 стр. В Плане содержатся следующие разделы: 1 – общая часть, 2 – роль и ответственность ведомств (министерств обороны, транспорта, внутренней безопасности и др.), 3 – политика в области развития радионавигационного обеспечения на основе GPS с учетом необходимости ее резервирования и противодействия ее уязвимости к поражающим факторам, 4 – требования потребителей к радионавигационным системам (РНС), 5 – оперативные планы развития РНС.

В приложениях приведены сведения по системам координат и времени, по основным параметрам и характеристикам РНС: GPS и ее функциональных дополнений, таких как Морская и Национальная DGPS, WAAS, LAAS, Национальные непрерывно работающие опорные станции (CORS), Loran, VOR, DME, TACAN, ILS, MLS, авиационных приводных радиостанций, морских радиомаяков и др.

<http://pnt.gov/public/2009/02/04>.



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЭКБ, МОДУЛЕЙ И КОМПЛЕКСОВ НАП И ИХ ВНЕДРЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫЕ ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ»

CONFERENCE «PRESENT STATUS, PROBLEMS AND FUTURE DEVELOPMENT OF COMPONENTS, MODULES AND SYSTEMS FOR USER EQUIPMENT IN VARIOUS BRANCHES OF NATIONAL ECONOMY»

26 февраля 2009 года в помещении ФГУП «НТЦ «Промтехаэро» по адресу: г. Москва, Сыромятнический пр., дом 6, стр. 1, во исполнение решения научно-практической конференции «Проблемные вопросы разработки и производства в 2008–2011 гг. специализированной ЭКБ и конкурентоспособной навигационной аппаратуры ГНСС для гражданских потребителей» от 5 февраля 2008 г. состоялась ежегодная научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и перспективы создания ЭКБ, модулей и комплексов НАП и их внедрение в различные отрасли экономики».

Конференция проводилась с целью определения состояния, проблем и путей решения задачи удовлетворения всех потребностей внутреннего рынка в конкурентоспособной аппаратуре.

В работе конференции приняли участие представители 24 научно-производственных организаций и предприятий, специализирующихся в области разработки и производства электронной компонентной базы (ЭКБ) и НАП, способной принимать и обрабатывать информацию ГНСС ГЛОНАСС, GPS, и, в перспективе «Галилео». В работе конференции приняли участие также представители Роскосмоса, Минобороны России, Минтранса России.

На конференции были заслушаны 16 докладов по широкому кругу вопросов, связанных с современным состоянием производства и сбыта НАП ГЛОНАСС/GPS и перспективами создания нового поколения конкурентоспособной НАП ГЛОНАСС/GPS/Галилео и специализированной отечественной ЭКБ для этих целей.

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ:

1. Шебшаевич Б. В. (ОАО «РИРВ») Проблемные вопросы разработки и производства ЭКБ и конкурентоспособной НАП.
2. Черняковский Д. Н. (ЗАО «НТБ Лаб») Радиочастотные и цифровые навигационные СБИС: достижения и перспективы.
3. Бабаков В. Н. (ЗАО «КБ НАВИС») Состояние и перспективы создания ЭКБ, модулей и НАП ГНСС.
4. Панфилов А. П., Косоруков Д. Е. (ЗАО «НТЦ «Модуль») СБИС цифрового унифицированного программного приемника для базового модуля второго поколения многочастотного программного навигационно-временного приемника.
5. Семдянов А. Н. (ОАО «Ижевский радиозавод») Опыт разработки и внедрения НАП ГЛОНАСС/GPS на ОАО «ИРЗ».
6. Муравьев А. Б. (Минобороны РФ) Перспективы разработки НАП ГНСС для военных и специальных потребителей и проблемы перехода на отечественные ЭКБ.
7. Дудко В. Г. (Концерн «Радиотехнические и информационные системы») Комплекс проектов ОАО «АФК «Система».
8. Заболотный И. В., Солохина Т. В. (ОАО «Ангстрем-Т») Состояние разработки и изготовления перспективных СБИС («система на кристалле»).
9. Гурко А. О. (ООО «М2М телематика») Проекты внедрения систем на основе ГЛОНАСС-технологий.
10. Басков С. М. (ЗАО «НПК «БАРЛ») Опыт создания и внедрения навигационно-телекоммуникационного оборудования на наземном, водном и авиационном транспорте. Технологии информационно-картографического обеспечения.
11. Карюкин Г. Е. (ОАО «МКБ «Компас») Состояние разработки ЭКБ, модулей и НАП ГНСС в «МКБ Компас».
12. Шабанов А. К. (ФГУП «КНИИТМУ») Состояние, проблемы и перспективы создания модулей и НАП в разработках продукции ФГУП «КНИИТМУ».
13. Климов В. Н. (Ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум») Деятельность Ассоциации «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» по внедрению навигационного оборудования в различные отрасли экономики.
14. Саута О. И. (ОАО «ВНИИРА») Спутниковая система навигации и посадки I категории и ИСАО на базе ГНСС с наземным функциональным дополнением ЛККС А–2000.
15. Чечендаев А. В. (ФГУП «ИТМ и ВТ») Разработка ЭКБ для сверхширокополосной связи и локации.
16. Ратнер А. Н. (ЗАО «ТРАНЗАС») Аппаратура потребителей ГНСС ЗАО «Транзас» для применения на морском транспорте и в авиации.

КОНФЕРЕНЦИЯ ОТМЕТИЛА:

В настоящее время на предприятиях, подведомственных Минпромторгу России, Роскосмосу, а также на ряде коммерческих предприятий страны разрабатывается и производится навигационная аппаратура, использующая сигналы систем ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, для решения задач в интересах различных потребителей. В рамках подпрограммы 2 «Разработка и подготовка производства навигационного оборудования и аппаратуры для гражданских потребителей» федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система» (далее – подпрограмма 2) предприятиями разработан комплект ЭКБ, достаточный для создания навигационной аппаратуры потребителей: аналоговые сверхбольшие интегральные схемы радиоприемного устройства сигналов ГЛОНАСС и GPS (СБИС РПУ с топологическими нормами 0.35 мкм) и коррелятора-процессора (СБИС ЦК с топологическими нормами 0.25 мкм). На этой ЭКБ разработаны 3 типа приемовычислительных двухсистемных (ГЛОНАСС/GPS) модулей и на ее основе 24 типа двухсистемной ГЛОНАСС/GPS аппаратуры (НАП и систем) для широкого класса потребителей госсектора.

Для обеспечения потребностей массового рынка в рамках подпрограммы 2 проводятся мероприятия по развитию технологий и производства современной ЭКБ «система в корпусе» с топологическими нормами 0.13–0.09 мкм. со сроком завершения работ в 2010 году, что согласовывается со сроками развертывания орбитальной группировки системы ГЛОНАСС полного состава с улучшенными характеристиками.

Современные производственные мощности предприятий по серийному выпуску навигационной аппаратуры оцениваются на уровне 200 тыс. комплектов аппаратуры в год. Отсутствие гарантированных заказов на аппаратуру от ведомств – потребителей сектора госрегулирования привело к тому, что загруженность этих мощностей производством НАП составляет не более 10%. Кроме того, в связи со сложной финансовой обстановкой, сложившейся на предприятиях в 2009 году, наблюдается снижение общего объема заказов на производимую навигационную аппаратуру. Отсутствие заказов приводит к малосерийному производству, вследствие чего аппаратура остается дорогой и неконкурентоспособной по отношению к зарубежным аналогам по ценовым показателям.

До настоящего времени не утвержден межведомственный план мероприятий по реализации постановления Правительства Российской Федерации от 25.08.2008 г. № 641. Действующей ФЦП «Глобальная навигационная система» мероприятия по развитию технологий и производства современной ЭКБ на отечественных предприятиях, а также мероприятия по переводу производства разрабо-

танной и вновь создаваемой ЭКБ осуществляются за счет внебюджетных источников финансирования т.е. банковского кредита, что в условиях кризиса ставит под сомнение выполнение данных программных мероприятий.

Не приняты достаточные меры по координации мероприятий подпрограмм 2, 3 и 5 ФЦП «Глобальная навигационная система»; усилий предприятий-разработчиков по ускорению разработки конкурентоспособной НАП и выходу на массовый рынок.

Значительные проблемы возникают и при разработке аппаратуры, связанные с отсутствием ответственных покупных комплектующих изделий (разъемы, кнопки, корпуса и т.д.).

В настоящее время сформировался класс компаний системных интеграторов – разработчиков телематических систем для автомобильного транспорта, которые являются основными потребителями навигационных модулей для государственного и коммерческого рынков и представлены во всех российских регионах. Однако их потенциал по внедрению спутниковых навигационных технологий на базе системы ГЛОНАСС используется не в полной мере. Это обусловлено отсутствием соответствующей нормативной правовой базы, в том числе в субъектах Российской Федерации, регламентирующей применение телематических систем для нужд органов исполнительной власти.

Кроме того, сдерживающими факторами внедрения НАП, OEM и СБИС, а также услуг системы ГЛОНАСС, на российский и зарубежный рынки являются отставание в достижении требуемых технических характеристик КА системы ГЛОНАСС и отсутствие должного информационно-картографического обеспечения.

Мировой экономический кризис дает новые возможности российским компаниям для выхода на зарубежные рынки, в первую очередь на развивающиеся, Индии, Китая, стран Латинской Америки, Африки и получения доступа к современным западным технологиям на привлекательных условиях.

Таким образом, существующий задел разработок ЭКБ, модулей и НАП, а также потенциальные возможности их производства могут обеспечить потребности государственного сектора рынка и способны служить основой для насыщения коммерческого сектора рынка как в России, так и за рубежом. Вместе с тем отмеченные проблемные вопросы и недостатки не позволяют решить задачу широкомасштабного внедрения НАП в различные сферы экономической деятельности государства рекомендовано:

1. Приоритетным направлением в развитии НАП до 2011 года считать разработку и создание современной ЭКБ по технологиям «система в корпусе» и «система на кристалле» с топологическими нормами 0.13 0.09 мкм с освоением производства на отечественных предприятиях, а также перевод производства разработанных БИС РПУ (техно-

- логия 0,35 мкм) и СБИС коррелятора-процессора (технология 0,25 мкм) на отечественные фабрики.
2. Минпромторгу России определить головной организацией по разработке и организации производства ЭКБ, базовых модулей и НАП ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей».
 3. В целях проведения единой технической политики и координации усилий предприятий разработчиков и производителей НАП Минпромторгу России совместно с главным конструктором по навигационной аппаратуре потребителей создать Совет главных конструкторов.
 4. В целях координации деятельности производителей и потребителей НАП, оценки и определения приоритетных направлений внедрения НАП Минпромторгу России создать межведомственную рабочую группу.
 5. Совету главных конструкторов:
 - а) провести анализ всех разработок ЭКБ для НАП, проводимых как в рамках ФЦП «Глобальная навигационная система», так и в других программах, а также инициативных внебюджетных, с целью исключения дублирования и оптимального обеспечения ЭКБ различных секторов рынка НАП;
 - б) обеспечить координацию работ по ЭКБ, проводимых отечественными предприятиями (ОАО «РИРВ», ЗАО «НАВИС», ЗАО «НТЛаб», ФГУП «МКБ «Компас», ГУП НПП «ЭЛВИС», АФК «Система», ОАО «Ижевский радиозавод», ФГУП «НИИМА «ПРОГРЕСС», «М2М телематика» и др.) и обеспечивать информацией о создаваемой ЭКБ всех разработчиков НАП;
 - в) организовать инвентаризацию основных предприятий- производителей НАП и ЭКБ в рамках ФЦП «Глобальная навигационная система» с целью оценки их научно-технического и производственного потенциала и продуктового ряда.
 6. Предприятиям – разработчикам, производителям ЭКБ, базовых модулей и НАП представить в Департамент радиоэлектронной промышленности Минпромторга России предложения по мерам государственной поддержки (гарантий, субсидированию, таможенных пошлин и т. д.).
 7. Ассоциации «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» совместно с предприятиями производителями ЭКБ, модулей, аппаратуры спутниковой навигации обеспечить поддержание и развитие (актуализацию) Каталога навигационного оборудования, создаваемого российскими предприятиями.
 8. Предприятиям производителям ЭКБ, модулей, аппаратуры спутниковой навигации использовать потенциал Ассоциации «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» в разработке проектов нормативных правовых актов, необходимых для обеспечения работы в системе ГЛОНАСС, подготовки аналитических материалов по отечественному рынку спутниковых навигационных технологий, организации работ по навигационного оборудования и систем на его основе.
 9. Организациям-производителям НАП обратить внимание на комплексирование навигационных приемников с инерциальными средствами на основе MEMS-технологии с целью повышения надежности определения координат объектов.
 10. Участникам конференции представить доклады для публикации в журнале «Новости навигации» в соответствии с правилами подготовки рукописей к изданию.
- По обсуждавшимся материалам был принят проект решения, который после утверждения будет опубликован в нашем журнале.



ПЕРВЫЙ РОССИЙСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ ИТС-2009

THE FIRST RUSSIAN CONGRESS ON INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

7–8 апреля 2009 г. в Москве в «Президент-Отеле» состоялся Первый Российский Международный конгресс по интеллектуальным транспортным системам.

Конгресс собрал всех, кто в той или иной степени занят сегодня разработкой, внедрением и эксплуатацией интеллектуальных транспортных систем, позволяющих с высокой степенью надежности обеспечивать национальную безопасность, осуществлять спутниковую навигацию, управлять движением транспорта, вести геодезические работы. Подвести итоги этого мероприятия мы попросили первого вице-президента Международной академии транспорта Виктора Александровича Досенко.

Виктор Александрович, расскажите, как Вы оцениваете Конгресс? Можете ли Вы сравнить его с аналогичными мероприятиями?

Конгресс, безусловно, удался. Притом, что это был первый конгресс такого плана, притом, что было достаточно сомнений и даже противодействий. Полномасштабного форума, который бы максимально собрал все заинтересованные стороны, до настоящего времени не проводилось. Мы представляем, что конгресс станет ежегодным мероприятием.

Насколько актуальны и полезны подобные мероприятия для нашей страны?

Инновационные технологии открывают новые возможности для создания современной системы организации дорожного движения, включая управление перемещением грузов и пассажиров, информационное обеспечение участников дорожного движения (о заторах, погодных условиях, скоростных ограничениях, ДТП и пр.). Возможность организации экстренного реагирования при ДТП и угоне автомобиля, развития дорожной инфраструктуры, повышения активной и пассивной безопасности автомобилей. А также широкого хозяйственного использования навигационных систем, в особенности российской ГЛОНАСС.

В чем значение Конгресса? Насколько важно, чтобы российские специалисты обменивались знаниями, опытом, взглядами на проблемы в сфере ИТС?

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) — это интеграция информационно-коммуникационных технологий между ключевыми составляющими транспортных процессов: человек — транспортные средства — транспортная инфраструктура.

Необходимость объединения правовых, интеллектуальных, технических, финансовых и административных ресурсов для обеспечения безопасного,

защищенного, эффективного, экологически чистого и комфортного перемещения людей и грузов создает предпосылки для формирования Национальной платформы ИТС — Россия. В рамках национальной платформы предполагается системное развитие рынка ИТС в России и структурное взаимодействие с аналогичными международными ассоциациями: ITS-Europe (ERTICO), ITS-America, ITS-Japan и др.

Создание единой информационной инфраструктуры транспортного комплекса особенно актуально для Российской Федерации, расположенной в 11 часовых поясах и активно использующей все виды транспорта.

Сбылись ли Ваши ожидания, связанные с Конгрессом?

Да, безусловно. Всего предварительно было зарегистрировано более 230 участников и докладчиков, в том числе для заочного участия. Присутствовали 196, т. е. почти все участники.

Представители:

- законодательной и исполнительной власти — 49
- бизнеса — 54
- общественных организаций — 31
- науки и образования — 32
- СМИ — 30

Международные организации:

- Представительство Европейской Комиссии
- ERTICO, Европейская ассоциация ИТС
- МКПП, Международный Конгресс промышленников и предпринимателей;
- IRF, Международная дорожная федерация
- IRU, Международный союз автомобильного транспорта
- Координационное транспортное совещание СНГ
- Американо-российский деловой совет.

Представители зарубежных посольств и компаний: Беларусь, Великобритания, Германия, Италия, Литва, Франция, Швейцария, Швеция, США, Япония.

Представители регионов: Москва и Московская область, Калужская область, Нижний Новгород, Санкт-Петербург, Ярославская область.

Общественные объединения: Международная академия транспорта, АСМАП, Ассоциация международных автомобильных перевозчиков, Ассоциация «ГЛОНАС/ГНСС-Форум», Ассоциация противодействия угонам транспортных средств, Ассоциация транспортной телематики, АТТ-Россия, Российская ассоциация подрядных организаций в дорожном хозяйстве, Ассоциация участников авиационной и авиатранспортной

деятельности «Аэроград», Российская ассоциация содействия ООН. НП «Коллегия аналитиков».

Охарактеризуйте рынок ИТС в современной России. Каковы перспективы его развития?

Современное состояние рынка интеллектуальных транспортных систем в России отличается разрозненностью, фрагментарностью, отсутствием национальных стандартов, несистемные контакты с международными Ассоциациями ИТС.

В настоящий момент каждый из видов транспорта развивает корпоративные информационные системы, но свои программы информатизации направляет исключительно на решение внутренних задач, а не на интеграцию с информационными системами смежных видов транспорта.

Объединение всех видов транспорта в рамках единого информационного поля — задача весьма актуальная и сложная, реализация которой требует многоуровневого подхода, начиная от преодоления

межведомственных административных барьеров до оптимизации форм перевозочных документов.

Создание и внедрение отечественных интеллектуальных транспортных систем позволит повысить эффективность управления перевозками, сократить непроизводительные затраты на транспортировку грузов, ускорить развитие национальной транспортной, территориальной и информационной инфраструктур, обеспечить благоприятный климат для внедрения сервисов на основе глобальных навигационных спутниковых систем.

Ожидаемый социально-экономический эффект от внедрения систем информационного обеспечения транспортного комплекса России по аналогии с эффектом от внедрения в Западной Европе и США оценочно составит не менее 10% прироста ВВП, сокращение ДТП не менее 30%, снижение потребления топлива порядка 20%.

Сулонова Валентина

Международная академия транспорта 08.04.09



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ И ВЫСТАВКА «НАВИТЕХ-ЭКСПО 2009»

INTERNATIONAL SATELLITE NAVIGATION FORUM 2009

12 – 15 мая 2009 г. в ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР» состоятся: 3-й Международный форум по спутниковой навигации и Международная выставка «Навигационные системы, технологии и услуги» «НАВИТЕХ-ЭКСПО-2009».

Основная цель форума — информирование широкой российской и зарубежной аудитории об инновационных технологиях в области спутниковой навигации. Особое внимание на форуме будет уделено российской Глобальной навигационной спутниковой системе «ГЛОНАСС» и разнообразным аспектам, связанным с ее использованием как в России, так и за рубежом.

На Форуме будут рассмотрены и обсуждены доклады:

- о современном состоянии рынка услуг спутникового и сотового позиционирования и направлениях его развития;
- о разнообразных отраслевых приложениях, созданных ведущими российскими и зарубежными компаниями — разработчиками;
- о персональном, автомобильном и специализиро-

ванном отраслевом оборудовании спутниковой навигации, доступном на рынке;

- о правовых аспектах использования систем спутниковой навигации на территории России;
- об опыте ведущих зарубежных компаний, успешно использующих спутниковую навигацию в своем бизнесе;
- об опыте российских и зарубежных компаний в области организации бизнеса по предоставлению навигационных услуг корпоративным и розничным клиентам и др.

Экспозиция выставки представит ведущих российских и зарубежных разработчиков и производителей навигационного оборудования и программного обеспечения, включая картографические приложения, отразит преимущества использования навигационных технологий и услуг в различных сферах экономики и бизнеса. www.glonass-forum.ru

Контакты: Уфимцев Александр ufimtsev@ptcentre.ru
тел.: + 749523416 84 факс: + 74952341685 моб. тел.: + 790999280 42



ГОСУДАРСТВЕННОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 70 ЛЕТ

70th ANNIVERSARY OF THE STATE RESEARCH NAVIGATION & HYDROGRAPHIC INSTITUTE

Начало деятельности Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт Министерства Обороны Российской Федерации» (ФГУП «ГНИНГИ МИНОБОРОНЫ РОССИИ» относится к 1939 г., когда приказом народного комиссара ВМФ от 10.03.39 г. на базе научно-исследовательского бюро Гидрографического управления РК ВМФ был сформирован Научно-испытательный гидрографическо-штурманский институт РК ВМФ (НИГШИ). Первым начальником Института стал Н. И. Сигачев.

Предвоенная деятельность Института позволила оснастить корабли ВМФ отечественными штурманскими приборами.

За время войны было принято на вооружение более двадцати и закончена разработка десяти новых образцов корабельной навигационной техники.

В последующий период Институт занимался вопросами обеспечения штурманской техникой вновь строящихся кораблей различных классов и одной из главных задач — навигационным обеспечением послевоенного траления.

Институт принимал оперативное участие в восстановлении и развитии навигационного оборудования морей, создании высококачественной оптики и круговых радиомаяков. Расширение фронта гидрографических работ обусловило создание промерных эхолотов.

Обеспечение действий атомных подводных лодок в любых районах Мирового океана, в том числе и в Арктическом бассейне без всплытия в надводное положение, потребовало решения целого ряда сложных задач по их оснащению принципиально новыми техническими средствами навигации и морскими навигационными картами.

Первый отечественный навигационный комплекс с инерциальной системой был создан в 1972 г. Внедрение его на подводные лодки сразу же повысило эффективность навигационного обеспечения оружия.

Сотрудники Института проявили много изобретательности и настойчивости при создании спутниковой навигационной системы. Идея по ис-



пользованию искусственных спутников Земли для навигации была высказана в 1956 г. сотрудниками Института — В. А. Фуфаевым и Л. И. Гордеевым. Первые проработки путей создания такой системы начались в 1958 г.

Совместно с другими научными учреждениями всего за два года по суще-

ству были заложены основы низкоорбитальной спутниковой системы. Первый отечественный навигационный спутник «Космос-192» был запущен 23 ноября 1967 г.

Учитывая особую значимость Северного Ледовитого океана и антарктических морей, сотрудниками Института были обоснованы и детально апробированы методы проведения гидрографических и геофизических работ в Арктике и Антарктиде. За участие в исследованиях Антарктиды Институт был награжден Большой медалью Географического общества.

В начале 60-х годов впервые в СССР по инициативе сотрудников Института были разработаны теоретические положения о морской цифровой картографии, автоматизации картосоставления, а в последующие годы — методы использования цифровых карт в автоматизированных системах. Итогом этих работ было внедрение в производство системы автоматизированных технических средств цифровой морской картографии.

Основные направления разработок Института в области гидрографии, геофизики и картографии были направлены на создание средств и методов изучения параметров гравитационного и магнитного полей Земли в море, автоматизацию гидрографических работ, методов создания и использования морских карт.

Для решения задачи обеспечения картографическими материалами труднодоступных участков побережья были проведены теоретические и экспериментальные работы по использованию для этой цели аэрофотоснимков. На основе этих исследований в конце 70-х годов были разработаны и внедрены методы определения глубин моря по аэро- и космическим снимкам.

Важным результатом работы специалистов Института стали разработки по созданию высокоточных средств и методов изучения гравитационного поля Земли.

В 1976–1980 гг. впервые в СССР была разработана комплексная программа навигационного обеспечения нужд обороны страны и народного хозяйства на период до 1990 г. За период 1981–1985 гг. Институт разработал четыре целевых комплексных программы развития:

- автономных средств навигационных комплексов подводных лодок и надводных кораблей;
- высокоточных средств коррекции;
- средств гидрографического обеспечения;
- средств гидрометеорологического обеспечения.

В этот период был принят на вооружение ВМФ принципиально новый навигационный комплекс. Создание этого комплекса было отмечено Государственной премией СССР, а 14 сотрудников Института награждено орденами и медалями.

В 1984 году Институт награжден Орденом Трудового Красного Знамени.

В 1988 году в состав Института включен 525 научно-исследовательский океанографический центр.

В связи с формированием новой морской доктрины Российской Федерации и возрастанием роли морской деятельности в целом логическим этапом развития Института стало определение ГНИНГИ головной научно-исследовательской организацией, ответственной за разработку научно-технической политики в области навигации, гидрографии, морской картографии, океанографического обеспечения обороны и экономики страны (Постановление Правительства Российской Федерации от 19 июня 1994 г. № 711).

Геополитические изменения последних лет и реорганизация военно-научного комплекса РФ обеспечили востребованность научно-технического потенциала морской военной навигации, гидрографии и океанографии в интересах экономики страны, в частности, для освоения минерально-сырьевых ресурсов континентального шельфа РФ, обеспечения морской транспортной деятельности, изучения природы Мирового океана.

В настоящее время более половины работ Института направлено на обеспечение экономической деятельности на море и охватывает следующие основные направления:

- навигационно-гидрографическое обеспечение проектов обустройства морских нефтегазовых месторождений, развития прибрежно-портовой инфраструктуры и транспортных линий;
- обоснование крупных систем транспортировки углеводородов (танкерных, трубопроводных, на базе SNG и PNG технологий) с учетом рисков, обусловленных природно-климатическими, навигационно-гидрографическими, техногенными и военными угрозами;
- формирование единого информационного пространства по обстановке в Мировом океане в рамках Федеральной целевой программы «Мировой океан»;
- участие в обосновании внешней границы континентального шельфа на основе комплексного анализа батиметрических, геологических и геоморфологических данных;
- совершенствование нормативной базы обеспечения безопасности морской деятельности и создание комплексной системы обеспечения безопасности изучения и освоения минерально-сырьевых ресурсов континентального шельфа РФ.

12 марта этого года в помещении конференц-зала ГНИНГИ была проведена юбилейная конференция, посвященная 70-летию Института. После обстоятельного доклада начальника Института, профессора, доктора технических наук, контр-адмирала Алексева С. П. о работе научно-исследовательского учреждения были заслушаны приветствия и поздравления от начальника Управления навигации и океанографии контр-адмирала Козлова С. В., от представителей Главкомата ВМФ, Губернатора, Морского совета и Морского собрания г. Санкт-Петербурга, от промышленных судостроительных предприятий, Межгосударственного совета «Радионавигация», НТЦ «Интернавигация», Гидрографического общества, Российского общественного института навигации и от редакции нашего журнала. Торжественные мероприятия завершились официальным приемом в помещении Международного центра искусств, на котором в непринужденной обстановке смогли пообщаться сотрудники Института, ветераны и многочисленные гости.



НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ

ОТЧЕТ «СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПО ДАННЫМ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВНУТРЕННЕГО ПРОИЗВОДСТВА В 2004 – 2007 г.»

Подготовлен новый отчет «Состояние российского рынка радионавигационной аппаратуры высокоточного позиционирования по данным внешнеэкономической деятельности и внутреннего производства в 2004–2007 г.».

Предлагаемый отчет содержит результаты ежегодно проводимого ФГУП НТЦ «Интернавигация» и ООО «Центр консалтинговых услуг «ИНТЕРКОН» масштабного исследования состояния, тенденций и перспектив развития российского рынка радионавигационной аппаратуры высокоточного позиционирования.

Задачи высокоточного определения координат и времени, синхронизации удаленных потребителей все больше становятся неотъемлемой частью социально-экономической деятельности, все шире применяются в повседневной жизни. Этот процесс ускоряется, и это ускорение можно сравнить разве что с развитием мобильной телефонии. В комбинации с геоинформационными системами и средствами связи решение задач координатно-временного и навигационного обеспечения дает новое качество в развитии практически всех ведущих отраслей мировой экономики.

На сегодня значительная часть транспорта, энергетики, связи и других отраслей экономики вплоть до сельского хозяйства используют радионавигационные и, в первую очередь, спутниковые навигационные системы для определения координат, синхронизации часов, организации контроля и управления, в коммерческих и научных целях. В геометрической прогрессии растет количество персональных пользователей ГНСС.

Важнейшей составной частью координатно-временного и навигационного обеспечения для всех пользователей является навигационная аппаратура потребителей (НАП) радионавигационных систем.

Современное состояние отечественного рынка НАП ГНСС в целом определяется следующими основными факторами:

- существующий спрос со стороны различных групп потребителей на продукты и услуги глобального позиционирования;
- состояние ГНСС «ГЛОНАСС», включая орбитальный и наземный сегменты;
- состояние конкурирующих ГНСС (в первую очередь, GPS) и международная политика Российской Федерации в области спутниковой навигации;

- государственная политика и состояние законодательной базы РФ, регулирующей развитие российского рынка навигационной аппаратуры ГНСС и создаваемых на ее основе систем и комплексов РНС;
- состояние производственной базы и возможности отечественных производителей по созданию конкурентоспособной продукции для различных сегментов потребителей НАП ГНСС;
- состояние отечественной картографической базы и ее доступность для потребителей;
- состояние внешнеторговой деятельности, номенклатура, ценовые и технические характеристики НАП зарубежных производителей, поставляемой на российский рынок;
- состояние и актуальные тенденции мирового рынка НАП ГНСС.

Основными задачами выполненного исследования являлись оценка современного состояния и тенденций развития мирового и российского рынков радионавигационной аппаратуры и услуг глобального позиционирования, а также выявление и оценка наиболее перспективных сегментов аппаратуры глобального позиционирования с точки зрения возможностей дальнейшего развития отечественного рынка глобальной навигации.

Основные разделы подготовленного отчета кратко перечислены ниже. Полностью структура отчета опубликована на сайте ФГУП НТЦ «Интернавигация» www.internavigation.ru

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Введение. Методика проведения работ.
Радионавигационные системы глобального позиционирования и дальней радионавигации.
- 2.1. Основные типы современных радионавигационных систем
3. Аппаратура потребителей радионавигационных систем
- 3.1. Краткие сведения об аппаратуре потребителей радионавигационных систем
- 3.2. Актуальные области применения оборудования высокоточного позиционирования
- 3.3. Классификация радионавигационной аппаратуры глобального позиционирования и дальней радионавигации
- 3.4. Основные характеристики НАП ГНСС
- 3.5. Требования, предъявляемые потребителями к аппаратуре ГНСС, и перспективы ее применения в различных областях
4. Обзор состояния и тенденций развития мирового рынка НАП ГНСС

- 4.1. Современное состояние мирового рынка НАП ГНСС
- 4.2. Отраслевая структура рынка и его динамика в основных сегментах
- 4.3. Ведущие зарубежные производители НАП ГНСС
- 4.4. Текущие ценовые тенденции мирового рынка НАП ГНСС и лидеры продаж 2007 г.
- 4.5. Основные направления и перспективы развития мирового рынка аппаратуры и услуг глобального позиционирования
5. Российский рынок НАП ГНСС
- 5.1. Общая характеристика и современное состояние российского рынка НАП ГНСС
- 5.2. Нормативная база документов, регулирующих развитие российского рынка навигационной аппаратуры ГНСС и создаваемых на ее основе систем и комплексов РНС
- 5.3. Импорт радионавигационного оборудования глобального позиционирования и дальней радионавигации на российский рынок в 2004–2007 гг.
- 5.4. Экспорт российского оборудования глобального позиционирования и дальней радионавигации на зарубежные рынки в 2004–2007 гг.
- 5.5. Отечественное производство радионавигационной аппаратуры глобального позиционирования
- 5.6. Ценовые тенденции российского рынка НАП ГНСС
- 5.7. Основные направления и перспективы развития российского рынка НАП ГНСС
6. Выводы и рекомендации.

Общий объем отчета – 260 стр. Объем приложений – 414 стр. Количество диаграмм – 112, количество таблиц – 29.

Полученные в ходе исследований данные могут представлять интерес для широкой группы потенциальных потребителей и российских производителей радионавигационной аппаратуры и услуг, поскольку для принятия решения об увеличении сбыта продукции необходимо проведение большого объема маркетинговых мероприятий, направленных, в том числе, на поиск наиболее перспективных направлений производства и сбыта НАП ГНСС.

Полная версия отчета распространяется ФГУП НТЦ «Интернавигация» Контактный тел. (495) 62625 01. Генеральный директор – Царев Виктор Михайлович.

В. М. Власов, А. Б. Николаев, А. В. Постолит, В. М. Приходько. Информационные технологии на автомобильном транспорте. Под общей ред. В. М. Приходько. МАДИ.– М.: Наука, 2006.– 283 с.

Книга знакомит читателей с современными информационными технологиями, используемыми на автомобильном транспорте. Подробно рассмотрены особенности проектирования и использования прикладных автоматизированных систем обработки информации и управления, а также прикладные системы автоматизации учета транспортной работы и диспетчерского управления движением на базе на-

вигационных систем. Рассмотрены новые технологии автоматизированной идентификации в системах обработки информации на транспорте. Для специалистов транспортной отрасли, в особенности связанных с разработкой и использованием информационных технологий. Книга может быть использована при разработке учебных и учебно-методических материалов для подготовки специалистов в области внедрения информационных технологий на транспорте.

Антонович К. М. «Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии» В 2-х томах. Т. 1. Монография /К. М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия»,– М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005.–334 с., ил.

В томе 1 монографии дано описание российской и американской спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS, аппаратуры пользователей, применяемых систем координат и времени, основ теории движения, вычисления эфемерид космических аппаратов, влияния среды распространения сигналов и др. Для научных и инженерно-технических работников, а также для аспирантов и студентов.

«ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования». Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд-во «Радиотехника»

Изложены принципы построения спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, даны ее системные характеристики и основные характеристики подсистем космических аппаратов, наземного контроля и управления и навигационной аппаратуры потребителей, а также дифференциальных дополнений СРНС. Рассмотрены направления совершенствования технологий спутниковой навигации, включая перспективы совершенствования космического и наземного сегментов, контроля целостности, использования высокоточных фазовых измерений, интегрирования с инерциальными системами навигации и использования пространственной обработки сигналов. Для широкого круга специалистов, занимающихся разработкой, производством и эксплуатацией аппаратуры потребителей СРНС ГЛОНАСС, а также для студентов, аспирантов и преподавателей высших учебных заведений при изучении дисциплин радиотехнического профиля

www.radiotec.ru

П. Пржибыл и М. Свитек «Телематика на транспорте». В книге детально рассмотрен международный опыт применения телематики на транспорте для обеспечения экономичности, удобства и безопасности его функционирования. Подробно освещены сферы применения телематики в автотранспортном комплексе и на городском пассажирском общественном транспорте. Книга рекомендуется для специалистов

транспортной отрасли, руководителей городских и местных администраций, а также для широкого круга читателей, интересующихся достижениями в сфере управления транспортом. Перевод с чешского. Под ред. проф. В. В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2003 – 540 с. Книгу можно приобрести во ФГУП НТЦ «Интернавигация». Справки по тел. (495) 626-25-01, Прохорова Татьяна Михайловна.

Яценков В. С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС.—М.: Горячая линия. Изд. Телеком, 2005. 272 с. ISBN: 5-93517-218-6.

Бакулев П. А., Сосновский А. А. Радионавигационные системы. Учебник для вузов.— М.: Радиотехника, 2005.—12th IAIN World Congress. 2006 International Symposium on GPS/GNSS Proceedings, October 18 – 20, CD1, CD2.

ION GNSS 2006 Proceedings, September 26 – 29, 2006, CD.

ION GNSS 2007 Proceedings, September 25 – 28, 2007, CD.

ION GNSS 2008 Proceedings, September 16 – 19, 2008, CD.

Международный форум по спутниковой навигации [Текст].— М.: Профессиональные конференции, 2008.

Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD.— М.: Профессиональные конференции, 2008.

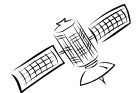
«XV Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 26 – 28 мая 2008, Санкт-Петербург, Россия (ISBN 978-5-900780-66-5). На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

«15th St Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 26 – 28 May, 2008, St. Petersburg, Russia (ISBN 978-5-900780-67-2).

По вопросам приобретения трудов конференции обращаться в ЦНИИ «Электроприбор»: 197046, С-Петербург, ул. М. Посадская, 30, ФГУП РФ ГНЦ ЦНИИ «Электроприбор» начальнику ОНТИ М. В. Гришиной.

Тел.: (812) 499 – 8157; факс: (812) 232 – 3376;

e-mail: ICINS@eprib.ru



КАЛЕНДАРЬ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2009 – 2011 гг.

Календарь подготовлен с помощью материалов журналов GPS World, Inside GNSS, <http://www.gpsworld.com> и других источников

APRIL 19 – 22 2009

Geospatial Infrastructure Solutions Conference 2009

Tampa, FL, USA. Т.: 1 (303) 337 0513, fax 1 (303) 337 1001,

e-mail: info@gita.org www.gita.org/gis

MAY 3 – 6 2009

ENC-GNSS 2009

GNSS Applications and Services

Organizing Body: Istituto Italiano di Navigazione, Rome, Italy. For more information: effe erre congressi Via Coroglio 57 80124 Napoli, Italy. Ph.: +39081 6173858, fax +39081 2429572,

e-mail: info@frcongressi.it gperrotta@alice.it

МАЙ 12 – 15 2009

Международный форум по спутниковой навигации и выставка «НАВИТЕХ-ЭКСПО 2009»

Москва, ЦВК «Экспоцентр», ufimtsev@ptcentre.ru
тел.: +74952341684, факс: +74952341685,
моб. тел.: + 790999280 42.

МАЙ 25 – 27 2009

XVI Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам
Санкт-Петербург, Россия, ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», ул. Малая Посадская, 30, 197046. Тел.: (812) 4998210 – рабочая группа конференции, (812) 4998157 – М.В. Гришина – член Организационного комитета, руководитель рабочей группы конференции. Факс: (812) 23233 676 (с пометкой XVICINS2008).

E-mail: ICINS@eprib.ru

<http://www.elektropribor.spb.ru/cnf/icins08/rufreset.html>

JUNE 01 – 04 2009

JSDE/ION 2009

The Joint Service Data Exchange/Navigation Conference. Wyndham Orlando Resort, Orlando, Florida. Contact: The ION, tel.} 1703383 9688, fax +1703383 9689,

www.ion.org

JUNE 17 – 19 2009

TRANS-NAV

8th International Navigation Symposium

Gdynia, Poland.

<http://www.transnav.am.gdynia.pl>

ИЮНЬ 24 – 28 2009

IMDS 2009

Международный военно-морской салон.

Россия, Санкт-Петербург. Организатор

Минпромторг РФ.

box@navalshow.ru, www.navalshow.ru

ИЮНЬ 28 – ИЮЛЬ 5 2009

14-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Системный анализ, управление и навигация

Евпатория, Крым, Украина. Адрес Оргкомитета: 125993 Москва А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, МАИ. Председатель Оргкомитета Малышев Вениамин Васильевич, ученый секретарь конференции Моисеев Дмитрий Викторович. Тел. (8499) 158-43-55, (8499) 158-41-97, факс (8499) 943-41-83, (8499) 158-58-55.

Evpatoria.2009@mail.ru www.mai.ru/conf/

JULY 18 – 19 2009

Royal Int Air Tattoo

Fairford, UK.

SEPTEMBER 23 – 25 2009

ION GNSS 2009

Savannah International Convention Center, Savannah, Georgia, USA.

www.ion.org

OCTOBER 27 – 30 2009

13th IAIN World Congress

Stockholm, Sweden. Contact: Congrex Sweden AB
Attn: IAIN2009. Tel. +4684596600, fax: +4686619125,

[e-mail iain2009@congrex.se](mailto:e-mail: iain2009@congrex.se),

www.congrex.com/nmf/iaain2009

JANUARY 25 – 27 2010

ION ITM 2010

ION International Technical Meeting

Catamaran Resort Hotel, San Diego, California, USA.

www.ion.org

MARCH 09 – 11 2010

MCG 2010

2nd International Conference on Machine Control & Guidance

University of Bonn, Germany.

SEPTEMBER 21 – 24 2010

ION GNSS 2010

Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA.

www.ion.org

JANUARY 24 – 26 2011

ION ITM 2011

ION International Technical Meeting

Catamaran Resort Hotel, San Diego, California, USA.

www.ion.org

SEPTEMBER 20 – 23 2011

ION GNSS 2011

Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA.

www.ion.org

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Продолжается подписка на журнал «Новости навигации».

Продолжается подписка на журнал «Новости навигации». Подписка оформляется через редакцию журнала. Юридические и физические лица могут приобрести издаваемый журнал, оформив подписку либо заказ на конкретный номер журнала, а также за наличный расчет. Время оформления подписки не ограничено.

В стоимость подписки входит оплата 4-х номеров журнала. Стоимость подписки на 2009 год с учетом почтовых расходов и НДС (10 %) – 1800 руб.

Заполните прилагаемый бланк-заказ на оформление подписки и один экземпляр вместе с копией исполненного платежного поручения перешлите в редакцию по адресу:

Россия, 109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 2,
ФГУП «НТЦ СНТ «Интернавигация».
Контактный телефон: (495) 626-25-01, факс: (495) 626-28-83
E-mail: internavigation@rgcc.ru.

Предлагаем также рассмотреть возможность сотрудничества в издании журнала, публикации на его страницах рекламной и другой информации, касающейся вашего предприятия.

Расценки на публикацию рекламы:

2, 3 стр. обложки и вкладки (формат А4):	цветная реклама (4 цвета)	22000 руб.
	одноцветная реклама	12000 руб.

Главному редактору
журнала «Новости навигации»
109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 2

БЛАНК-ЗАКАЗ

Просим оформить подписку на _____ экз. журнала «Новости навигации».
Стоимость подписки в сумме _____ руб. перечислена на расчетный счет
ФГУП «НТЦ современных навигационных технологий «Интернавигация» в
Межгосударственном банке г. Москвы, ИНН 7736022670, КПП 770901001
р/с № 40502810000000000001, БИК 044525362, к/с 30101810800000000362.

Платежное поручение № _____ от « _____ » _____ 200 ____ г.
(Следует приложить к заказу копию платежного поручения).

Заказ направить по адресу:

индекс п/о _____, область (край, респ.) _____

город, улица, дом _____

Кому _____
(полное название организации или ФИО заказчика)

Требования к оформлению рукописей для публикации в журнале «Новости навигации»

1. Представляемый материал (статьи, монографии, рецензии, лекции) должен являться оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
2. Рукопись должна содержать:
 - название на русском и английском языках;
 - инициалы и фамилии авторов на русском и английском языках;
 - аннотацию на русском и английском языках;
 - текст статьи;
 - список литературы в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

Страницы рукописи не нумеруются. Отдельно представляются сведения об авторах: ФИО, год рождения, место работы, должность, ученые степени, звания, контактные телефоны, факсимиле, адрес электронной почты.

3. Объем текста теоретического характера, как правило, должен быть не более 1 усл. печ. листа, а практического – 2/3 усл. печ. листа.
4. Для выделения отдельных пунктов в тексте или графическом материале необходимо использовать только арабскую нумерацию.
5. Рукопись должна быть представлена в виде файла формата MS Word (*.doc) на магнитном или оптическом (CD) носителе и распечатки в двух экземплярах. После рецензирования, при наличии замечаний, рукопись с дискетой возвращается автору на доработку. В отдельных случаях возможен обмен отредактированными материалами по электронной почте.
6. При наборе текста необходимо использовать следующие шрифты: «Times New Roman» и «Symbol». Размер шрифта для заголовков статей – 16, ФИО авторов – 14, подзаголовков – 12, текста – 12, для сносок – 10, интервал – множитель с коэффициентом 1,3.
7. Иллюстративный и графический материал представляется в виде файлов формата tiff и eps, предпочтительно в портретной ориентации, в черно-белом цвете. Не допускается использование сканированных графиков и формул. Математические формулы оформляются через редактор формул «Equation Editor», кроме тех случаев, когда их можно набрать непосредственно средствами MS Word.
8. В зависимости от тематики статьи при необходимости к представленному материалу должно прилагаться экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати.