

**НОВОСТИ  
НАВИГАЦИИ  
№ 1, 2012 г.**

**Научно-технический  
журнал  
по проблемам навигации  
УДК 621.78:525.35  
ISSN 2223-0475**

*Редакционная коллегия:*

Главный редактор – Царев В. М.,  
генеральный директор  
ОАО «НТЦ «Интернавигация», к.т.н.,  
заслуженный работник связи РФ  
Редактор – Соловьев Ю. А.,  
д.т.н., проф.  
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.;  
Коротыношко А. Н., к. т. н.;  
Непоклонов В. Б., д. 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 ОАО «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

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИКАЗ № 253 ОТ 22 СЕНТЯБРЯ 2011 г. ....	3
РАСПОРЯЖЕНИЕ № ИЛ-1-р ОТ 10 ЯНВАРЯ 2012 г. ....	4
ПРИКАЗ № 20 ОТ 26 ЯНВАРЯ 2012 г. ....	4

В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СОВЕТЕ «РАДИОНАВИГАЦИЯ»

ЗАСЕДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКАЗЧИКОВ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ ГОСУДАРСТВ-УЧАСТНИКОВ СНГ НА ПЕРИОД ДО 2012 ГОДА.....	7
---	---

В РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ НАВИГАЦИИ

СОВМЕСТНЫЕ ЗАСЕДАНИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО СЕМИНАРА «ЛЕТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ» И СЕКЦИИ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ.....	10
---	----

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ, ОБЗОРЫ, РЕФЕРАТЫ

ПОГРЕШНОСТИ ГНСС, ВЫЗВАННЫЕ МНОГОЛУЧЕВОСТЬЮ, И ИХ УСТРАНЕНИЕ..... И. Е. Кинкулькин	11
--	----

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ОЖИДАЕМОЙ ТОЧНОСТИ АСТРОИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ..... А. В. Коровин, Ю. А. Соловьев, Д. А. Устюжанин	23
--	----

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ НА МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ САМОЛЕТАХ СЕМЕЙСТВА ИЛ-76..... В. Б. Ильин, Н. Д. Куимов, В. А. Копелович, Е. Г. Харин, Л. М. Бардина, А. В. Ясенюк, В. К. Арефьев, Л. А. Анохин	32
--	----

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ СТАНЦИЙ ВОСТОЧНОЙ ЦЕПИ СИСТЕМЫ «ЧАЙКА» ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ НАВИГАЦИОННЫХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕНИЙ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ..... А. В. Балов, А. Г. Коровин, Ю. М. Устинов, В. М. Царев	36
--	----

<u>ОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</u> .....	41
-------------------------------------	----

ИЗ ИСТОРИИ НАВИГАЦИИ

ПЕРВАЯ В МИРЕ ВОЗДУШНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС (К 75-ЛЕТИЮ ИСТОРИЧЕСКОГО СОБЫТИЯ)..... Г. Ф. Молоканов	52
--	----

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

К 80-ЛЕТИЮ АНАТОЛИЯ НИКОЛАЕВИЧА КОРОТКОШКО .....	57
--	----

<u>НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ</u> .....	58
------------------------------------	----

<u>ПЛАНЫ И КАЛЕНДАРИ</u> .....	61
--------------------------------	----

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

Дизайн и компьютерная верстка: **Г. Б. Маравин**  
Типография ООО «АвтоПринт» 109052 г. Москва, ул. Смирновская, 25 корп. 7

# Contents

---

---

## OFFICIAL DOCUMENTS

MINISTRY OF TRANSPORT OF THE RUSSIAN FEDERATION ORDER № 253 AS OF SEPTEMBER 22 <sup>nd</sup> , 2011 .....	3
DIRECTION № IL-1-r AS OF JANUARY 10 <sup>th</sup> , 2012 .....	4
ORDER № 20 AS OF JANUARY 26 <sup>th</sup> , 2012 .....	4

## IN THE RUSSIAN PUBLIC INSTITUTE OF NAVIGATION

SESSION OF THE WORKSHOP «AIRCRAFT FLIGHT OPERATIONS» AND RPIN AIR TRANSPORT SECTION .....	10
--	----

## SCIENTIFIC ARTICLES, REVIEWS, SYNOPSES

MULTIPATH GNSS ERRORS AND THEIR MITIGATION .....	11
I. E. Kinkulkin	

METHODOLOGICAL ISSUES OF ESTIMATING AN EXPECTED ASTRO-INERTIAL SATELLITE SYSTEM ACCURACY .....	23
A. V. Korovin, Yu. A. Soloviev, D. A. Ustiuzhanin	

RESULTS OF SATELLITE NAVIGATION EQUIPMENT FLIGHT TESTS ON UPGRADED IL-76 FAMILY AIRCRAFT .....	32
V. B. Ilyin, N. D. Kuimov, V. A. Kopelovich, E. G. Kharin, L. M. Bardin, A. V. Yasenok, V. K. Arefiev, L. A. Anokhin	

CABILITIES OF USING THE EQUIPMENT OF TRANSMITTING STATIONS IN THE EASTERN CHAYKA CHAIN FOR NAVIGATION AND METEOROLOGICAL DATA TRANSMISSION FOR MARITIME SAFETY .....	36
A. V. Balov, A. G. Korovin, Y. M. Ustinov, V. M. Tsarev	

<u>OPERATING INFORMATION</u> .....	41
------------------------------------	----

## FROM THE HISTORY OF NAVIGATION

THE FIRST IN THE WORLD AIR EXPEDITION TO THE NORTH POLE (75 <sup>th</sup> ANNIVERSARY) .....	52
G. F. Molokanov	

<u>OUR CONGRATULATIONS</u> .....	57
----------------------------------	----

<u>NEW BOOKS AND MAGAZINES</u> .....	58
--------------------------------------	----

<u>PLANS AND CALENDARS</u> .....	61
----------------------------------	----

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНТРАНС РОССИИ)

# ПРИКАЗ

от 22 сентября 2011 г. № 253 г. Москва.

## ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ГРАНИЦ ЗОН И РАЙОНОВ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ГРАНИЦ РАЙОНОВ АЭРОДРОМОВ, АЭРОУЗЛОВ, ВЕРТОДРОМОВ, ГРАНИЦ КЛАССОВ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

MINISTRY OF TRANSPORT OF THE RUSSIAN FEDERATION

# ORDER

№ 253, September 22<sup>nd</sup> 2011

## ON THE AUTHORISATION OF THE ZONAL AND AREA BORDERLINES FOR THE RF GENERAL ATM SYSTEM, BORDERS OF REGIONS, AIRFIELDS, AERIAL NODES, HELIPORTS AND AIRSPACE CLASSES

В соответствии с пунктами 11, 22, 67 Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 г. № 138 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2010, № 14, ст. 1649; Российская газета, 2011, № 201), приказываю:

1. Утвердить границы зон и районов Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации согласно приложению № 1 к настоящему приказу.

2. Утвердить границы районов аэродромов, аэроузлов, вертодромов согласно приложению № 2 к настоящему приказу.

3. Утвердить границы классов воздушного пространства согласно приложению № 3 к настоящему приказу.

4. Признать утратившими силу:  
– приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 15 сентября 2010 г. № 199 «Об утверждении границ зон и районов Единой системы

организации воздушного движения Российской Федерации, границ районов аэродромов, аэроузлов, вертодромов, границ классов воздушного пространства» (зарегистрирован Минюстом России 13 октября 2010 г., регистрационный № 18716);

– приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 20 апреля 2011 г. № 118 «О внесении изменений в приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 15 сентября 2010 г. № 199» (зарегистрирован Минюстом России 18 мая 2011 г., регистрационный № 20789);

– приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 4 августа 2011 г. № 207 «О внесении изменений в приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 15 сентября 2010 г. № 199» (зарегистрирован Минюстом России 19 августа 2011 г., регистрационный № 21677).

5. Настоящий приказ вступает в силу с 17 ноября 2011 г.

*И.о. министра О. В. Белозеров*

<http://www.mintrans.ru>



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(МИНТРАНС РОССИИ)

## РАСПОРЯЖЕНИЕ

10 января 2012 г., № ИЛ-1-р.

**О ВВЕДЕНИИ В ДЕЙСТВИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ  
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ АЭРОНАВИГАЦИОННЫХ  
ОРИЕНТИРОВ И ПРЕПЯТСТВИЙ В ОБЩЕЗЕМНЫХ СИСТЕМАХ  
КООРДИНАТ НА АЭРОДРОМАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НЕТОЧНЫЕ ЗАХОДЫ НА ПОСАДКУ**

MINISTRY OF TRANSPORT OF THE RUSIAN FEDERATION

## DIRECTION

№ ИЛ-1-г, JANUARY 10<sup>th</sup> 2012

**PUTTING INTO FORCE OF THE METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS ON GEODETIC  
SURVEY OF AERONAVIGATION REFERENCE POINTS AND OBSTACLES IN WGS  
ON RF NON-CAT AIRFIELDS**

В целях внедрения спутниковых средств и технологий навигации воздушных судов в Российской Федерации, повышающих безопасность и эффективность полетов и отвечающих требованиям международных стандартов:

Ввести в действие прилагаемые Методические рекомендации по проведению геодезической

съемки аэронавигационных ориентиров и препятствий в общеземных системах координат на аэродромах Российской Федерации, обеспечивающих неточные заходы на посадку.

*Министр И.Е. Левитин*

<http://www.mintrans.ru/>

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(МИНТРАНС РОССИИ)

## ПРИКАЗ

26 января 2012 г., № 20.

**ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПОРЯДКА ОСНАЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ,  
НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ СПЕЦИАЛЬНЫЕ  
ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, КАТЕГОРИИ М, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ  
ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ, И КАТЕГОРИИ N,  
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ, АППАРАТУРОЙ  
СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ГЛОНАСС ИЛИ ГЛОНАСС/GPS**

MINISTRY OF TRANSPORT OF THE RUSIAN FEDERATION

## ORDER

№ 20, January 26<sup>th</sup> 2012

**ON THE ORDER OF INSTRUMENTATION OF TRANSPORTATION, INCLUDING SPECIAL CAT  
M VEHICLES FOR COMMERCIAL PASSENGER TRANSPORT AND CAT N FOR DANGEROUS  
CARGO WITH GLONASS AND GLONASS/GPS SATELLITE NAVIGATION EQUIPMENT**

Во исполнение пункта 8 Технического регламента о безопасности колесных транспортных средств, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 г. № 720 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, № 38,

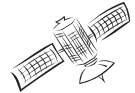
ст. 4475; 2010, № 38, ст. 4828; 2011, № 42, ст. 5922), и в целях повышения безопасности и эффективности перевозки автомобильным транспортом пассажиров и опасных грузов приказываю:



1. Утвердить прилагаемый Порядок оснащения транспортных средств, находящихся в эксплуатации, включая специальные транспортные средства, категории М, используемых для коммерческих перевозок пассажиров, и категории N, используемых для перевозки опасных грузов, аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS.
2. Настоящий приказ вступает в силу:
  - в отношении транспортных средств категорий N, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> — с 1 января 2013 года;
  - в отношении транспортных средств категории M<sub>1</sub> — с 1 января 2014 года.

*Министр И. Е. Левитин*

Приказ зарегистрирован в Минюсте России 21 февраля 2012 г., регистрационный № 23281



## ПОРЯДОК

### ОСНАЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, КАТЕГОРИИ М, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ, И КАТЕГОРИИ N, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ, АППАРАТУРОЙ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ГЛОНАСС ИЛИ ГЛОНАСС/GPS

#### I. Общие положения

1. Порядок оснащения транспортных средств, находящихся в эксплуатации, включая специальные транспортные средства, категории М, используемых для коммерческих перевозок пассажиров, и категории N, используемых для перевозки опасных грузов (далее — транспортное средство), аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS (далее — Порядок) разработан во исполнение пункта 8 Технического регламента о безопасности колесных транспортных средств, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 г. № 720\*.
2. Настоящий Порядок применяется владельцами транспортных средств независимо от того, являются ли они собственниками транспортных средств или используют их на ином законном основании (далее — владельцы транспортных средств) в целях повышения эффективности управления движением транспортных средств, уровня безопасности перевозок пассажиров и опасных грузов.

#### II. Оснащение транспортных средств аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS

3. В ходе оснащения транспортного средства аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS осуществляется:
  - установка на транспортное средство аппаратно-программного устройства для определения текущего местоположения и параметров движения транспортного средства, взаимодействия с автоматизированным центром контроля и надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (далее — абонентский телематический терминал);
  - тестирование абонентского телематического терминала для последующего подключения его к автоматизированному центру контроля и надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (далее — АЦКН Ространснадзора);
  - оформление и выдача владельцу транспортного средства документа, подтверждающего оснащение транспортного средства аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, с включением информации об абонентском телематическом терминале в базу данных АЦКН Ространснадзора.
4. Установка на транспортное средство абонентского телематического терминала и подключение абонентского телематического терминала к диспетчерскому центру или диспетчерскому пункту и к АЦКН Ространснадзора обеспечивается владельцем транспортного средства.
 

Абонентский телематический терминал устанавливается на транспортном средстве в соответствии с требованиями завода-изготовителя абонентского телематического терминала. Место расположения абонентского телематического терминала на транспортном средстве определяется исходя из технических характеристик абонентского телематического терминала и конструктивных особенностей транспортного средства.
5. Тестирование абонентского телематического терминала проводится в территориальных управлениях Ространснадзора с целью контроля работоспособности абонентского телематического терминала, полноты и достоверности передачи

\* Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, № 38, ст. 4475; 2010, № 38, ст. 4828; 2011, № 42, ст. 5922

- от абонентского телематического терминала в АЦКН Ространснадзора следующего минимального состава мониторинговой информации:
- идентификационный номер абонентского телематического терминала;
  - географическая широта местоположения транспортного средства;
  - географическая долгота местоположения транспортного средства;
  - скорость движения транспортного средства;
  - путевой угол транспортного средства;
  - время и дата фиксации местоположения транспортного средства;
  - признак передачи сигнала бедствия.
6. Тестирование абонентского телематического терминала осуществляется на основании представленных владельцем транспортного средства в адрес соответствующего территориального органа Ространснадзора сведений:
- о владельце транспортного средства (наименование юридического лица или фамилия, имя, отчество индивидуального предпринимателя, адрес, телефон, факс, E-mail);
  - о транспортном средстве (государственный регистрационный знак, идентификационный номер (VIN), марка, модель, категория транспортного средства, год изготовления, серия, номер, дата выдачи свидетельства о регистрации транспортного средства и паспорта транспортного средства, характеристики транспортного средства по видам перевозок);
  - об абонентском телематическом терминале (марка, модель, фирма-изготовитель, версия программного обеспечения, рабочие частоты радиостанции, прочие технические характеристики, а также, при наличии, серийный номер, универсальный идентификационный номер (UIN), IP-адрес в системе диспетчерского управления и мониторинга, другие идентификационные данные).
7. Включение информации об абонентском телематическом терминале в базу данных производится АЦКН Ространснадзора в случае получения АЦКН Ространснадзора мониторинговой информации от тестируемого абонентского телематического терминала.
8. В случае смены владельца транспортного средства с установленным абонентским телематическим терминалом, а также в случае установки абонентского телематического терминала на другое транспортное средство, на основании сведений, предусмотренных пунктом 6 настоящего Порядка, представленных владельцем транспортного средства в адрес соответствующего территориального органа Ространснадзора, осуществляется внесение изменений в сведения об абонентском телематическом терминале в базе данных АЦКН Ространснадзора. При этом владельцу транспортного средства выдается новый документ, подтверждающий оснащение транспортного средства аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS.
- [http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT\\_ID=17640](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=17640)*



# ЗАСЕДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКАЗЧИКОВ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ ГОСУДАРСТВ- УЧАСТНИКОВ СНГ НА ПЕРИОД ДО 2012 ГОДА

## SESSION OF THE STATE CUSTOMERS OF THE INTERSTATE RADIONAVIGATION PROGRAM

Заседание проходило 16–17 февраля 2012 года в помещении Министерства промышленности и торговли Российской Федерации по адресу г. Москва, Китайгородский проезд, дом 7.

В заседании приняли участие:

### от Республики Беларусь

- представитель Государственного военно-промышленного комитета Республики Беларусь, заместитель начальника управления Государственного военно-промышленного комитета (Госкомвоенпром) Самуль Ю. В.;
- заместитель главного инженера ОАО «Агат-системы управления» — управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления» Горячко Д. Г.;
- главный инженер ОАО «СКБ Камертон» Синькевич В. Н.;

### от Республики Казахстан

- представитель Национального космического агентства Республики Казахстан, вице-президент АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» Дюсенев С. Т.;
- директор Центра системы высокоточной спутниковой навигации АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» Ашуров А. Е.;
- начальник отдела Центра системы высокоточной спутниковой навигации АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» Буралхияев Р. С.;
- руководитель представительства АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» в Москве Арцебарский А. П.;

### от Российской Федерации

- заместитель директора Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) Суворов А. Е.;
- заместитель начальника отдела Департамента внешних экономических отношений Минпромторга России Козырьков А. В.;
- генеральный директор ОАО «НТЦ «Интернавигация» Царев В. М.;
- заместитель генерального директора ОАО «НТЦ «Интернавигация» Редкозубов В. Н.;

- начальник информационного отдела ОАО «НТЦ «Интернавигация» Ковынев С. Н.;
- начальник сектора ОАО «НТЦ «Интернавигация» Лукьянюк Ю. В.;
- начальник сектора ОАО «НТЦ «Интернавигация» Пирогов П. И.;
- главный специалист ОАО «НТЦ «Интернавигация» Пашкова Т. В.;

### от Исполнительного комитета СНГ

- заместитель начальника отдела отраслевого экономического сотрудничества Департамента экономического сотрудничества Клириков А. Г.;
- консультант отдела отраслевого экономического сотрудничества Департамента экономического сотрудничества Верещако В. А.

В ходе заседания были рассмотрены следующие вопросы:

1. О выполнении решений заседания национальных государственных заказчиков Межгосударственной радионавигационной программы государств — участников СНГ на период до 2012 года (далее — МРП) от 11–12 августа 2011 года.
2. Об итогах реализации МРП в 2011 году.
3. О подготовке отчета о ходе выполнения МРП в 2011 году.
4. О работах по реализации МРП в 2012 году.
5. О ходе разработки и согласования проекта МРП на период до 2015 года.
6. О проведении очередного заседания национальных государственных заказчиков МРП.

### По итогам заседания были приняты следующие решения:

По п.1 повестки дня.

- 1.1. Принять к сведению информацию представителей национальных государственных заказчиков МРП о выполнении решений заседания от 11–12 августа 2011 года.
- 1.2. Отметить, что Решение заседания национальных государственных заказчиков МРП от 11–12 августа 2011 года в основном выполнено.
- 1.3. Порядок приема-сдачи выполненных НИР и ОКР МРП разработан и находится на стадии

утверждения. Национальным государственным заказчиком в срок до 17 марта 2012 года обеспечить завершение работы по данному пункту.

- 1.4. АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» и ОАО «НТЦ «Интернавигация» в соответствии с п.8.3. протокола заседания национальных государственных заказчиков МРП от 11–12 августа 2011 года разработаны и представлены на утверждение технические задания на соответствующие работы. Национальным государственным заказчиком в срок до 17 марта 2012 года



### Республика Беларусь

Головной исполнитель ОАО «СКБ Камертон», соисполнители АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» и ОАО «НТЦ «Интернавигация»:

– ОКР «Облик – СНГ». ОАО «НТЦ «Интернавигация» в соответствии с утвержденным частным техническим заданием работы 2011 года выполнены в полном объеме в заданные сроки. С учетом корректировки технического задания ОКР «Облик – СНГ» будет завершена в 2012 году.

– НИР «Сертификация – СНГ». Работы 2011 года выполнены в полном объеме в установленные сроки.

обеспечить завершение работы по данному пункту.

По п. 2 повестки дня.

- 2.1. Принять к сведению информацию представителей национальных государственных заказчиков об итогах реализации МРП в 2011 году.
- 2.2. Организациями – исполнителями МРП были выполнены и приняты в соответствии с планом 2011 года этапы НИОКР. В 2011 году была проведена корректировка ряда технических заданий в части уточнения сроков и этапов выполнения некоторых работ.





## Республика Казахстан

Головной исполнитель АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», соисполнители – ОАО «СКБ Камертон» и ОАО «НТЦ «Интернавигация»:

- ОКР «ИЦ – СНГ». Работы 2011 года выполнены в полном объеме в установленные сроки.
- НИР «Норматив – СНГ». НИР с учетом корректировки технического задания будет завершена в 2012 году.

## Российская Федерация

Головной исполнитель ОАО «НТЦ «Интернавигация», соисполнители – ОАО «СКБ Камертон», АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары»:

- НИР «РНП – СНГ». Разработка проекта Радионавигационного плана в 2011 году завершена. Головному исполнителю в срок до 1 июля 2012 года обеспечить согласование проекта Радионавигационного плана с государствами – участниками СНГ.
- ОКР «Информатизация – СНГ». ОАО «НТЦ «Интернавигация» в 2011 году работы по созданию национального информационного центра по радионавигации завершены.

ОАО «СКБ Камертон» до 20 марта 2012 года подготовить проект дополнения к частному техническому заданию, предусмотрев в нем завершение работ по созданию национального информационного центра по радионавигации в III квартале 2012 года.

АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» не начал работы по созданию национального информационного центра по радионавигации из-за отсутствия финансирования. Рекомендовать Национальному космическому агентству Республики Казахстан в кратчайший срок принять решение об участии АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» в выполнении данной работы.

Предусмотреть при корректировке технического задания на ОКР «Информатизация-СНГ» ввод в действие Межгосударственной научно-информационной системы «Радионавигация» в составе Межгосударственного и национальных информационных центров по радионавигации в IV квартале 2012 года.

По п.3 повестки дня.

- 3.1. Для своевременной подготовки годового отчета о ходе выполнения МРП в 2011 году национальным государственным заказчикам представить до 10 марта 2012 года в адрес заказчика – координатора материалы, предусмотренные п.31 Порядка разработки, реализации и финансирования межгосударственных целевых программ СНГ.

- 3.2. Заказчику – координатору подготовить отчет о ходе выполнения МРП в 2010–2011 году и до 30 марта 2012 года представить его в правительства государств – участников МРП, Исполком СНГ и Межгосударственный совет «Радионавигация». По п.4 повестки дня.

По информации национальных государственных заказчиков МРП в 2012 году должны быть завершены в соответствии с Перечнем мероприятий МРП: ОКР «ИЦ – СНГ» и НИР «Сертификация – СНГ», с учетом корректировки технических заданий – ОКР «Информатизация – СНГ», ОКР «Облик – СНГ» и НИР «Норматив – СНГ», а также вновь начинаемые работы в 2012 году НИР «РНИ – СНГ» и НИР «ИТС – СНГ».

По п.5 повестки дня.

- 5.1. Согласие на участие в разработке и реализации МРП на период до 2015 года подтвердили Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан и Российская Федерация. Республика Молдова согласилась участвовать в работах в качестве наблюдателя. Азербайджанская Республика от участия в программе отказалась. Не получены ответы от Кыргызской Республики, Республики Таджикистан, Туркменистана, Республики Узбекистан и Украины.

- 5.2. Для подготовки и разработки проекта МРП решением Межгосударственного совета «Радионавигация» от 27 октября 2011 года утверждена рабочая группа, в которую включены представители Республики Беларусь, Республики Казахстан, Российской Федерации, Республики Армения и Республики Молдова.

- 5.3. По результатам работы рабочей группы предлагается определить срок завершения новой МРП – 2015 год.

- 5.4. Принять к сведению результаты обсуждения перечня работ, предлагаемых для включения в проект МРП. Национальным государственным заказчикам от Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации дополнительно рассмотреть и уточнить до 10 апреля 2012 года Перечень мероприятий МРП, с обоснованием их проведения, для принятия решения по включению в проект МРП.

- 5.5. Уточненный Перечень мероприятий МРП рассмотреть на заседании Межгосударственного совета «Радионавигация» в апреле 2012 года.

По п.6 повестки дня.

Очередное заседание национальных государственных заказчиков по вопросам реализации МРП провести в сентябре 2012 года в г. Минске.



# СОВМЕСТНЫЕ ЗАСЕДАНИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО СЕМИНАРА «ЛЕТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ» И СЕКЦИИ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ

## SESSION OF THE WORKSHOP «AIRCRAFT FLIGHT OPERATIONS» AND RPIN AIR TRANSPORT SECTION

29 ноября 2011 г. в помещении ГосНИИ «Аэронавигация», г. Москва, Волоколамское шоссе, 26, состоялось совместное заседание научно-практического семинара «Летная эксплуатация воздушных судов» и Секции воздушного транспорта Российского общественного института навигации с повесткой дня:

- Доклад Плотникова Н. И. (ИПЦ «Авиаменеджер», Новосибирск) «Ресурсная методология исследования и проектирования транспортных комплексов».
- Доклад Харина Е. Г., Якушева А. Ф., Кожурина В. Р., Копеловича В. А., Поликарпова В. Г., Копылова И. А., Бардиной Л. М., Ясенюк А. В. (ФГУП «ЛИИ им. М. М. Громова») «Интегральная система обеспечения летных испытаний авионики перспективных летательных аппаратов на основе спутниковых технологий».
- Доклад Лобазова В. Я. (НИЦ «Геодинамика», МИИГА и К), Колобушкина Н. П. (Росреестр) «К вопросу об ограничениях на опубликование геодезической и картографической информации в аэронавигационных документах».
- Сообщение Соловьева Ю. А. (РОИН) «Презентация журнала «Новости навигации», № 3, 2011 г.».

31 января 2012 г. в помещении ГосНИИ «Аэронавигация», г. Москва, Волоколамское шоссе, 26, состоялось заседание научно-практического семинара «Летная эксплуатация воздушных судов».

Заседание проводилось в ознаменование 40-летнего юбилея семинара, бессменно руководимого заслуженным деятелем науки Российской Федерации, академиком Академии транспорта России, Международной академии информатизации, Международной академии человека в авиакосмических системах, вице-президентом Российского общественного института навигации по воздушному транспорту, профессором, доктором технических наук Белгородским Семеном Львовичем.

Работа семинара началась со вступительного слова руководителя профессора Белгородского С. Л.,

в котором охарактеризованы основные вехи рождения и работы семинара сначала в рамках Гос НИИ гражданской авиации, затем НЭЦ АУВД и ГосНИИ «Аэронавигация».

Программа работы юбилейного семинара включала следующие вопросы:

- Доклад Страдомского О. Ю. (ГосНИИ ГА) «Состояние и перспективы развития парка воздушных судов гражданской авиации России».
- Доклад Пятко С. Г. (ГосНИИ «Аэронавигация») «Аэронавигационное обеспечение полетов в воздушном пространстве России: состояние, проблемы, перспективы».
- Доклад Ячменева Г. А. (МАК) «Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств – участников Соглашения о гражданской авиации и использовании единого воздушного пространства в 2005–2011 гг.».
- Доклад Ситянского А. И. (А/к «ЮтЭйр») «Взгляд линейного пилота на проблемы безопасности полетов».
- Доклад Малевинского Ю. А. (ГК «Волга-Днепр») «Проблемы создания системы управления безопасностью полетов в авиакомпании».
- Доклад Чуянова Г. А. (ГосНИИ АС) «НИОКР по созданию отечественного бортового авиационного оборудования: проблемы и перспективы внедрения».
- Доклад Шмелькина Ю. Л., Юсупова Ю. И. (НПЦ «Мэп Мейкер») «Совершенствование метеорологического обслуживания полетов воздушных судов с помощью информационного портала интернета METAVIA.RU».
- Обсуждение докладов.

В заключение состоялось награждение наиболее активных участников работы семинара и обсуждение докладов. Семинар прошел в непринужденной и деловой обстановке.



УДК 621.396.98

# ПОГРЕШНОСТИ ГНСС, ВЫЗВАННЫЕ МНОГОЛУЧЕВОСТЬЮ, И ИХ УСТРАНЕНИЕ<sup>1</sup>

*И. Е. Кинкулькин<sup>2</sup>*

*Исследуются погрешности, вызванные многолучевостью распространения сигналов глобальных навигационных спутниковых систем, и предлагаются рекомендации по их устранению с помощью специализированного коррелятора.*

**Ключевые слова:** *Глобальные, ГНСС, дискриминатор, коррелятор, корреляционная, многолучевость, МЛ, навигационные, сигналы, системы, спутниковые.*

## MULTIPATH GNSS ERRORS AND THEIR MITIGATION

*I. E. Kinkulkin*

*Multipath GNSS signal propagation errors are examined and recommendations are given to eliminate the errors by using a special correlator*

### 1. Общие соображения

Основная составляющая погрешностей всех радионавигационных систем, как наземного базирования, так глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), имеют радиофизическое происхождение. Под воздействием среды распространения появляются ошибки разного рода. Самым значительным источником ошибок являются дополнительные сигналы, которые образуются вследствие отражения полезного сигнала от разного рода объектов, расположенных в окрестности приемной антенны аппаратуры потребителя. Такие сигналы в точку приема приходят с разных направлений, несколькими лучами, и поэтому соответствующее явление получило наименование многолучевость («multipath»).

Эти ошибки несоизмеримо более тех, которые возникают из-за воздействия тепловых шумов. Явлению многолучевости (МЛ), его природе, влиянию на работу аппаратуры посвящено множество работ. Во всех без исключения экспериментальных исследованиях обращается внимание на исключительную изменчивость МЛ даже на протяжении малого времени наблюдения. Поэтому попытки описания МЛ каким-либо статистическим законом не привели к каким-либо значимым результатам. Физическая природа ошибок этого вида такова, что они не могут рассматриваться как стационарный случайный процесс. Поэтому применение теории оптимальной фильтрации к проблеме синтеза оптимального приёмника, обеспечивающего наилучшую оценку навигационных параметров в присутствии МЛ, затруднено.

Чтобы преодолеть ошибки, вызванные влиянием условий распространения радиоволн в радионавигации, приходится иметь дело с тонкой структурой сигнала, т. е. осуществлять преобразование сигнала по определенным алгоритмам, позволяющим в процессе обработки сигнала сохранить необходимые данные о параметрах входного сигнала, включая особенности его огибающей и фазы.

Большинство работ, относящихся к области разработки методов уменьшения влияния МЛ, основаны на эвристическом подходе. Известно множество работ, основанных на выявлении отклонения формы взаимно корреляционной функции (ВКФ) от теоретической формы. ВКФ не содержит прямых данных о входном сигнале, и поэтому эти работы оказались нерезультативными.

Ниже рассматривается методология, основанная на исследовании тонкой структуры полезного сигнала: на изменении формы огибающей и фазы элементов кодовой последовательности сигнала ГНСС.

Главный принцип предлагаемой методики: корреляционная обработка сигнала должна быть выполнена так, чтобы были доступны необходимые данные об искажении сигнала. Поэтому идеи, посвященные методам борьбы с МЛ, основанные на исследованиях искажении взаимокорреляционной функции (ВКФ) выходного сигнала обычно применяемого коррелятора [1–4], в этой работе не рассматриваются.

Представляют интерес работы Вэйла (Weill). Л. Р. Вэйл предложил в 1995 году [5] метод, основанный

<sup>1</sup> Материалы статьи докладывались на научно-технической конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения» 26.10.11.

<sup>2</sup> Исаак Ефимович Кинкулькин – кандидат технич. наук, главный конструктор ОАО «МКБ «Компас», Москва, 113184, ул. Б. Татарская, 35. office@mdbcompas.ru

на построении нового типа коррелятора («vision correlator»). «Vision correlator» имеет множество вспомогательных накапливающих элементов, дополнительно к основным каналам, применяемым в обычно используемом корреляторе.

В результате применения «vision correlator» становится возможным получение множества значений выборок по каждому принимаемому сигналу. Эти выборки пропорциональны квадратурным компонентам выборочных значений огибающей кодовых элементов (КЭ) принимаемых сигналов. Огибающая КЭ становится как бы видимой. Отсюда название: «vision correlator». Полученные выборки используются в алгоритме, основанном на применении метода наименьших квадратов, который предназначен для определения неискаженного отражениями сигнала.

Принцип, предложенный Вэйлом, применялся в 70–80 гг. для ослабления влияния сигналов, отраженных от ионосферы, от берега моря, от горных массивов и т. п., в системах наземного базирования. Этот метод эффективен тогда, когда отношение уровня сигнала к уровню шума очень значительно. Кроме того, этот метод эффективен тогда, когда число отраженных сигналов мало (один, с определенными ограничениями – два). Метод Вейла приводит к значительному усложнению аппаратуры. Имеется опыт его применения в аппаратуре, предназначенной для геодезической съемки.

## 2. Воздействие многолучевости на элементы кодовых последовательностей

Наличие отраженного сигнала приводит к изменению огибающей и фазы каждого элемента кодовой последовательности. Эти изменения становятся заметными после скачкообразного изменения фазы на  $180^\circ$  в любой кодовой последовательности. В случае применения ВОС-сигналов дополнительные изменения фазы на  $180^\circ$  будут иметь место вследствие модуляции основной кодовой последовательности поднесущей, имеющей форму меандра. Для каждой последовательности временное положение моментов инверсии фазы на временной оси известно, если известно временное положение самой последовательности.

На рис.1 схематически представлены два фрагмента кодовой последовательности, отличающиеся моментами изменения фазы на  $180^\circ$ . На эти последовательности накладывается сигнал МЛ, запаздывающий относительно кодовых последовательностей. Допустим, что фаза сигнала МЛ совпадает с фазой сигнала первого фрагмента и сдвинута на  $180^\circ$  относительно фазы второго фрагмента. Нет необходимости в специальном объяснении, что в начале КЭ первого фрагмента огибающая будет уменьшена на временном интервале, равном запаздыванию, тогда как в случае второго фрагмента в начале КЭ, напротив, будет иметь место возрастание огибающей.

В случае работы по реальному сигналу форма сигнала существенно усложняется из-за ограниченной

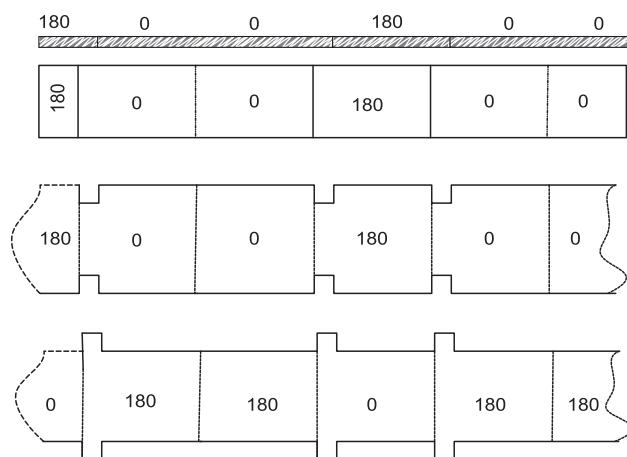


Рис. 1. Искажение формы элемента кода при наличии МЛ

ширины спектра сигнала ГНСС. Ограничение спектра происходит по следующим причинам:

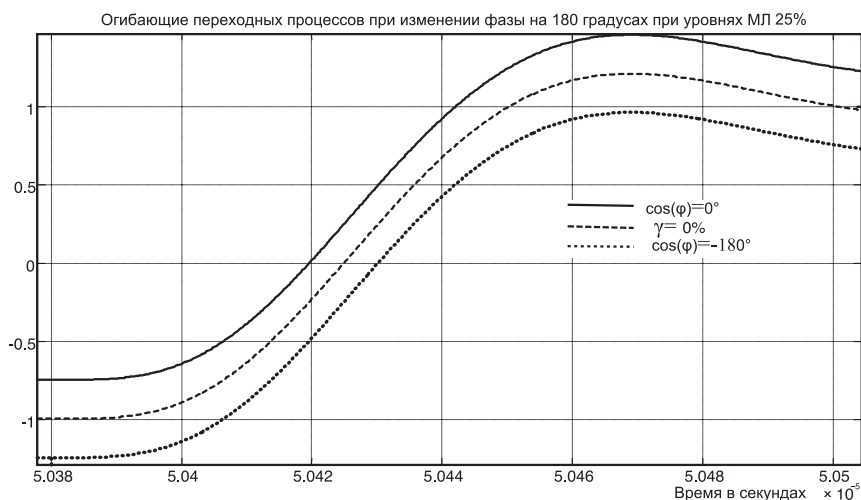
- Полоса спектра сигнала, излучаемого навигационным спутником (НС) ГНСС, определяется международными соглашениями и регламентируется документами Международного союза электросвязи (ITU). Интерфейсные контрольные документы (ICD) ГНСС GPS и ГЛОНАСС не устанавливают значения полосы спектра излучения каждого из своих сигналов. Интерфейсный контрольный документ ГАЛИЛЕО такие сведения дает.
- В формировании ширины спектра сигнала на выходе приемника аппаратуры потребителя ГНСС участвует приемная антенна аппаратуры потребителя и ее приемники.

Вследствие ограничения спектра переход от одного значения КЭ к последующему происходит не мгновенно, как это показано на рис 1, а плавно. Ограничения по спектру отрицательно сказываются на возможности устранения воздействия МЛ. Для определенности при моделировании было предположено, что спектр сигнала формируется фильтром со столбовой амплитудно-частотной характеристикой. В качестве альтернативного варианта рассматривалось прохождение сигнала через физически осуществимую систему: фильтр Беттерворта 4-го порядка с полосой пропускания 20 МГц.

На рис.2 показаны огибающие сигнала, прошедшего такой фильтр, после инверсии фазы. Как было указано ранее, в зависимости от фазового смещения МЛ в начале нового КЭ имеет место уменьшение или возрастание огибающей. В случае рис.2 с целью его наглядности задержка МЛ была принята 240 нс.

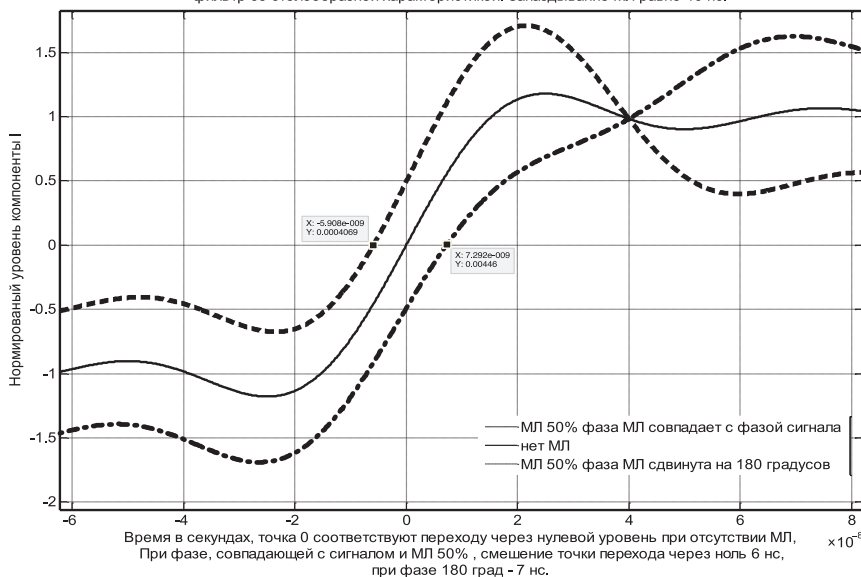
На рис. 3 показаны огибающие сигнала на временном интервале, следующем за инверсией фазы. Положение точки пересечения огибающей нулевого уровня зависит от уровня МЛ.

Таким образом, в зависимости от запаздывания, уровня и фазы МЛ наблюдается изменение формы огибающей после инверсии фазы и смещение по оси времени точки пересечения огибающей нулевого уровня. Приведенные примеры соответствуют случаю, когда инверсия фазы происходит от условного значения  $180^\circ$



**Рис. 2. Искажение формы после инверсии фазы при разных уровнях МЛ и ее фазового сдвига после прохождения через фильтр Беттерворта 4-го порядка**

Изменение квадратурной компоненты сигнала I после прохождения сигнала через фильтр со столбчатой характеристикой. Запаздывание МЛ равно 40 нс.



**Рис. 3. Показаны огибающие сигнала на временном интервале, следующем за инверсией фазы. Положение точки пересечения огибающей нулевого уровня зависит от уровня МЛ и его фазового сдвига**

к значению 0°. Если бы был принят обратный порядок изменения фазы (от 0° к 180°), то характер изменения остался бы тем же. Однако имело бы место изменения огибающей от большего к меньшему значению, при этом знак и величина относительного смещения точек пересечения нулевого уровня огибающей сигнала не изменился бы.

### 3. Варианты корреляционной обработки сигналов в ГНСС

Традиционный вариант корреляционной обработки сигналов был предложен на раннем этапе развития ГНСС в 70-е годы. Тогда это было единственно возможное решение, так как в то время использовались аналоговые методы обработки сигналов.

Аналоговый сигнал  $s(t)$  с выхода приемника умножался на копию сигнала  $h(t-\tau)$  и результат умножения поступал на интегратор, выходной сигнал которого  $Y(\tau)$  использовался для дальнейшей обработки:

$$Y(\tau) = \int_0^T s(t) \cdot h(t-\tau) \cdot dt. \quad (1)$$

Время интегрирование  $T_u$  намного превышает длительность элемента кода. Поэтому  $Y(\tau)$  содержит минимальные данные о форме КЭ. Величина  $Y(\tau)$  представляет собой значение взаимно корреляционной функции, вычисленной для одного значения аргумента  $\tau$ .

Этот алгоритм сохранился после внедрения цифровых методов обработки данных. В этом случае сигнал с выхода приемника преобразуется в цифровую форму с периодом дискретизации  $t_d$ . Последовательность цифровых выборок  $s(t_i)$  поступает на цифровой множитель, на второй вход которого поступает дискретная цифровая последовательность  $h(t_i-\tau)$ . Произведения  $s(t_i) \cdot h(t_i-\tau)$  суммируются в течение времени  $T_u$  и сумма  $Y(\tau)$  используется для дальнейшей обработки:

$$Y(\tau) = \sum_{i=1}^{T_u/t_d} s(t_i) \cdot h(t_i - \tau). \quad (2)$$

В результате получается цифровой аналог ВКФ, вычисленной для одного значения аргумента. В этом варианте выходной эффект также не дает необходимой информации о форме КЭ.

На вход накопителей каналов коррелятора поступают парные выборки квадратурных компонентов сигнала с частично или полностью исключенной частотой Доплера. Благодаря этому появляется

возможность получить величины, пропорциональные выборочным значениям огибающей КЭ по методу, излагаемому далее.

Ширина спектра сигнала  $B$ , поступающего на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), может быть согласована с сигналом. Когда применяется простой сигнал типа BPSK, то условием согласования будет соотношение:  $B \cdot \tau_C \approx 1$ . В случае применения ВОС ( $m, n$ ) – сигнала приближенным условием согласования будет:  $1,023e6 \cdot (m+n) \approx B$ . В этом случае может быть сформирована цифровая величина:

$$Z = \sum_{j=1}^{T_u = N \cdot \tau_C} s(t + j \cdot \tau_C) \cdot h(t_j), 0 \leq t < \tau_C. \quad (3)$$

Здесь  $N$  – число КЭ в кодовой последовательности. Величина  $Z$  считается вычислителем, и там может быть продолжено накопление и выполнена дальнейшая обработка полученных данных.

В этом случае на интервале, продолжительностью  $\tau_{C\_C}$  (или  $1/(m \cdot 1,023e6)$ ), снимается парная выборка в момент времени  $t$  (3). В (3) период дискретизации принимается равным длительности КЭ. Если ширина спектра согласована с сигналом, то при вычислении  $Z$  отношение сигнала к шуму не ухудшится по сравнению с  $Y(\tau)$ .

Последовательность  $h(t_i)$  состоит из последовательности  $+1$  и  $-1$ . Поэтому величина  $Z$  будет пропорциональна квадратурным компонентам сигнала, полученным в момент съема выборки. Таким образом, можно получить данные об искажении огибающей и фазы КЭ в заданных точках  $t$  на интервале длительностью  $\tau_{C\_C}$ .

#### 4. Суженный дискриминатор и его свойства

##### 4.1. Общепринятый и «суженный» дискриминаторы определения времени прихода сигнала в ГНСС

На рис.4 представлена структурная схема общепринятого технического решения, обеспечивающего сопровождение сигнала по коду и частоте для одного канала.

Входной сигнал поступает на комплексный смеситель. На комплексный смеситель поступает сигнал от синтезатора частоты и фазы несущей. Синтезатор частоты и фазы несущей управляется от дискриминатора, сигнал на выходе которого зависит от разности частот входного сигнала и сигнала синтезатора (частотный дискриминатор) или от разности фаз этих сигналов (фазовый дискриминатор).

На выходе комплексного смесителя образуются квадратурные сигналы  $I$  и  $Q$ . Каждый из этих сигналов для каждого из каналов, обрабатывающего сигнал от одного из НС, разветвляется по трем цепям. На рис.4 показан только один канал. В каждой цепи каждый из этих сигналов перемножается на псевдослучайную последовательность (ПСП), являющуюся копией ПСП, которой модулирован входной сигнал на НС. Эти сигналы-копии образуются генератором ПСП.

Сигнал генератора ПСП, поступающий на умножитель с надписью «раньше» опережает сигнал, обозначенный «позже» на время  $dt$ , не превосходящее длительность КЭ кодовой последовательности. Сигнал «раньше» опережает сигнал обозначенный «норма», на время  $dt/2$ . Сигнал генератора ПСП, поступающий на умножитель с надписью «позже», отстает от сигнала, обозначенного «норма» на время  $dt/2$ .

Результаты умножения, на рис.4, обозначенные  $I_{норма}$ ,  $I_{раньше}$ ,  $I_{позже}$ ,  $Q_{норма}$ ,  $Q_{раньше}$ ,  $Q_{позже}$ , поступают на сумматоры, и накапливаются в их аккумуляторах обычно в продолжении одной миллисекунды. Сигналы с аккумуляторов считываются вычислителем. После считывания аккумуляторы обнуляются.

Считываемые сигналы представляют собой выборочные значения ВКФ выходного сигнала комплексного смесителя и сигналов  $I_{норма}$ ,  $I_{раньше}$ ,  $I_{позже}$ ,  $Q_{норма}$ ,  $Q_{раньше}$ ,  $Q_{позже}$  в некоторых точках на временной оси  $t$ . В вычислителе эти сигналы используются для вычисления выходного эффекта дискриминатора, который

приводится далее. Для упрощения следующих далее выражений вместо  $I_{норма}$ ,  $I_{раньше}$ ,  $I_{позже}$ ,  $Q_{норма}$ ,  $Q_{раньше}$ ,  $Q_{позже}$  используются следующие обозначения:  $I_n$ ,  $I_p$ ,  $I_n$ ,  $Q_n$ ,  $Q_p$ ,  $Q_n$ . Отметим, что для каждого канала в этой схеме получают шесть значений ВКФ для моментов времени «раньше», «позже» и «норма».

На дискриминатор сопровождения по несущей поступают  $I_n$  и  $Q_n$ , на дискриминатор сопровождения по коду обычно подаются сигналы  $I_p$ ,  $I_n$ ,  $Q_p$ ,  $Q_n$ .

Из этих сигналов формируются выходные эффекты дискриминаторов.

Для изучения влияния МЛ рассматривается формирование выходного сигнала дискриминатора  $D_c$  по коду. Стандартный наиболее часто применяемый алгоритм образования сигнала рассогласования:

$$D_c = I_p^2 + Q_p^2 - I_n^2 - Q_n^2. \quad (4)$$

Величина  $D_c$  зависит от квадрата уровня сигнала, что затрудняет построение следящей системы сопровождения. Вариант, нормированный с целью независимости сигнала рассогласования от уровня сигнала:

$$D_c = \frac{I_p^2 + Q_p^2 - I_n^2 - Q_n^2}{I_p^2 + Q_p^2 + I_n^2 + Q_n^2}. \quad (4a)$$

Этот алгоритм при прочих равных условиях приводит к незначительному возрастанию шумовой составляющей ошибки измерения.

Для дальнейшего алгоритм (4) представим в следующем виде:

$$D_c = I_p^2 + Q_p^2 - I_n^2 - Q_n^2 = (I_p - I_n) \cdot (I_p + I_n) + (Q_p - Q_n) \cdot (Q_p + Q_n). \quad (5)$$

Но  $I_p + I_n \approx 2 \cdot I_n$  и  $Q_p + Q_n \approx 2 \cdot Q_n$ . Поэтому получим:

$$D_c = 2 \cdot [I_n \cdot (I_p - I_n) + Q_n \cdot (Q_p - Q_n)], \quad (6)$$

или в при нормировании:

$$D_c = \frac{I_n \cdot (I_p - I_n) + Q_n \cdot (Q_p - Q_n)}{I_n^2 + Q_n^2}. \quad (7)$$

Разности  $(I_p - I_n)$  и  $(Q_p - Q_n)$  могут быть получены, если принятый сигнал умножить не на сдвинутые ПСП «раньше» и «позже», а на разности этих ПСП (рис.5 и 6). На рис.5 представлены фрагменты псевдослучайных последовательностей «раньше» и «позже», а также их разность. Разность представляет собой импульсы с удвоенной по отношению к исходным фрагментам ПСП амплитудой. Длительность импульса не более длительности КЭ ПСП и равна  $dt$ . Однако при работе по сигналам кода С/А GPS и кода СТ ГЛОНАСС длительность этих импульсов может быть уменьшена (импульс может быть сужен). Уменьшение длительности импульса эквивалентно уменьшению относительного сдвига последовательностей «раньше» и «позже».

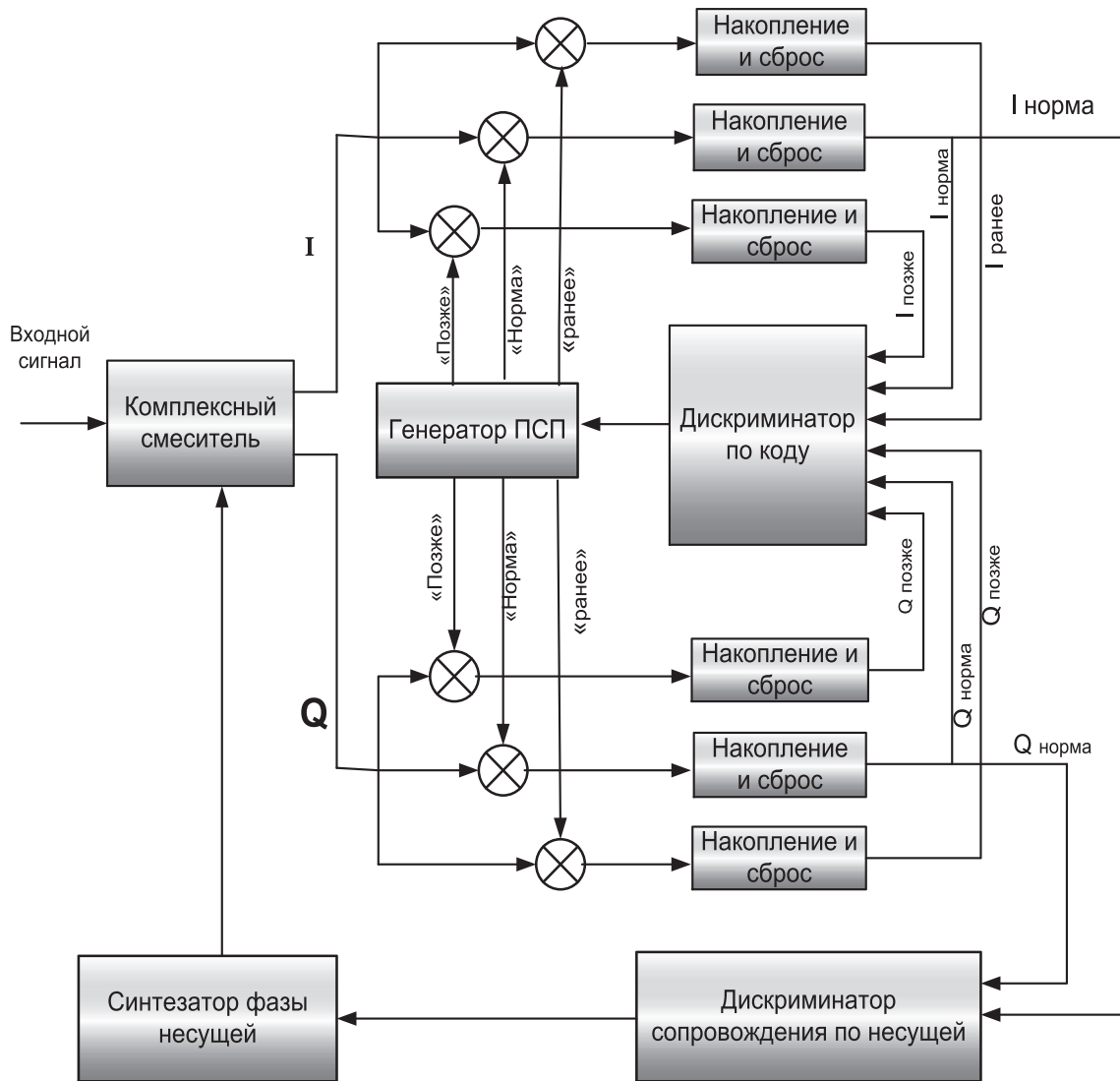


Рис. 4. Обычная схема сопровождения по коду и несущей

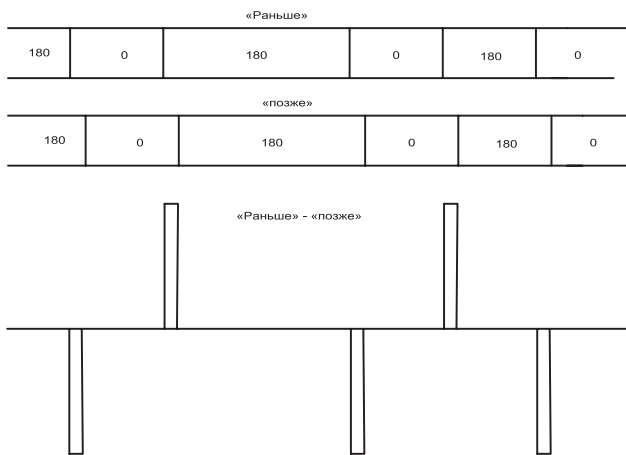


Рис. 5. Фрагменты псевдослучайных последовательностей «раньше» и «позже» и их разность

Дискриминатор с уменьшенным сдвигом «раньше» и «позже» при работе по сигналам кода C/A GPS и кода СТ ГЛОНАСС позволяет уменьшить влияние тепловых шумов на точность сопровождения по фазе кода и снизить погрешности от МЛ [8,9]. Такой дискриминатор получил наименование «суженный». Обычно, как уже

было указано ранее, сдвиг последовательностей принимается равным КЭ, в суженном дискриминаторе сдвиг принимается равным  $0,1...0,05$  длительности КЭ.

На рис.6 показана схема сопровождения по коду в случае суженного дискриминатора. В этом случае должны быть получены только четыре значения ВКФ, в отличие от стандартной схемы, где необходимо получить шесть значений ВКФ.

#### 4.2. Некоторые соотношения для суженного дискриминатора

Суженный дискриминатор по своим основным параметрам приближается к дискриминатору, обеспечивающему наиболее правдоподобную оценку времени прихода сигнала (раздел 5). Поэтому здесь даны соотношения, позволяющие оценить его эффективность. Громоздкие элементарные выкладки по выводу нижеследующих формул опускаются.

##### 4.2.1. Погрешности, вызванные шумами

Для дальнейшего вводятся следующие определения:

1. Отношение сигнала к шуму  $q$ :

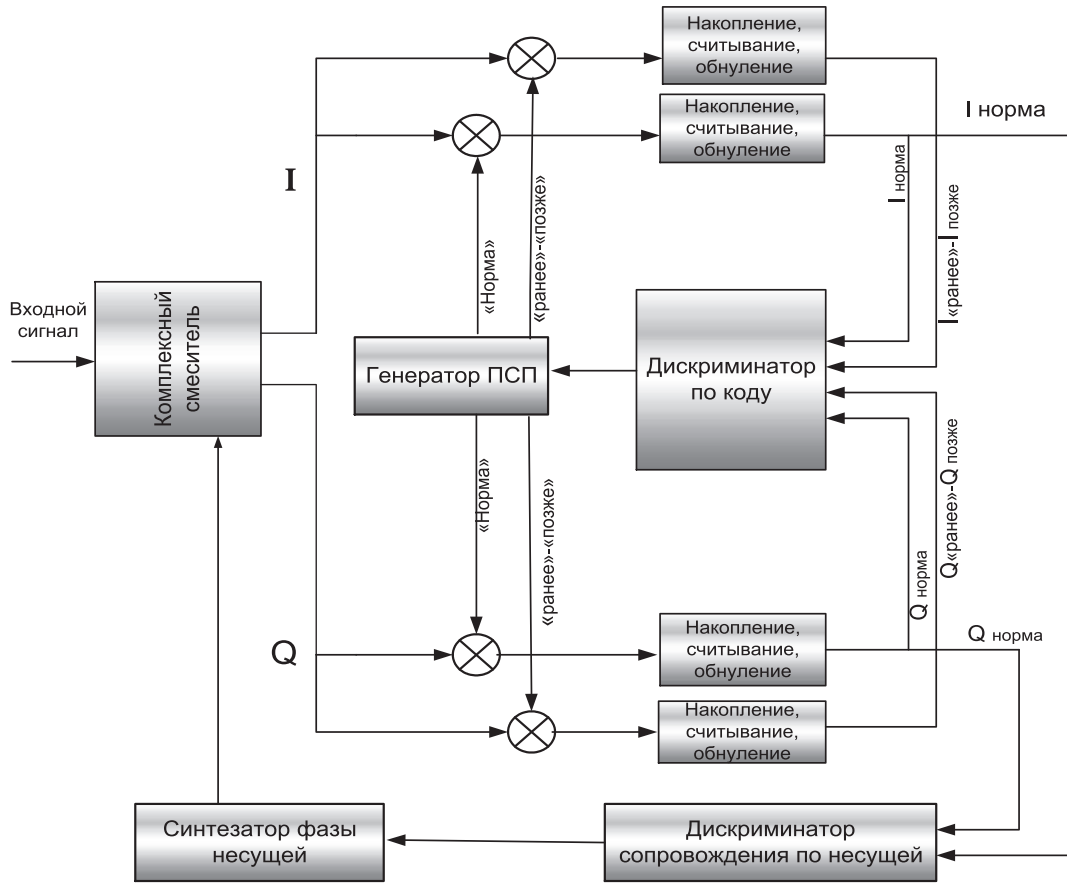


Рис. 6. Схема сопровождения с суженным дискриминатором

$$q = SNR \cdot \sqrt{T}. \tag{8}$$

Здесь  $SNR$  – отношение сигнала к шуму, определенному в полосе 1 Гц. Размерность  $SNR$  равна  $1/\sqrt{\text{время}}$ ,  $T$  – время измерения. Наиболее часто используется следующая форма представления  $SNR$  (signal-noise ratio).

$$SNR = 10^{\frac{Q}{20}}. \tag{9}$$

где  $Q$  – отношение уровня сигнала к уровню спектральной плотности шума в дБ\_Гц. Величина отношения сигнала к шуму единичной выборки и смеси сигнала и шума на выходе приемника с полосой  $B$  равна:

$$q = \frac{SNR}{\sqrt{B}}. \tag{10}$$

2. В случае отсутствия искажений, вызванных ограничением спектра, т.е. для идеальной автокорреляционной функции кодов С/А и СТ:  $R(t) = 1-t, 0 \leq t \leq 1$ . Сдвиг «раньше – позже»  $dt$ , отнесенный к длительности КЭ  $\tau_{C}$ , обозначается  $|\tau_R|, |\tau_R| = \frac{dt}{\tau_{C}} \leq 1$ .

В случае суженного дискриминатора без учета фильтрации:  $R(\tau/2) = 1-\tau/2, R(\tau) = 1-\tau, \sqrt{1-R(\tau)} = \sqrt{\tau}$ .

Для алгоритма дискриминатора (4) среднеквадратическая погрешность оценки времени прихода  $\sigma_\tau$  равна:

$$\sigma_\tau = \frac{1}{q} \cdot R\left(\frac{\tau}{2}\right) \cdot \sqrt{1-R(\tau)} \times \sqrt{1 + \frac{1+R(\tau)}{8 \cdot q^2 \cdot R^2\left(\frac{\tau}{2}\right)}} \cdot \tau_{C}. \tag{11}$$

Для идеального сигнала:

$$\sigma_\tau = \frac{1}{q} \cdot \left(1 - \frac{\tau_R}{2}\right) \cdot \sqrt{\tau_R} \times \sqrt{1 + \frac{2 - \tau_R}{8 \cdot q^2 \cdot \left(1 - \frac{\tau_R}{2}\right)^2}} \cdot \tau_{C}. \tag{12}$$

В том случае, когда полоса спектра  $B \leq 1/dt$

$$\sigma_\tau \approx \frac{1}{q} \cdot R\left(\frac{\tau}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{\tau_{C}}{B}} \times \sqrt{1 + \frac{1+R(\tau)}{8 \cdot q^2 \cdot R^2\left(\frac{\tau}{2}\right)}}. \tag{13}$$

В обычном дискриминаторе ( $|\tau_R|=1$ ),

$$R\left(\frac{\tau_R}{2}\right) = \frac{1}{2}, R(\tau_R) = 0: \sigma_\tau = \frac{1}{2 \cdot q} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{1}{2 \cdot q^2}\right)} \cdot \tau_{C}. \tag{14}$$

Для алгоритма дискриминатора (6):

$$D_C = 2 \cdot [I_n \cdot (I_p - I_n) + Q_n \cdot (Q_p - Q_n)]. \tag{15}$$

$$\sigma_\tau = \frac{1}{2 \cdot q} \cdot \sqrt{1-R(\tau)} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{1}{2 \cdot q^2}\right)} \cdot \tau_{C}. \tag{16}$$



В суженном дискриминаторе:

$$\sigma_{\tau} = \frac{1}{2 \cdot q} \cdot \sqrt{\tau_R} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{1}{2 \cdot q^2}\right)} \cdot \tau_{au} - C. \quad (17)$$

В том случае, когда полоса спектра  $B < 1/d\tau$

$$\sigma_{\tau} \cong \frac{1}{2 \cdot q} \cdot \sqrt{\frac{\tau_{au} - C}{B}} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{1}{2 \cdot q^2}\right)}. \quad (18)$$

В обычном дискриминаторе ( $|\tau_R|=1$ ):

$$\sigma_{\tau} = \frac{1}{2 \cdot q} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{1}{2 \cdot q^2}\right)} \cdot \tau_{au} - C. \quad (19)$$

Из (12,17) следует, что при  $B > 1/d\tau$  влияние шумов уменьшается пропорционально  $\sqrt{\tau_R}$ .

#### 4.2.2. Погрешности, вызванные МЛ

Влияние МЛ в случае дискриминатора (6) приводит к погрешности  $D_{\tau_{au}}$ :

$$D_{\tau_{au}} \cong \frac{d\tau}{2} \cdot \gamma \cdot \cos(\phi). \quad (20)$$

Здесь  $\gamma$  – отношение уровня отраженного сигнала к полезному ( $\gamma < 1$ ),  $\phi$  – фазовый сдвиг суммарного отраженного сигнала относительно полезного. Эта же формула с меньшей точностью может быть применена и в случае использования дискриминатора (4). Если  $B < 1/d\tau$ , то для оценки влияния МЛ на точность следует применить вариант формулы (20):

$$D_{\tau_{au}} \cong \frac{1}{2 \cdot B} \cdot \gamma \cdot \cos(\phi). \quad (21)$$

Численный пример:

- Погрешность, вызванная МЛ: пусть  $\gamma = 0,5$ ,  $\phi = 0^\circ$ ,  $d\tau = 100$  нс. Тогда из (20) следует  $D_{\tau_{au}} = 25$  нс, что соответствует 7,5 м.
- Погрешность, вызванная шумами: пусть  $Q = 40$  дБ/Гц,  $T = 1$  с,  $d\tau = 100$  нс и  $\tau_{au} - C = 1000$  нс. Тогда из (17) имеем:  $\sigma_{\tau} = 1,6$  нс, что соответствует 0,5 м.

Эти элементарные вычисления показывают, что ошибки, вызванные МЛ, даже в случае применения суженного дискриминатора, могут превышать ошибки, вызванные тепловыми шумами, в десятки раз.

### 5. Устранение погрешностей измерения времени прихода, вызванных МЛ

#### 5.1. Уравнение дискриминатора

Уравнение дискриминатора, обеспечивающего наиболее правдоподобную оценку времени прихода сигнала, известного точно, [10] записывается в виде:

$$\text{discr}(\tau) = \int_0^{\tau_{\text{code}}} X(t) \cdot H(t - \tau) \cdot dt. \quad (22)$$

где  $X(t)$  – комплексная огибающая принимаемого сигнала, представляющего собой сумму полезного сигнала и шума,  $H(t)$  – сигнал, синтезируемый в изделии.

Сигнал  $H(t)$  образуется в результате следующих

действий.

В основу закладывается, как уже указывалось, известная комплексная огибающая сигнала  $S(t)$ .

Огибающая сигнала  $S(t)$  должна быть преобразована в комплексно-сопряженную форму  $\dot{S}(t)$ .

Сигнал  $\dot{S}(t)$  должен быть смещен в общем случае на некоторую величину  $\tau$ .

Затем функция  $\dot{S}(t - \tau)$  должна быть продифференцирована по  $t$ :

$$H(t - \tau) = \frac{\partial \dot{S}(t - \tau)}{\partial t}. \quad (23)$$

Величина  $\tau$  в результате работы измерительной следящей системы устанавливается таким образом, чтобы математическое ожидание (МО) выходного сигнала дискриминатора равнялась бы нулю.

При этом дисперсия  $\sigma^2$  оценки времени прихода сигнала  $\tau$  будет равна [10]:

$$\sigma_{\tau}^2 = \frac{1}{q^2 \cdot \beta_{\tau}^2}, \quad (24)$$

$$\beta_{\tau}^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{\int_{-\infty}^{\infty} f^2 \cdot G(f) \cdot df}{\int_{-\infty}^{\infty} G(f) \cdot df}. \quad (25)$$

$G(f)$  – спектр  $S(t)$ . В случае столбчатой амплитудно-частотной характеристики:

$$\beta_{\tau} = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \cdot B \cong 1,8 \cdot B. \quad (26)$$

Вычисления показывают, что этой же формулой можно пользоваться как приближенной и для других амплитудно-частотных характеристик.

Если бы сигнал был таким, каким он показан на рис.1, т. е. неограниченным по спектру, то  $H(t)$  представляла бы собой дельта-функцию:  $H(t) = \delta(t)$ , поэтому  $\beta_{\tau} \rightarrow \infty$ , и  $\sigma_{\tau} \rightarrow 0$  при любых  $q$ . В этом случае из принимаемого сигнала должны быть взяты выборки единичными дельта-стробами. Их положение на временной оси было бы аналогично положению стробов для суженного дискриминатора, показанному на рис. 5.

Так как обработка сигналов квадратурная, выборки должны быть парными. Парные выборки получают с помощью АЦП на выходе приемника. Окрестность точки оценки, как это следует из изложенного ранее, имеет протяженность на временной оси около  $1/B$ .

Если тактовая частота работы АЦП существенно превышает ширину спектра сигнала  $B$ , то в принципе вместо одной пары стробов может быть использовано несколько пар стробов. Однако, выборки шумов в этом случае сильно коррелированы, поэтому существенного уменьшения влияния шумов не будет. В частности, полагая тактовую частоту АЦП 50 МГц при полосе спектра  $B = 40$  МГц и что вместо одной пары выборок используются три пары выборок, СКО погрешности, вызванная шумами, как показывает расчет, снижается только на 1,83 дБ.

Можно показать, что среднеквадратическая ошибка оценки времени прихода сигнала, вызванная шумами, равна:

$$\sigma_{\tau} \cong \frac{1}{2 \cdot q} \cdot \sqrt{\frac{\tau_{au} - C}{B}}. \quad (27)$$

Если применяется обычный дискриминатор ( $d\tau = \tau_{\text{C}}$  или  $\tau_R = 1$ ), отношение СКО оценки времени в случае применения оптимального дискриминатора по сравнению с обычным дискриминатором (19) будет примерно равно:

$$\frac{1}{\sqrt{\tau_{\text{C}} \cdot C \cdot B}}$$

Это означает, что при использовании кодов, с частотой следования КЭ 10,23еб и полосой спектра 20еб Гц оптимальный дискриминатор даст выигрыш только  $\approx 3$  дБ, однако, в том случае, когда частота следования КЭ 1,023еб выигрыш будет 13 дБ. При тех же условиях суженный дискриминатор  $d\tau = 50$  нс обеспечивает такую же точность оценки, что оптимальный дискриминатор. При  $d\tau = 50$  нс ( $d\tau = 1/B$ ) суженный дискриминатор может рассматриваться как оптимальный.

### 5.2. Устранение влияния МЛ на точность оценки времени прихода сигнала в ГНСС

Для расчета поправок к ошибкам, вызванным МЛ, необходимо исходить из представления переходного процесса, показанного на рис. 2 и рис. 3.

При наличии МЛ момент перехода уровня сигнала через нулевой уровень на оси времени смещается. Это смещение и есть погрешность определения времени прихода из-за МЛ. Признаком наличия МЛ и возникновения погрешности является неравенство уровней сигнала до и после инверсии фазы (раздел 2). Если уровень сигнала (по модулю) до инверсии фазы менее уровня сигнала после инверсии, то погрешность будет отрицательная, и, напротив, если уровень сигнала до инверсии фазы более уровня сигнала после инверсии, то погрешность будет положительной.

В разделе 3 показано, каким образом можно получить величины, пропорциональные уровням сигналов в точках до и после инверсии фазы. В том случае, если сопровождение по несущей выполняется ФАПЧ, в качестве уровня сигналов можно принять квадратурную составляющую  $I$ . В том случае, если используется ЧАП, то следует принять  $\sqrt{I^2 + Q^2}$ .

Обозначим уровни сигналов до и после инверсии фазы соответственно  $S1$  и  $S2$ .

На рис. 7 в упрощенном виде показано, как возникает погрешность.

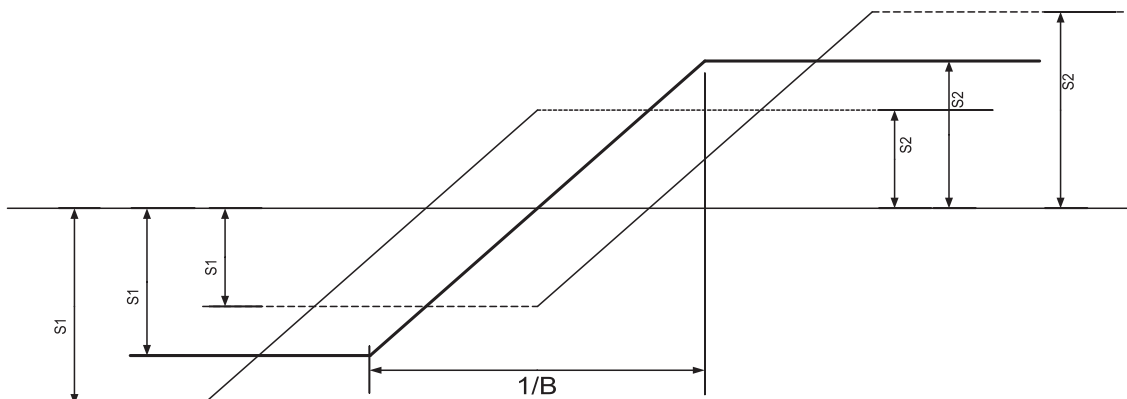


Рис. 7. К вычислению ошибки, вызванной МЛ

В отличие от рис. 2 огибающие, возникающие при переходном процессе, заменены прямыми линиями. Как показывают вычисления, эта замена вполне допустима при  $\gamma \leq 0,5$ . Тогда, следуя этому рисунку, если  $S1$  будет равна нулю, то погрешность  $\delta\tau$  будет равна  $-1/2 \cdot B$ . Если  $S2$  будет равна нулю, то погрешность  $\delta\tau$  будет равна  $1/2 \cdot B$ .

Кроме того, в первом приближении погрешность  $\delta\tau$  пропорциональна  $S1 - S2$ . Может быть показано, что будут иметь место соотношения:  $S1 = A \cdot F1(\gamma, \cos(\varphi))$ ,  $S2 = A \cdot F2(\gamma, -\cos(\varphi))$ , где  $A$  некоторый коэффициент,  $F1$  и  $F2$  - некоторые функции. В случае сопровождения по несущей с помощью ФАПЧ:  $F1 = 1 + \gamma \cdot \cos(\varphi)$  и  $F2 = 1 - \gamma \cdot \cos(\varphi)$ . В случае применения ЧАП:  $F1 = \sqrt{1 + \gamma^2 + 2 \cdot \gamma \cdot \cos(\varphi)}$ ,  $F2 = \sqrt{1 + \gamma^2 - 2 \cdot \gamma \cdot \cos(\varphi)}$ . Эти соотношения бесполезны, так как величины  $\gamma$  и  $\varphi$  неизвестны. Для того, чтобы устранить коэффициент  $A$  при вычислении  $S1 - S2$  образуем отношение:

$$R = \frac{|S1| - |S2|}{|S1| + |S2|}. R \text{ является функцией } \gamma \cdot \cos(\varphi). \text{ В случае}$$

применения ФАПЧ  $R = \gamma \cos(\varphi)$ , в случае применения

$$\text{ЧАП } R \approx \frac{\gamma \cdot \cos(\varphi)}{1 + \gamma^2}.$$

Так как при  $S1 = 0$ ,  $\delta\tau = -1/2 \cdot B$  и при  $S2 = 0$   $\delta\tau = 1/2 \cdot B$ , поэтому значение поправки вычисляется по формуле:

$$\delta\tau = \frac{|S1| - |S2|}{|S1| + |S2|} \cdot \frac{1}{2 \cdot B} = \frac{R}{2 \cdot B}. \quad (28)$$

Эта формула практически точная в случае применения ФАПЧ. В случае применения ЧАП она вполне применима при  $\gamma \leq 1/3$ .

В общем случае значение поправки  $\delta\tau$  является функцией отношения  $S1/S2$ . При наличии имитатора сигналов, имеющего функцию моделирования МЛ, для конкретного типа аппаратуры может быть измерена зависимость  $\delta\tau$  от отношения  $S1/S2$  для любого сигнала на выходе приемника.

Значения  $S1$  и  $S2$  должны быть получены следующим образом:

- в самом конце КЭ перед инверсией фазы должна быть получена из сигнала пара стробов. Они используются для вычисления  $S1$ ;

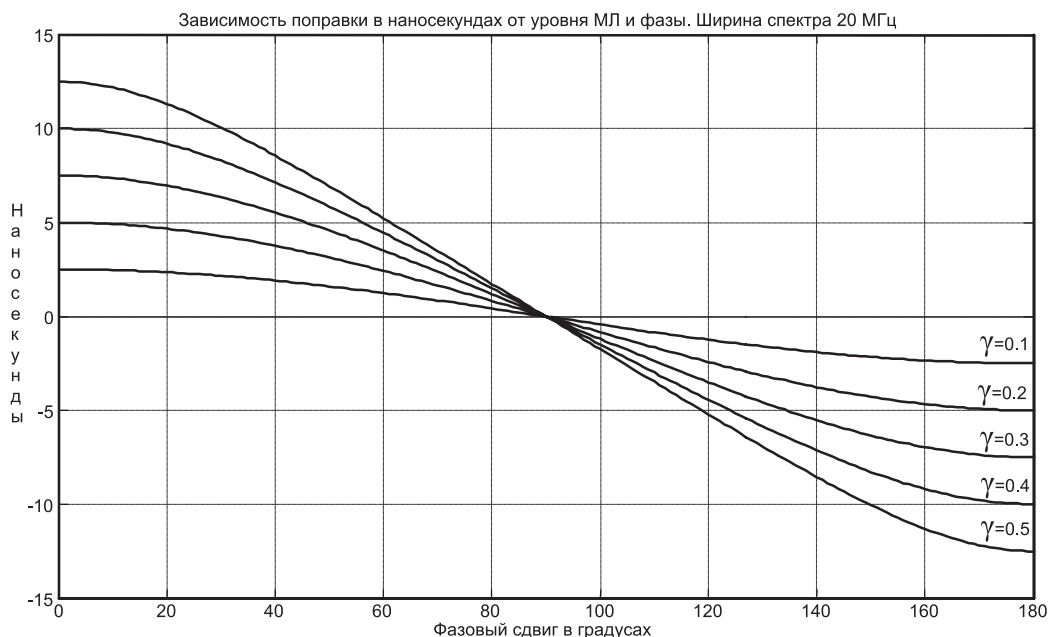


Рис. 8. Зависимость поправок от уровня МЛ  $\gamma$  и фазового сдвига  $\phi$

- со сдвигом, приблизительно равным  $1/B$  (точное значение величины сдвига выбирается опытным путем), уже на следующем КЭ должна быть получена пара выборок, которые используются для вычисления  $S_2$ . В отсутствие МЛ  $S_1=S_2$ ;
- эти пары выборок умножаются на кодовые последовательности, временное положение которых соответствуют моментам получения  $S_1$  до инверсии фазы и  $S_2$  после инверсии. В результате будут получены две пары ВКФ;
- эти значения ВКФ используются для получения величин, которые обозначены  $S_1$  и  $S_2$ ;
- после получения  $S_1$  и  $S_2$  по формуле (28) можно рассчитать поправку  $\delta\tau$ ;
- выборочные значения ВКФ  $S_1$  и  $S_2$  не используются для определения РНП, а только для расчета поправок для каждого канала приема сигнала ГНСС.

Вычисления показывают, что в случае правильного подбора точки «после инверсии» погрешности оценки  $\delta\tau$  при  $\gamma \leq 0,5$  имеет порядок  $0,5 \dots 1$  нс при  $SNR \geq 35$  дБ/Гц. Величина запаздывания отраженных сигналов и их число не сказываются на результате.

На рис. 8 показана вычисленная зависимость поправок от уровня МЛ  $\gamma$  и фазового сдвига  $\phi$ .

Вычисленная по формуле (28) величина поправки  $\delta\tau$  зависит от шумов измерений. Среднеквадратическое значение погрешности  $\sigma_R$  отношения  $R$  равно:

$$\sigma_R = 2 \cdot \frac{\sqrt{\sigma_{S1}^2 \cdot S1^2 + \sigma_{S2}^2 \cdot S2^2}}{(S1 + S2)^2} \quad (29)$$

Примем  $\sigma_{S1} = \sigma_{S2} = \sigma_S$ , и, учитывая, что  $S1^2 + S2^2 \approx 2$  и  $S1 + S2 \approx 2$ , получим:

$$\sigma_R = \frac{\sigma_S}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{B \cdot \tau_{au\_C}}}{2 \cdot q} \quad (30)$$

Тогда среднеквадратическая погрешность определения поправки  $\sigma_{\delta\tau}$  будет равна:

$$\sigma_{\delta\tau} = \frac{\sigma_R}{2 \cdot B} = \frac{1}{4 \cdot q} \cdot \sqrt{\frac{\tau_{au\_C}}{B}} \quad (31)$$

Численный пример:  $B=20$  МГц,  $\tau_{au\_C}=2$  мкс,  $Q=40$  дБ/Гц,  $T=1$  с, среднеквадратическая погрешность определения поправки  $\sigma_{\delta\tau}=0,8$  нс.

### 6. Устранение погрешностей измерения фазы сигнала, вызванных МЛ

Квадратурные значения выходных сигналов, которые использовались для вычисления  $S_1$  и  $S_2$ , соответствующие моментам начала и конца переходного процесса, следующего за инверсией фазы, позволяют вычислить фазы ( $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ ) в эти моменты времени:

$$\Phi_1 = \arctg \frac{Q_1}{I_1}, \quad \Phi_2 = \arctg \frac{Q_2}{I_2} \quad (32)$$

$\Phi_1$  и  $\Phi_2$  могут быть представлены следующим образом:

$$\Phi_1 = \Phi_0 + \Delta\Phi_1 \quad \text{и} \quad \Phi_2 = \Phi_0 + \Delta\Phi_2, \quad (33)$$

где  $\Phi_0$  – неискаженное значение фазы,  $\Delta\Phi_1$  и  $\Delta\Phi_2$  – приращения  $\Phi_0$ , вызванные МЛ. Приращения фазы, как легко показать, равны следующим значениям:

$$\Delta\Phi_1 = \arctg \left( \frac{\gamma \cdot \sin(\phi)}{1 + \gamma \cdot \cos(\phi)} \right)$$

или

$$\Delta\Phi_2 = -\arctg \left( \frac{\gamma \cdot \sin(\phi)}{1 - \gamma \cdot \cos(\phi)} \right) \quad (34)$$

при этом, если  $\Delta\Phi_1$  принимает первое значение (34),  $\Delta\Phi_2$  примет второе значение, и наоборот. Величина  $\Phi_0$  равна:

$$\begin{aligned} \Phi_0 &= \frac{I}{2} \cdot (\Phi_1 + \Phi_2) - \frac{I}{2} \cdot (\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2) = \\ &= \frac{I}{2} \cdot (\Phi_1 + \Phi_2) - \frac{I}{2} \cdot (\Phi_1 - \Phi_2). \end{aligned} \quad (35)$$

Значения  $\gamma$  и  $\phi$  неизвестны, поэтому  $\Delta\Phi_1$ ,  $\Delta\Phi_2$ , вычисленные по формулам (34), не могут быть использованы для вычисления  $\Phi_0$ . Однако, учитывая, что  $\Delta\Phi_1$  и  $\Delta\Phi_2$  близкие по модулю величины, можно определить приближенное значение  $\Phi_0$ , которое обозначено как:

$$\tilde{\Phi} = \frac{1}{2} \cdot (\Phi_1 + \Phi_2). \quad (36)$$

При этом,

$$\delta\Phi = \Phi_0 - \tilde{\Phi} = \frac{1}{2} \cdot (\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2).$$

Значение  $\delta\Phi$  вычисляется по следующей формуле:

$$\delta\Phi = \frac{1}{2} \cdot \arctg\left(\frac{\gamma^2 \cdot \sin(2 \cdot \phi)}{1 - \gamma^2 \cdot \cos(2 \cdot \phi)}\right). \quad (37)$$

На рис. 9 показана зависимость  $\delta\Phi$  от  $\gamma$  и  $\phi$ .

С целью упрощения дальнейших выкладок выражения для арктангенса в (34) заменяется первым членом его разложения в ряд. Тогда будет получено приближенное выражение для  $\delta\Phi$ :

$$\delta\Phi \cong \frac{\gamma^2}{2} \cdot \frac{\sin(2 \cdot \phi)}{1 - \gamma^2 \cdot \cos^2(\phi)}. \quad (38)$$

Может быть показано, что погрешность от замены выражения (37) его приближенным значением будет не более  $\gamma^5$ . Эта погрешность соответствует примерно  $1,8^\circ$ . На рис. 10 приведены зависимости  $\delta\Phi$  от фазового сдвига, рассчитанные для  $\gamma=0,5$ . При этом максимальное значение разницы значений менее  $1,1^\circ$ .

Разность  $\Phi_1 - \Phi_2$  не зависит от  $\Phi_0$  и равна  $\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2$ . Учитывая (34), можно вычислить вспомогательную величину  $\Phi_s$ :

$$\Phi_s = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{2} = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{2}. \quad (39)$$

Для вычисления  $\Phi_s$  величины  $\Delta\Phi_1$  и  $\Delta\Phi_2$  заменяются их приближенными значениями:

$$\Delta\Phi_1 = \frac{\gamma \cdot \sin(\phi)}{1 + \gamma \cdot \cos(\phi)}, \quad \Delta\Phi_2 = -\frac{\gamma \cdot \sin(\phi)}{1 - \gamma \cdot \cos(\phi)}. \quad (40)$$

Погрешность такой замены также не превышает  $\gamma^5$ . Тогда приближенное значение

$$\Phi_s = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{2} = \frac{\gamma \cdot \sin(\phi)}{1 - \gamma^2 \cdot \cos^2(\phi)}. \quad (41)$$

Теперь  $\delta\Phi$  может быть представлена в виде:

$$\begin{aligned} \delta\Phi &= \gamma^2 \cdot \frac{\sin(\phi) \cdot \cos(\phi)}{1 - \gamma^2 \cdot \cos^2(\phi)} = \\ &= \arctg\left[\frac{\gamma \cdot \sin(\phi)}{1 - \gamma^2 \cdot \cos^2(\phi)} \cdot \gamma \cos(\phi)\right]. \end{aligned} \quad (42)$$

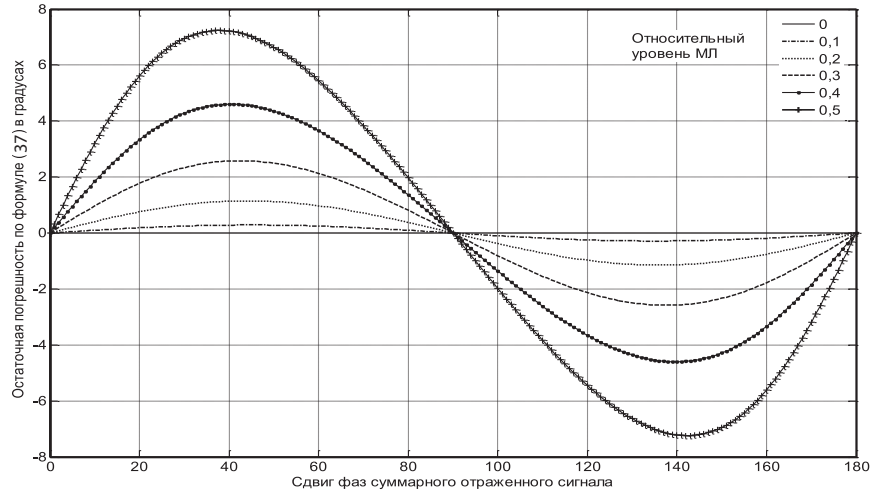


Рис. 9. Остаточная величина влияния МЛ на фазу сигнала

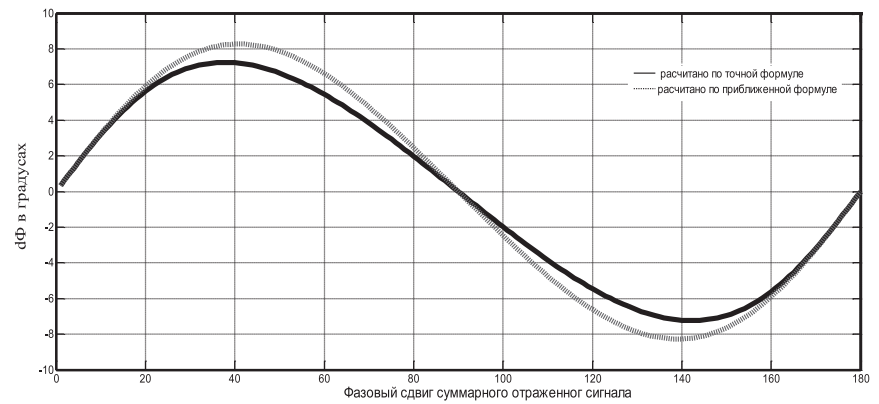


Рис. 10. Значения  $\delta\Phi$ , вычисленные по формулам (37) и (38)

После подстановки в последнюю формулу  $\Phi_s$  из (28) с учетом, что  $\gamma \cdot \cos(\phi) \cong R$ , получим:

$$\delta\Phi \cong \Phi_s \cdot R = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{2} \cdot R,$$

$$\Phi_0 = \frac{\Phi_1 + \Phi_2}{2} + \delta\Phi = \frac{\Phi_1 + \Phi_2}{2} + \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{2} \cdot R. \quad (43)$$

Вычисления показывают, что погрешность определения  $\delta\Phi$  по этой формуле при  $\gamma=0,5$  не превышает  $1,5^\circ$ , при меньших  $\gamma$  они становятся пренебрежимо малыми.

Нетрудно показать, что  $\delta\Phi$  всегда можно выразить как функцию от двух переменных:  $\Phi_s$  и  $R$ . Это значит, что для конкретной реализации аппаратуры с применением имитатора может быть получена и помещена в память вычислителя таблица, позволяющая практически устранить влияние МЛ на измеряемую фазу при любых огибающих сигнала.

### 7. Вопросы аппаратной реализации алгоритмов, обеспечивающих работу в условиях многолучевости

После начальной инициализации (поиска и приема цифровой информации) сопровождение по коду и несущей выполняется в обычной схемной конфигурации (рис. 4 или рис. 6). Затем конфигурация

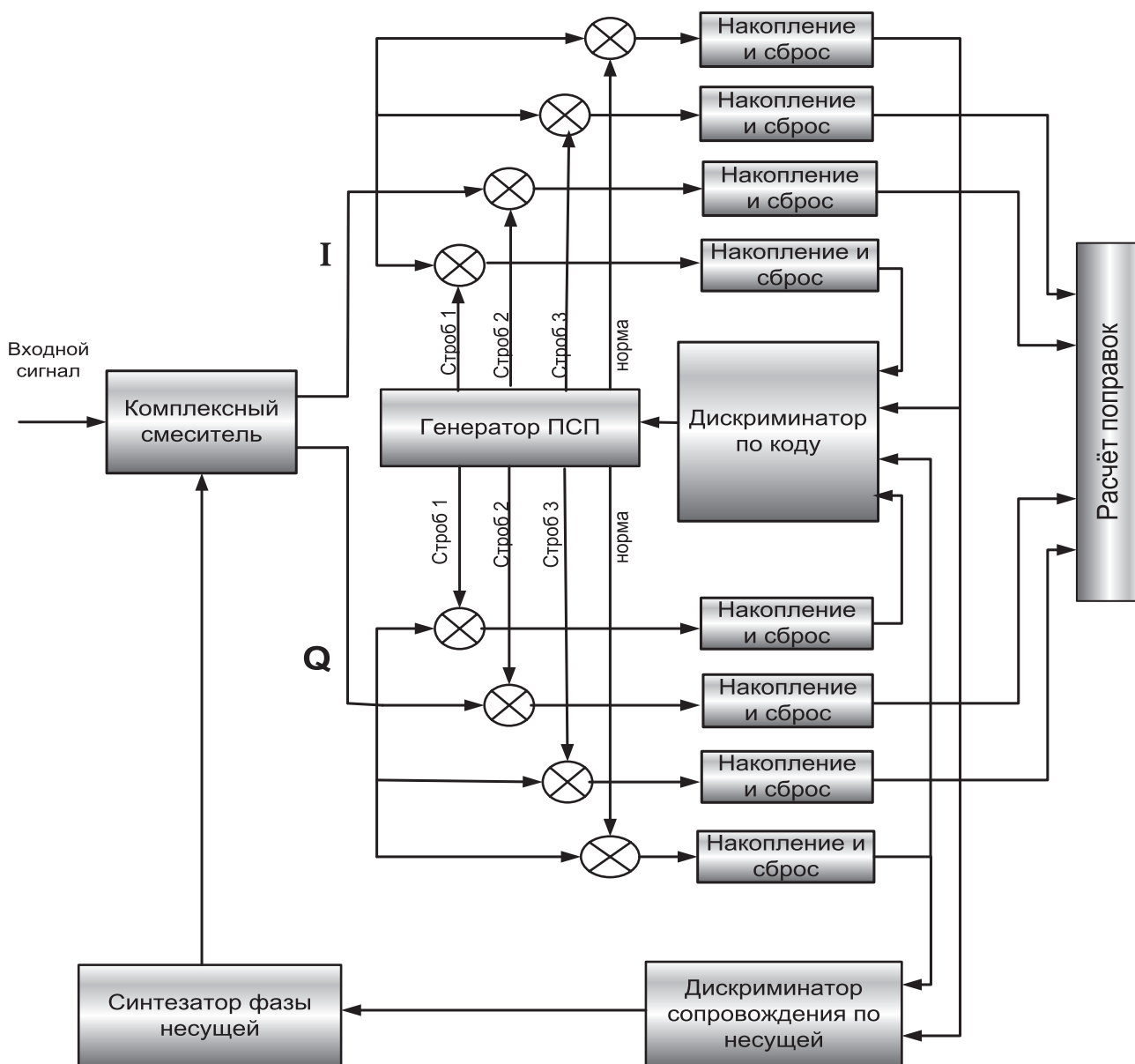


Рис. 11. Схема сопровождения по коду и несущей в условиях МЛ

перестраивается в соответствии с рис.11. Эти изменения относятся к изменению режима работы генератора ПСП, который начинает вырабатывать стробы в соответствии с правилами, указанными в разделе 3. На рис.11 строб 1 используется для получения квадратурных компонент для дискриминатора по коду. Стробы 2 и 3 соответствуют началу инверсии фазы и ее окончанию. Эти стробы используются для получения квадратурных компонент для вычисления коррекции сопровождения по коду и по фазе несущей. В этом случае должны быть получены шесть значений квадратурных компонент.

Эти же сигналы могут быть использованы вместо сигналов «норма» в том случае, если обеспечивается условие согласования используемого спектра и спектра сигнала. Если условие согласования не выполняется, то должно быть обеспечено получение квадратурных сигналов «норма» и использование этих сигналов для дискриминаторов по коду и несущей. Именно этот

вариант представлен на рис.11. В этом случае должны быть получены восемь значений квадратурных компонент. Дополнительная пара квадратурных компонент – это единственная плата за улучшение точностных характеристик при работе в присутствии МЛ.

### 8. Основные характерные особенности метода и вопросы его реализации

В основу метода заложены радиофизические представления о суперпозиции радиотехнических сигналов, которые в настоящее время находятся вне области творческих интересов большинства специалистов-разработчиков. Поэтому, очень простые принципы, на которых основан метод, являются трудно понимаемыми. По-видимому, в этом будет заключаться главное препятствие его внедрения.

В основу измерения ошибок МЛ закладывается не статистическая модель ошибок, а понимание того обстоятельства, что:

1. МЛ вызывает изменение фазы сигнала, наибольшее в конце КЭ, т. е. перед началом инверсии фазы по окончании КЭ, и это изменение фазы не зависит от модели интерферирующих сигналов, а только от их суммарного уровня. Изменение фазы сигнала после инверсии в начале следующего КЭ по модулю близко к изменению фазы до инверсии на предшествующем КЭ. Разность фаз до и после инверсии легко рассчитывается по элементарным формулам электротехники.
2. После инверсии фазы огибающая сигнала меняется, при этом огибающая в определенной точке на временной оси пересекает нулевой уровень. Следствием суперпозиции полезного сигнала и суммарного отраженного сигнала момент пересечения нулевого уровня смещается. Величина этого смещения зависит только от соотношения уровней огибающей КЭ до инверсии, и после инверсии. Это смещение рассчитывается по простейшим формулам, оно и есть погрешность измерения времени прихода сигнала, вызываемая МЛ.

Каждый канал коррелятора нуждается только в двух вспомогательных накопителях. Их временное положение не должно изменяться во время работы, для данного сигнала. Такой корр он должно устанавливается в заводских условиях елятор по своей сложности и тактовой частоте фактически не отличается от корреляторов приемников общего назначения.

Все оценки эффективности метода легко вычисляются. Ограничение по уровню сигналов определяются не возможностью расчета поправок на воздействие МЛ, а работоспособностью традиционной части аппаратуры потребителя.

Единственным фактором, определяющим степень ослабления воздействия МЛ, является эффект Гиббса, вызванный ограничением спектра сигнала. Уменьшение влияния эффекта Гиббса достигаются применением специальных цифровых фильтров

на входах каналов коррелятора. Моделирование показывает, что применение Хаар-вейвлет фильтров практически полностью устраняет эффекта Гиббса. В случае устранения эффекта Гиббса может быть практически полностью устранено влияние МЛ.

После ввода в ГЛОНАСС новых сигналов коррелятор и формулы расчета поправок могут быть оставлены без изменений.

Метод может быть реализован в приборе любого назначения практически без существенного увеличения его сложности и стоимости.

Объем журнальной статьи не позволяет привести материалы сравнительного анализа метода Вэйла («vision correlator») и данного метода. Тем не менее, следует указать, что по эффективности подавления эффекта многолучевости и сложности, а следовательно, стоимости аппаратуры данный метод имеет значительные преимущества.

## 9. Заключение

Выполненный анализ проблемы многолучевости и ее влияния на точность измерения радионавигационных параметров в аппаратуре потребителя ГНСС позволяет утверждать:

- погрешности определения радионавигационных параметров за счет МЛ можно существенно снизить;
- для этого необходимо незначительно изменить коррелятор;
- исходные данные для вычисления поправок к измерениям, учитывающие влияние многолучевости, это две пары квадратурных компонентов, получаемых из модифицированного коррелятора;
- из материала статьи следует алгоритм вычисления и учета поправок;
- число отраженных сигналов не влияет на качество устранения влияния многолучевости, единственным условием при этом является требование, чтобы их суммарный уровень был бы не менее чем в 1,5 раза ниже уровня полезного сигнала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hannan B. M. Modelling and Simulation of GPS Multipath Propagation. Dissertation. Queensland University of Technology, 2001.
2. Chang C-L., Juang J-C. An Adaptive Multipath Mitigation Filter for GNSS Application Proceedings of 2005 CACS Automatic Control Conference, Tainan, Taiwan, Nov 18-19, 2005.
3. Benachenhou K., Sari E. and Hammadouche M. Multipath Mitigation in GPS/Galileo Receivers with Different Signal Processing Techniques. 5<sup>th</sup> International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications, March 22-26, 2009. Tunisia.
4. Sahnoudi M., Landry R. Jr. Multipath Mitigation Techniques Using Maximum-Likelihood Principle. «Inside-GNSS». November/December. 2008
5. Weill L. R. Achieving Theoretical Accuracy Limits for Pseudorange in the Presence of Multipath, Proceedings of ION GPS-95.
6. Van Dierendonck J., Fenton P. and Ford T. Theory and Performance of Narrow Correlator Spacing in a GPS Receiver, Navigation (USA), v.39, № 3, 1992
7. Kaplan E. D., Hegarty C. J. Understanding GPS. Principles and Applications. Artech House, 2006.
8. Вудворд Ф. М. Теория вероятностей и теория информации с применением в радиолокации.— М.: «Сов. радио». 1957.



УДК 621.396.98 УДК 621.396.988.7

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ОЖИДАЕМОЙ ТОЧНОСТИ АСТРОИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

*А. В. Коровин, Ю. А. Соловьев, Д. А. Устюжанин*

*В статье рассматриваются методические вопросы оценки ожидаемой точности астроинерциально-спутниковой системы летательного аппарата. Используются методы математического моделирования процессов измерений и оптимального последовательного оценивания переменных состояния моделей. Приводятся примеры расчета ожидаемой точности для некоторых частных случаев*

**Ключевые слова:** *Астроинерциальная, ГЛОНАСС, радионавигационная, система, спутниковая, GPS*

## METHODOLOGICAL ISSUES OF ESTIMATING AN EXPECTED ASTRO-INERTIAL SATELLITE SYSTEM ACCURACY

*A. V. Korovin, Yu. A. Soloviev, D. A. Ustiuzhanin*

*The paper considers methodological problems of estimating the expected accuracy of the astro-inertial satellite system of a flying vehicle. Mathematic modeling methods are used for the measurement processes and optimal sequential estimation of the model variable status. Examples are given of expected accuracy calculations for a number of partial cases*

В настоящее время актуальным является создание воздушных платформ — летательных аппаратов, пилотируемых и беспилотных, осуществляющих длительных полеты (в течение нескольких дней и более) с решением важных задач по высокоточному наблюдению за наземной обстановкой. Такие задачи могут решаться в самых различных, включая и неблагоприятные, условиях. При этом летательные аппараты (ЛА) должны оснащаться навигационными комплексами, включающими разнообразное автономное и неавтономное радиотехническое оборудование. Одними из наиболее перспективных являются астроинерциальные навигационные системы [1–8] и приемники спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS [9], образующие при использовании соответствующих алгоритмов комплексирования и специальных конструктивных решений астроинерциально-спутниковые системы. Такие системы потенциально могут обеспечивать высокие точностные характеристики определения всех основных навигационных параметров: координат места ЛА, времени, скорости и углов ориентации в различных режимах полета. Одним из примеров таких систем может служить разработанная фирмой Нортроп-Грумман (Northrop Grumman) астроинерциально-спутниковая система LN-120G [2], используемая, в частности, для оборудования самолета RC-135 ВВС США.

Интегрированная астроинерциально-спутниковая система является также универсальным «программно-аппаратным ядром» перспективных систем управления ракет-носителей и разгонных блоков [3].

Необходимо отметить, что приводимые в известных источниках точностные характеристики этих систем отличаются фрагментарностью и в ряде случаев неопределенностью. В то же время такие системы отличаются высокой сложностью и стоимостью за счет привлечения прецизионных измерителей различной природы. Большим разнообразием, обусловленным различными условиями полета и окружающей обстановки, отличаются и режимы работы системы. Среди таких режимов — автономный чисто инерциальный режим; астроинерциальный режим, предполагающий совместную работу бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) и астрокорректора (астродатчика), который закреплен на «платформе» — в кардановом подвесе, управляемом БИНС; астроинерциальный режим с использованием дополнительных скоростных измерений для «демпфирования» вертикали; астроинерциальный режим без специального демпфирования с использованием спутниковых измерений и др.

Предполагаются также различные режимы использования астродатчика: визирование одного светила, одновременное визирование двух и более светил, очередное визирование светил и т. д.

Поэтому получение предварительных оценок ожидаемых точностных характеристик астроинерциально-спутниковой системы в различных режимах работы представляется актуальным, позволяющим определить наиболее рациональные пути ее создания и возможного применения.

Целью работы является разработка методического аппарата оценки ожидаемой точности астроинерциально-спутниковой системы, а также получение в качестве примеров предварительных результатов для некоторых частных случаев.

Работа включает создание и обоснование математических моделей измерений и сопутствующих им погрешностей, а также применение алгоритмов оптимального последовательного оценивания для вычисления ожидаемых точностных характеристик комплексирования измерителей, получаемых в ходе математического моделирования. Вычисленные точностные характеристики определения навигационных параметров представляют собой потенциальные характеристики и являются верхними границами ожидаемой точности. Они реализуются, как известно, в случаях точного совпадения используемой при расчетах и действительной модели динамической системы объекта, статистических характеристик шумов и возмущений, а также начальных условий. При отступлении от этого точностные характеристики рассматриваемой системы снижаются относительно рассчитанной верхней границы. Расчет таких оценок потенциальной точности важен на предварительных этапах работ по созданию сложных комплексных систем, когда неизвестен конкретный их облик и имеются лишь некоторые представления о качестве входящих подсистем, а также о том, что скорее всего алгоритмы комплексирования будут строиться на основе методов оптимального последовательного оценивания с целью получения некоторых точностных характеристик, приближающихся к потенциальным.

Таким образом, под ожидаемыми точностными характеристиками определения навигационных параметров комплексной системы мы понимаем некоторое множество показателей вблизи потенциальных точностных характеристик как верхних границ достижимой точности.

При этом предполагается, что используемые модели подсистем достаточно близко описывают действительно происходящие процессы.

Необходимо отметить, что начало таким исследованиям точностных характеристик положили работы [1, 4–6] и некоторые другие, относившиеся тогда большей частью к оценке возможностей платформенных инерциальных и астроинерциальных систем. Новизну нашей работы определяет то, что предполагается совместное использование БИНС, астрокорректора и спутникового приемника сигналов систем ГЛОНАСС/GPS.

**Модель оценки ожидаемой точности системы**

Структурная схема создаваемой модели оценки ожидаемой точности астроинерциально-спутниковой системы представлена на рис.1. Она включает модель полета, модели измерений БИНС, астроизмерений и спутниковых измерений, а также алгоритмы комплексирования и обработки навигационной информации, в основе которых находятся методы оптимального последовательного оценивания.

**Модели используемых процессов**

Основным процессом при моделировании является траектория полета ЛА, которая строится в соответствии с известными принципами, изложенными, например, в монографии [10]. Модель траектории (полета) представляется некоторыми функциями времени. Наиболее полной схемой формирования измерений БИНС является схема, использующая формирование сигналов угловых скоростей и линейных ускорений, соответствующие заданному движению ЛА как твердого тела. Эти сигналы являются входными для решения уравнений БИНС. Нами используется упрощенная схема, когда на заданную траекторию «накладываются» погрешности измерений БИНС, получаемые в ходе решения системы дифференциальных уравнений ошибок БИНС. Это оправдано для стремления получить предварительные ожидаемые точностные характеристики сложного комплекса в условиях большого числа неопределенностей при его создании и последующем использовании. Предполагается, что, исходя из заданной траектории, навигационные измерители определяют основные параметры полета ЛА, а БИНС, кроме того, определяет также параметры ориентации ЛА. Определение параметров полета и ориентации характеризуется гауссовыми ошибками, динамические модели которых будут описаны ниже.

**Модель БИНС.** В частности, модель ошибок БИНС в индикаторном режиме может быть представлена известной моделью погрешностей с вектором состояния  $\xi_1^T = [\Delta r_n, \Delta r_e, \Delta r_h, \Delta V_n, \Delta V_e, \Delta V_h, \Phi_n, \Phi_e, \Phi_h, \varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \Delta A_x, \Delta A_y, \Delta A_z]$  описываемым следующими дифференциальными уравнениями ошибок [11, 12]:

$$\begin{aligned} \Delta \dot{r}_n &= -\dot{L} \sin B \Delta r_e + \dot{B} \Delta r_h + \Delta V_n, \\ \Delta \dot{r}_e &= \dot{L} \sin B \Delta r_n + \dot{L} \cos B \Delta r_h + \Delta V_e, \\ \Delta \dot{r}_h &= -\dot{B} \Delta r_n - \dot{L} \cos B \Delta r_e - c_1 \Delta r_h + \Delta V_h, \\ \Delta \dot{V}_n &= -\frac{f_h + g}{R} \Delta r_n + \frac{f_e \operatorname{tg} B}{R} \Delta r_e - (2\Omega + \dot{L}) \sin B \Delta V_e + \\ &\quad + \dot{B} \Delta V_h - f_h \Phi_e + f_e \Phi_h + \Delta A_n, \\ \Delta \dot{V}_e &= -\frac{f_h + g + f_n \operatorname{tg} B}{R} \Delta r_e + (2\Omega + \dot{L}) \sin B \Delta V_n + \\ &\quad + (2\Omega + \dot{L}) \cos B \Delta V_h + f_h \Phi_n - f_n \Phi_h + \Delta A_e, \\ \Delta \dot{V}_h &= \frac{f_n}{R} \Delta r_n + \frac{f_e}{R} \Delta r_e + \left( \frac{2g}{R} - c_2 \right) \Delta r_h - \dot{B} \Delta V_n - \\ &\quad - (2\Omega + \dot{L}) \cos B \Delta V_e - f_e \Phi_n + f_n \Phi_e + \Delta A_h, \\ \dot{\Phi}_n &= -\frac{\Omega \sin B}{R} \Delta r_n + \left( \frac{V_h}{R^2} + \frac{\dot{B}}{R} \operatorname{tg} B \right) \Delta r_e + \frac{\dot{L} \cos B}{R} \Delta r_h + \\ &\quad + \frac{\Delta V_e}{R} - (\Omega + \dot{L}) \sin B \Phi_e + \dot{B} \Phi_h + \varepsilon_n, \\ \dot{\Phi}_e &= -\frac{V_h}{R^2} \Delta r_n + \frac{\dot{L} \sin B}{R} \Delta r_e - \frac{\dot{B}}{R} \Delta r_h - \frac{\Delta V_n}{R} + \\ &\quad + (\Omega + \dot{L}) \sin B \Phi_n + (\Omega + \dot{L}) \cos B \Phi_h + \varepsilon_e, \\ \dot{\Phi}_h &= \left( \frac{\Omega \cos B}{R} + \frac{\dot{L}}{R \cos B} \right) \Delta r_n - \frac{\operatorname{tg} B}{R} \left( \dot{B} \operatorname{tg} B + \frac{V_h}{R} \right) \Delta r_e - \\ &\quad - \frac{\dot{L}}{R} \sin B \Delta r_h - \frac{\operatorname{tg} B}{R} \Delta V_e - \\ &\quad - \dot{B} \Phi_n - (\Omega + \dot{L}) \cos B \Phi_e + \varepsilon_h, \end{aligned} \tag{1}$$



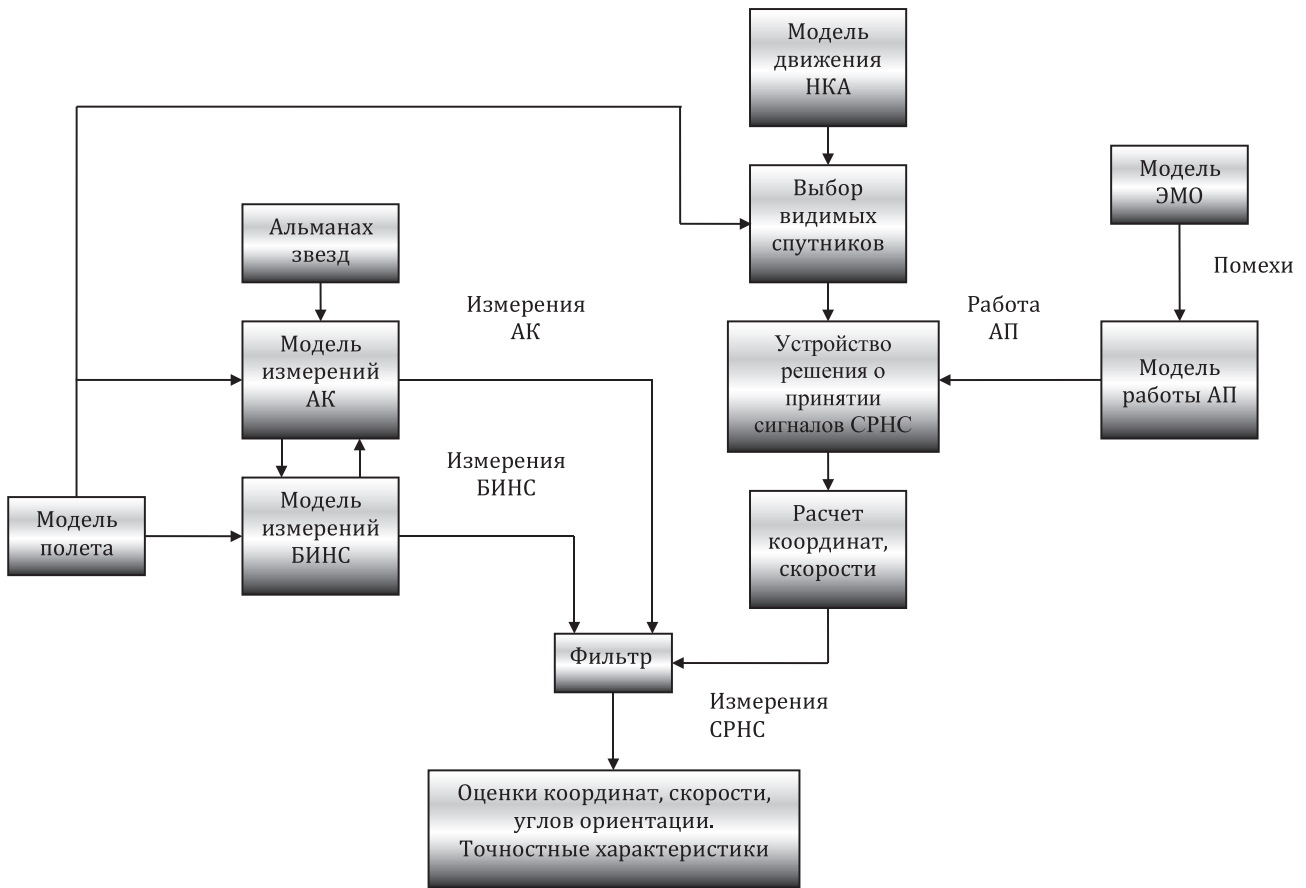


Рис. 1. Общая блок-схема моделирования

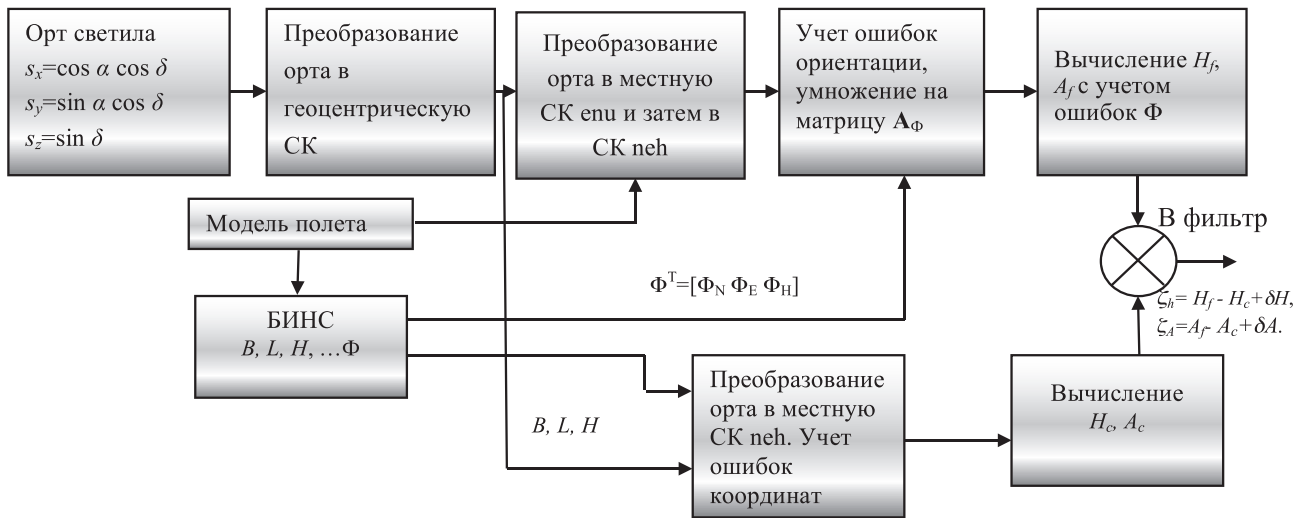


Рис. 2. Модель формирования астроизмерений

где  $B, L, H$  – соответственно широта, долгота и высота ЛА над уровнем опорного эллипсоида,  $\Delta r_n, \Delta r_e, \Delta r_h$  – линейные ошибки определения координат в направлениях соответственно «Север (n), Восток (e), Вниз (d или h)»;  $\Delta V_n, \Delta V_e, \Delta V_h$  – составляющие скоростей;  $\Phi_n, \Phi_e, \Phi_h$  – погрешности ориентации;  $\epsilon_n, \epsilon_e, \epsilon_h$  – скорости дрейфов опорного трехгранника;  $\Delta A_n, \Delta A_e, \Delta A_h$  – ошибки акселерометров в осях опорного трехгранника;  $f_n, f_e, f_h$  – показания акселерометров;  $\Omega$  и  $R$  – соответственно угловая скорость вращения и радиус Земли;  $c_1$  и  $c_2$  – коэффициенты демпфирования вертикального канала

БИНС. Предполагается, что в общем случае проектирование составляющих по строительным осям  $x, y, z$  (b) на оси  $n, e, h$  (L) осуществляется с помощью известной [13] матрицы перехода  $R_{L/b}$ . Т.е.  $\Delta A_L = R_{L/b} \times \Delta A_b$  и  $\epsilon_L = R_{L/b} \times \epsilon_b$ ,  $\Delta A_L = [\Delta A_n \Delta A_e \Delta A_h]^T$ ,  $\Delta A_b = [\Delta A_x \Delta A_y \Delta A_z]^T$ ,  $\epsilon_L = [\epsilon_n \epsilon_e \epsilon_h]^T$ ,  $\epsilon_b = [\epsilon_x \epsilon_y \epsilon_z]^T$ . При этом предполагается также, что

$$\Delta \dot{A}_i = u_{Ai}, \quad \dot{\epsilon}_i = u_{ei}, \quad i = x, y, z, \quad (2)$$

где  $u_{Ai}, u_{ei}$  – возбуждающие белые шумы соответствующих переменных.

В нашем случае для простоты примем, что имеет место близость строительных осей  $x, y, z$  с осями  $n, e, h$ .

Как видно, приведенная модель ошибок предполагает замену радиусов кривизны меридианного сечения и первого вертикала неким эквивалентным радиусом Земли. Обоснованность такого решения подтверждается расчетами, которые показывают, что соответствующие погрешности при вычислении дополнительных (к угловой скорости вращения Земли) угловых скоростей не превышают сотых долей процента, а также находятся существенно ниже уровней скоростей дрейфов гироскопов порядка  $0,01^\circ/\text{ч}$  и ошибок за счет акселерометров с погрешностями на уровне  $10^{-4}g$ .

### Модель формирования астроизмерений

Структурная схема модели работы астрокорректора приведена на рис. 2.

Процесс астроизмерений предполагает следующее. Единичный вектор (орт)  $s_i$ , направленный на светило, в общем случае в экваториальной абсолютной (инерциальной) системе координат (СК) записывается в виде

$$s_i = \begin{bmatrix} \cos \alpha \cos \delta \\ \sin \alpha \cos \delta \\ \sin \delta \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  и  $\delta$  – соответственно прямое восхождение и склонение светила [1, 14], находящиеся в альманахе системы.

После преобразования в геоцентрическую, а затем и в местную систему координат «Север (n), Восток (e), Вниз (h)» (neh) вектор  $s$  представляется в виде:

$$s_{neh} = \begin{bmatrix} \cos B \sin \delta - \sin B \cos \delta \cos T \\ -\cos \delta \sin T \\ -\sin B \sin \delta - \cos B \cos \delta \cos T \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где

$$T = S_{G0} + \Omega t - \alpha + L, \quad (5)$$

$S_{G0}$  – гринвичский часовой угол;

$L$  – долгота ЛА;

$t$  – время.

При этом

$$s_{neh} = A_{neh/enu} \times R_{L/G} \times R_{G/I} \times s_i, \quad (6)$$

где  $R_{G/I}$  – матрица преобразования составляющих вектора из инерциальной системы координат (СК) в геоцентрическую вращающуюся СК [15],  $R_{L/G}$  – матрица преобразования составляющих вектора из геоцентрической вращающейся СК в местную СК  $e, n, u$  (Восток, Север, вверх) или  $enu$  [13].  $A_{neh/enu}$  – матрица преобразования составляющих вектора из СК  $enu$  в СК  $neh$ .

Здесь, используя работы [11–15], запишем:

$$R_{G/I} = \begin{bmatrix} \cos(S_{G0} + \Omega t) & \sin(S_{G0} + \Omega t) & 0 \\ -\sin(S_{G0} + \Omega t) & \cos(S_{G0} + \Omega t) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$R_{L/G} = \begin{bmatrix} -\sin L & \cos L & 0 \\ -\cos L \sin B & -\sin L \sin B & \cos B \\ \cos L \cos B & \sin L \cos B & \sin B \end{bmatrix} \quad (8)$$

где  $B$  и  $L$  – истинные значения широты и долготы ЛА,

$$A_{neh/enu} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Заметим, что создание бортовых алгоритмов преобразования и обработки требует более детального учета особенностей движения Земли – прецессии, нутации, смещения мгновенного положения полюса [8]. Для наших целей проведения предварительного анализа точностных характеристик ограничимся более простой моделью, учитывающей лишь суточное вращение Земли.

Наблюдаемыми параметрами астродатчика являются высота  $H$  и азимут  $A$  светила, определяемые в местной системе координат и получаемые из составляющих вектора  $s_{neh}$ :

$$H = \arcsin\left(\frac{s_h}{1}\right) = -\arcsin[\sin B \sin \delta + \cos B \cos \delta \cos(S_{G0} - \alpha + L)], \quad (10)$$

$$A = \arctg\left(\frac{s_e}{s_n}\right) = \arctg\left[\frac{\cos \delta \sin(S_{G0} - \alpha + L)}{\sin B \cos \delta \cos(S_{G0} - \alpha + L) - \cos B \sin \delta}\right], \quad (11)$$

$s_n, s_e, s_h$  – составляющие орта  $s_{neh}$ .

Кроме того,

$$S_{G0} = S_{G0} + \Omega t. \quad (12)$$

$\alpha, \delta, S_{G0}$  – берутся из альманаха, который формируется на основе данных «Астрономического ежегодника» [16] на время моделирования полета и процесса навигационных определений.

Орт  $s_{nehF} = [s_{nF} s_{eF} s_{hF}]$  с учетом ошибок ориентации измерительной «платформы» в соответствии с [14] может быть представлен в виде:

$$s_{neh\Phi} = A_{\Phi} s_{neh}, \quad (13)$$

где в предположении малости ошибок ориентации  $\Phi_n, \Phi_e, \Phi_h$

$$A_{\Phi} = \begin{bmatrix} 1 & \Phi_h & -\Phi_e \\ -\Phi_h & 1 & \Phi_n \\ \Phi_e & -\Phi_n & 1 \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Наблюдаемые и фиксируемые телескопом (камерой) высота  $H_f$  и азимут  $A_f$  светила представляются соотношениями

$$H_f = \arcsin(s_{h\Phi}), \quad A_f = \arctg\left(\frac{s_{e\Phi}}{s_{n\Phi}}\right). \quad (15)$$

Орт  $s_{nehQ} = [s_{nQ} s_{eQ} s_{hQ}]$  с учетом ошибок координат ЛА представляется соотношениями (6) ÷ (9), если использовать  $B$  и  $L$  с учетом ошибок БИНС. Орт  $s_{nehQ}$

в соответствии с [14] может быть также представлен в практически эквивалентном виде:

$$\mathbf{s}_{neh\Theta} = \mathbf{A}_{\Theta} \mathbf{s}_{neh}, \quad (16)$$

где

$$\mathbf{A}_{\Theta} = \begin{bmatrix} 1 & \Theta_h & -\Theta_e \\ -\Theta_h & 1 & \Theta_n \\ \Theta_e & -\Theta_n & 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

в предположении малости  $\Theta_n, \Theta_e, \Theta_h$ . При этом  $\Theta_n = \Delta r_c / R$ ,  $\Theta_e = -\Delta r_n / R$ ,  $\Theta_h = -\Theta_n \operatorname{tg} B$ .

Тогда расчетные высота  $H_c$  и азимут  $A_c$  светила представляются соотношениями

$$H_c = \arcsin(s_{h\Theta}), \quad A_c = \operatorname{arctg}\left(\frac{s_{e\Theta}}{s_{n\Theta}}\right). \quad (18)$$

Разности между фиксируемыми и расчетными высотами и азимутами светила с соответствующими ошибками

$$\zeta_A = A_f - A_c + \delta A \quad \text{и} \quad \zeta_H = H_f - H_c + \delta H \quad (19)$$

являются входами – «наблюдениями» для алгоритма фильтра, использующего алгоритмы оптимального последовательного оценивания [17]. При этом предполагается, что погрешности  $\delta A$  и  $\delta H$  включают квазисистематические  $DH$  и  $DA$  (постоянные в течение одной реализации) и чисто случайные (белый шум) составляющие, обусловленные рефракцией лучей в атмосфере, деформациями и соответствующими искажениями астроокна, вибрациями, погрешностями средств передачи информации, а также другими причинами [1].

Ковариационная матрица  $\mathbf{R}_A$  чисто случайных ошибок при условии их независимости имеет вид  $\mathbf{R}_A = \operatorname{diag}(\sigma_A^2, \sigma_H^2)$ , где  $\sigma_A$  и  $\sigma_H$  – среднеквадратические ошибки (СКО) измерения азимута и высоты. В общем же случае желательно использовать и смешанные моменты. Квазисистематические погрешности учитываются соответствующими переменными в векторе состояния.

Известно [1,14], что для обеспечения достаточной наблюдаемости переменных состояния необходимо иметь не менее двух звезд, направления на которые не являются коллинеарными и горизонтальные проекции которых в лучшем случае являются ортогональными. В наших алгоритмах используется периодический «перевод» оси визирования со звезды на звезду. При этом предполагается, что статистические характеристики случайных ошибок и смещения остаются в этом процессе постоянными.

### Модель спутниковых измерений.

Предполагается, что модель спутниковых измерений (рис.1) в общем случае включает в себя модели движения космических аппаратов (КА) ГЛОНАСС и GPS, модель определения видимых созвездий и допустимых сигналов с учетом электромагнитной обстановки (ЭМО), а также характеристик антенного подавателя (АП) помех, когда решение о возможности

использования сигнала того или иного спутника принимается по факту непревышения имеющим место конкретным отношением «помеха/сигнал» соответствующего порогового отношения.

Далее считается, что по сигналам используемого созвездия КА определяется совокупность псевдодальностей и псевдоскоростей, по которым посредством решения известной навигационной задачи [9] вычисляются координаты ( $B_S, L_S, H_S$ ) и составляющие скорости ЛА ( $V_{Sn}, V_{Se}, V_{Sh}$ ), а также соответствующие ковариационные матрицы погрешностей этого решения  $\mathbf{R}_S$ . СКО ошибок определения координат и составляющих скорости принимаются примерно на уровне 10 м и 0,1 м/с соответственно.

Тогда «измерениями» для фильтра, как обычно, оказываются разности:

$$\zeta_n = (B_I - B_S) R, \quad \zeta_e = (L_I - L_S) R \cos B, \quad \zeta_h = H_I - H_S, \quad (20)$$

где  $B_I, L_I, H_I$  – координаты ЛА, определенные БИНС;

$$\zeta_{Vn} = V_{In} - V_{Sn}, \quad \zeta_{Ve} = V_{Ie} - V_{Se}, \quad \zeta_{Vh} = V_{Ih} - V_{Sh}, \quad (21)$$

где  $V_{In}, V_{Ie}, V_{Ih}$  – составляющие скорости, определенные БИНС.

Таким образом, общий вектор наблюдений астроинерциально-спутниковой системы может быть представлен в виде

$$\zeta^T = [\zeta_n \ \zeta_e \ \zeta_h \ \zeta_{Vn} \ \zeta_{Ve} \ \zeta_{Vh} \ \zeta_{Bh} \ \zeta_A \ \zeta_H], \quad (22)$$

где  $\zeta_{Bh} = H_I - H_B$  и индекс «B» относится к измерению баровысоты [1, 18].

### Комплексная обработка информации и оценка точностных характеристик

Для определения ожидаемых точностных характеристик комплексирования информации астроинерциально-спутниковой системы использовалось понятие потенциальной точности и алгоритмы оптимальной последовательной фильтрации, полученные Р. Калманом [17], которые позволяют обеспечить минимальные значения погрешностей определения навигационных параметров.

Процедура оценки потенциальной точности предполагает описание погрешностей навигационного комплекса с помощью вектора состояния  $\xi^T = [\xi_n^T \ \xi_c^T]$ , где  $\xi_n$  и  $\xi_c$  – векторы состояния для описания погрешностей БИНС (1), (2) и средств коррекции соответственно. При этом предполагается, что динамическая система, описывающая поведение вектора состояния  $\xi$ , представляется в непрерывном виде посредством векторно-матричного дифференциального уравнения:

$$\dot{\xi} = \mathbf{A}\xi + \mathbf{u}_{\xi}, \quad (23)$$

где  $\mathbf{u}_{\xi}$  – вектор возбуждающих белых шумов, или в дискретной форме:

$$\xi_k = \Phi_{k/k-1} \xi_{k-1} + \mathbf{u}_{\xi k} \quad (23a)$$

Фундаментальная или переходная матрица (матрица Грина)  $\Phi_{k/k-1}$  в общем случае есть

решение матричного дифференциального уравнения  $\dot{\Phi} = A\Phi$  [19]. Для  $A = \text{const}$   $\Phi = \Phi_{k/k-1} = e^{A\Delta T}$ , где  $\Delta T = t_k - t_{k-1}$  или даже  $\Phi = I + A\Delta T$ ,  $I$  – соответствующая единичная матрица.

Предполагается также, что  $u_{\xi}^T = [u_{\xi}^T \quad u_{\xi C}^T]$ , где  $u_{\xi}^T = [0 \dots 0 u_{eN} u_{eE} u_{eH} u_{AN} u_{AE} u_{AH}]$ , а  $u_{\xi C}$  – вектор возбуждающих шумов погрешностей средств коррекции. Матрица  $A$  в (23) представляется в виде:

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & A_C \end{bmatrix},$$

где  $A_1$  и  $A_C$  – матрицы систем дифференциальных уравнений БИНС и корректоров соответственно. Вектор наблюдений  $\zeta_k$  (22) максимально насчитывает 9 переменных, полученных за счет измерений координат, высоты и скорости СРНС, БИНС, баровысоты, азимута и высоты светила. Погрешности определения координат с помощью СРНС описываются смещениями  $\Delta r_{NS} = \text{const}$ ,  $\Delta r_{ES} = \text{const}$ ,  $\Delta r_{HS} = \text{const}$  и белыми шумами, а погрешности определения скорости по данным СРНС – только белыми шумами. При этом предполагается неизменность рабочего созвездия КА. Для описания ошибок определения баровысоты также использовалась одна квазипостоянная составляющая общего вектора состояния. Таким образом, «наибольший» (при одновременной работе всех описанных средств) вектор состояния соответствующей динамической системы имеет размерность, равную 21.

Основываясь на алгоритмах ОПФ, используемые нами алгоритмы обработки информации, которые учитывают разложение в ряд Тейлора и линеаризацию в (19), имеют вид

$$\begin{aligned} \hat{\xi}_{k/k} &= \hat{\xi}_{k/k-1} + G_k (\zeta_k - C_k \hat{\xi}_{k/k-1}), \\ G_k &= P_{k/k-1} C_k^T (C_k P_{k/k-1} C_k^T + R_k)^{-1}, \\ P_{k/k} &= (I - G_k C_k) P_{k/k-1} (I - G_k C_k)^T + G_k R_k G_k^T, \\ P_{k/k-1} &= \Phi_{k/k-1} P_{k-1} \Phi_{k/k-1}^T + Q_k, \\ \hat{\xi}_{k/k-1} &= \Phi_{k/k-1} \hat{\xi}_{k-1}, \end{aligned} \quad (24)$$

где вектор наблюдений  $\zeta_k$  в максимальном варианте представлен выражениями (20) ÷ (22).

Используя соотношения (13) ÷ (19) и линеаризацию в (15) и (16) в предположении относительной малости всех ошибок, получим значения элементов матрицы наблюдений  $C$ , представленной в (24). Все элементы  $C$  являются нулевыми, кроме следующих:

$$\begin{aligned} C(1,1) &= C(2,2) = C(3,3) = C(4,4) = C(5,5) = C(6,6) = \\ &= C(7,7) = C(8,20) = C(9,21) = 1; C(1,16) = C(2,17) = \\ &= C(3,18) = C(7,19) = -1; \\ C(8,1) &= (\text{tg} H_c \times \sin A_c) / R; \\ C(8,2) &= (-\text{tg} B_c - \text{tg} H_c \times \cos A_c) / R; \\ C(8,7) &= \text{tg} H_c \times \cos A_c; \\ C(8,8) &= \text{tg} H_c \times \sin A_c; \\ C(8,9) &= -1; \\ C(9,1) &= \cos A_c / R; \\ C(9,2) &= \sin A_c / R; \end{aligned}$$

$$C(9,7) = -\sin A_c;$$

$$C(9,8) = \cos A_c.$$

Здесь  $C(i,j)$  – элемент матрицы  $C$ , расположенный на  $i$ -й строке и  $j$ -м столбце.

Ковариационная матрица  $Q_k$  дискретного белого шума определяется как  $Q_k = E\{u_{\xi k} u_{\xi k}^T\}$ , где  $E\{\cdot\}$  служит для обозначения операции вычисления математического ожидания. В общем случае она представляется посредством соотношения:

$$Q_k = \int_{t_{k-1}}^{t_k} \Phi(\tau, t_{k-1}) Q_{\xi}(\tau) \Phi^T(\tau, t_{k-1}) d\tau,$$

где  $Q_{\xi}(\tau)$  – матрица интенсивностей непрерывных белых шумов. Использование этого выражения и упрощенных соотношений для  $\Phi$  позволяет получить для малых интервалов  $\Delta T$  приближенные соотношения для  $Q_k$ .

В соотношениях (24)  $P_k = E\{\tilde{\xi}_k \tilde{\xi}_k^T\}$ ;  $P_{k/k-1} = E\{\tilde{\xi}_{k/k-1} \tilde{\xi}_{k/k-1}^T\}$  – ковариационные матрицы ошибок оценки  $\tilde{\xi}_k = \xi_k - \hat{\xi}_k$  и  $\tilde{\xi}_{k/k-1} = \xi_k - \hat{\xi}_{k/k-1}$ ,  $\hat{\xi}_k, \hat{\xi}_{k/k-1}$  – оценки вектора  $\xi_k$  на основании обработки результатов измерений в моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_k$  и  $t_1, t_2, \dots, t_{k-1}$  соответственно. Расчеты начинаются с задания априорных матриц  $P_0$ .

Ковариационная матрица белых шумов измерений  $R_k$  ( $9 \times 9$  в максимальном варианте) состоит из расположенных по диагонали матрицы ошибок спутниковых измерений  $6 \times 6$  [9], дисперсии ошибок измерений баровысоты и матрицы ошибок астроизмерений  $R_A$ . Эта матрица может изменяться в зависимости от изменения исследуемого режима работы средств коррекции.

Прогнозирование на время  $t_p$  оценок  $\hat{\xi}_k$  осуществляется на основе линейного соотношения

$$\hat{\xi}(t_p / t_k) = \Phi(t_p, t_k) \hat{\xi}_k. \quad (25)$$

Если вектор навигационных параметров (координаты, составляющие скорости и т. д.) БИНС имеет вид

$$\eta_a(t) = \eta(t) + M_a(t) \xi(t), \quad (26)$$

где  $\eta(t)$  – истинное значение параметров, то коррекция показаний  $\eta_a(t_p)$  осуществляется на основе соотношения

$$\hat{\eta}(t_p / t_k) = \eta_a(t_p) - M_{ap} \hat{\xi}(t_p / t_k), \quad (27)$$

где матрица  $M_{ap}$  – определяется структурой вхождения  $\xi$  в показания автономных средств.

Точность прогноза  $\hat{\xi}_p$  (автономного режима) будет характеризоваться ковариационной матрицей

$$P(t_p / t_k) = \Phi(t_p, t_k) P(t_k / t_k) \Phi^T(t_p, t_k) + Q(t_p, t_k). \quad (28)$$

Потенциальная точность определения навигационных параметров  $\eta$  рассчитывается с помощью ковариационной матрицы

$$\begin{aligned} P_{\eta}(t_p / t_k) &= E\{(\tilde{\eta} t_p / t_k) \tilde{\eta}^T(t_p / t_k)\} = \\ &= M_{ap} P(t_p / t_k) M_{ap}^T, \end{aligned} \quad (29)$$

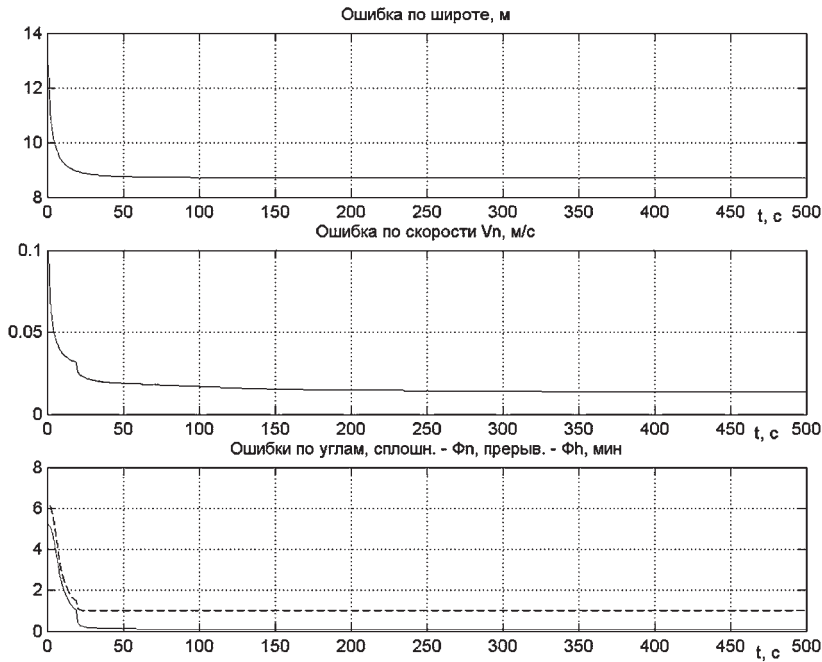


Рис. 3. СКО определения навигационных параметров

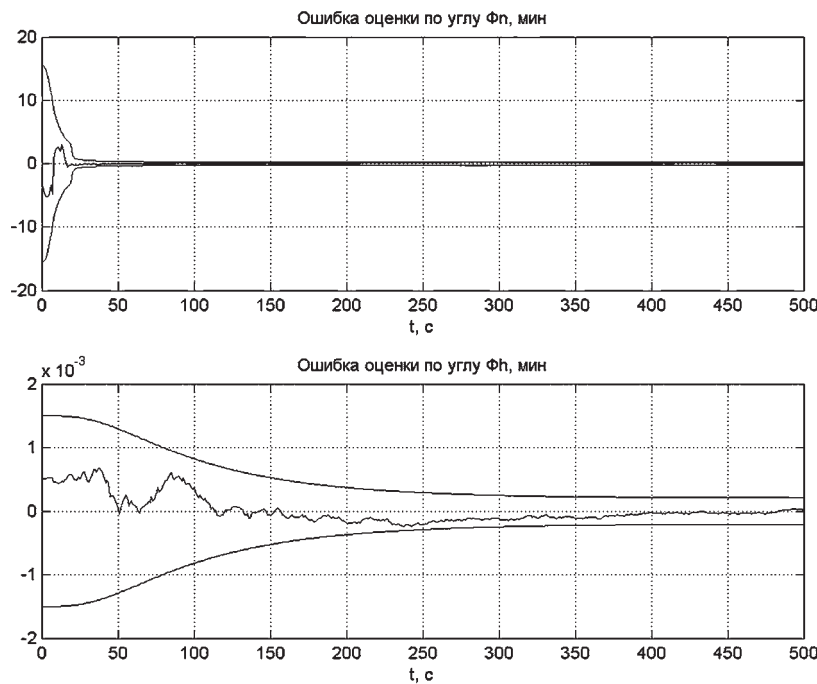


Рис. 4. Ошибки оценки навигационных параметров

где  $(\tilde{\eta}_{t_p/t_k})$  – вектор соответствующих погрешностей оценки  $\eta(t_p)$ .

Ковариационные матрицы  $P_{k/k} = P(t_k/t_k)$ ,  $P_{p/k} = P(t_p/t_k)$ ,  $P_h(t_p/t_k)$  и их диагональные элементы, корни квадратные которых представляют собой среднеквадратические значения ошибок оценки вектора состояния и соответствующих навигационных параметров, представляют собой конкретные показатели для оценки потенциальной точности комплексной навигационной системы. Справедливость использования этих показателей подтверждается проверками с помощью метода статистических испытаний.

### Предварительные результаты исследований

На рис. 3–8 в качестве примеров использования предложенного методического подхода приведены результаты моделирования совместной работы БИНС с квазисистематическими дрейфами гироскопов на уровне 0,01 град./ч и рассмотренных средств коррекции. Так, на рис. 3 представлены точностные характеристики (СКО) определения координат ( $B$ ), скорости  $V_n$ , вертикали  $\Phi_n$  и ошибки угловой ориентации относительно вертикальной оси опорного трехгранника  $\Phi_h$  («курса») для случая совместной обработки информации БИНС, астрокорректора и спутникового приемника. При этом они находятся на уровне: 10 м по широте, 2 см/с по скорости, десятков угловых секунд по вертикали и 1 угл. мин по курсу (соответствует уровню систематической ошибки измерения азимута светила). На рис. 4 приведены реализации соответствующих погрешностей оценки ошибок вертикали  $\Phi_n$  и курса  $\Phi_h$ , находящиеся в «трубке  $\pm 3\sigma$ ».

На рис. 5 представлены точностные характеристики комбинированного режима работы рассматриваемых средств: на интервале от 0 до 400 с работает БИНС со спутниковым приемником и «баровысотометром» (БВ); при этом осуществляется довыставка БИНС по углам до уровня  $\sim 5...6$  угл. мин по курсу и лучше 1 угл. мин по вертикали. Точность определения координат и скорости составляет соответственно  $\sim 10$  м и менее 0,1 м/с. Далее на интервале времени от 400 до 1000 с предполагается работа только БИНС с БВ. В конце этого интервала СКО определения координат и скорости составляют соответственно  $\sim 50$  м и  $\sim 0,2$  м/с.

Далее, на интервале от 1000 до 1100 с следует спутниковая коррекция и затем после ее прекращения начинается работать астрокорректор без демпфирования вертикали с помощью дополнительной скоростной информации (интервал времени от 1100 до 1700 с).

Отметим, что расчеты проведены для частоты измерений 1 Гц и времени визирования одного светила – 20 с.

При этом СКО определения координат и скорости возрастают до уровня  $\sim 35$  м и 0,12 м/с, что существенно лучше аналогичных показателей «чистой» БИНС

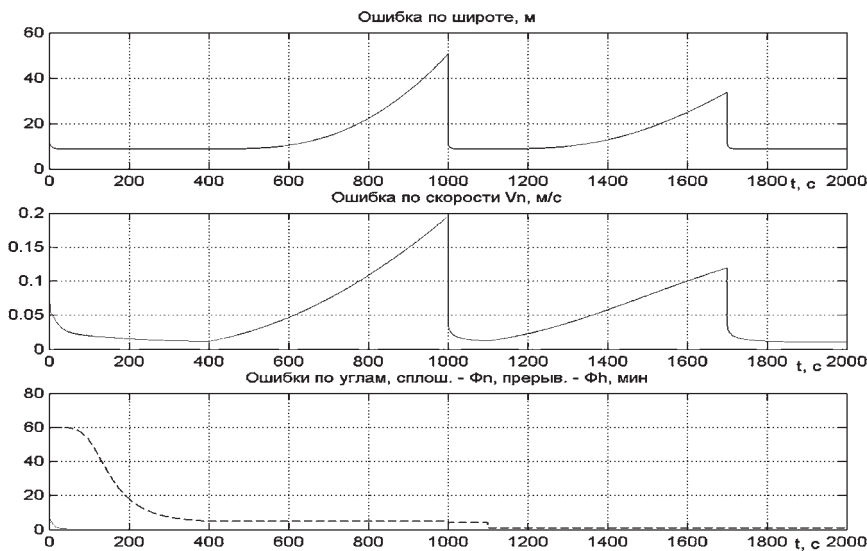


Рис. 5. СКО определения навигационных параметров

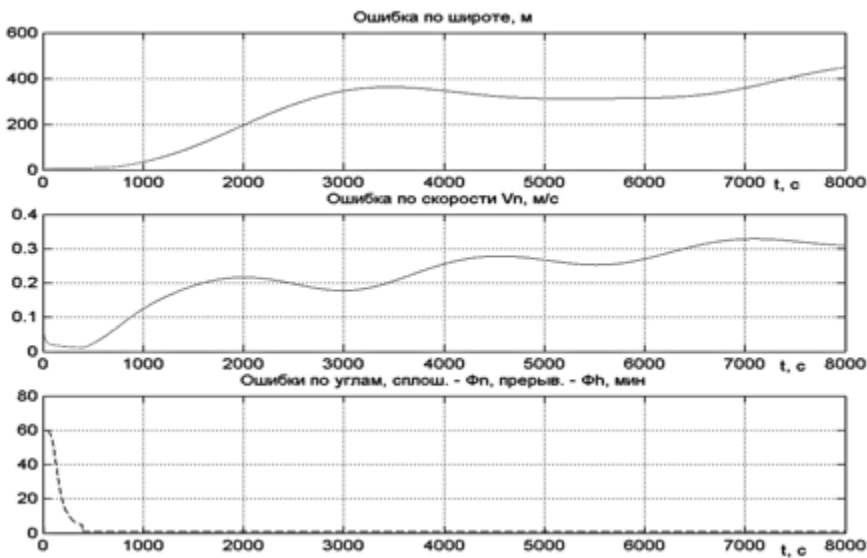


Рис. 6. СКО определения навигационных параметров

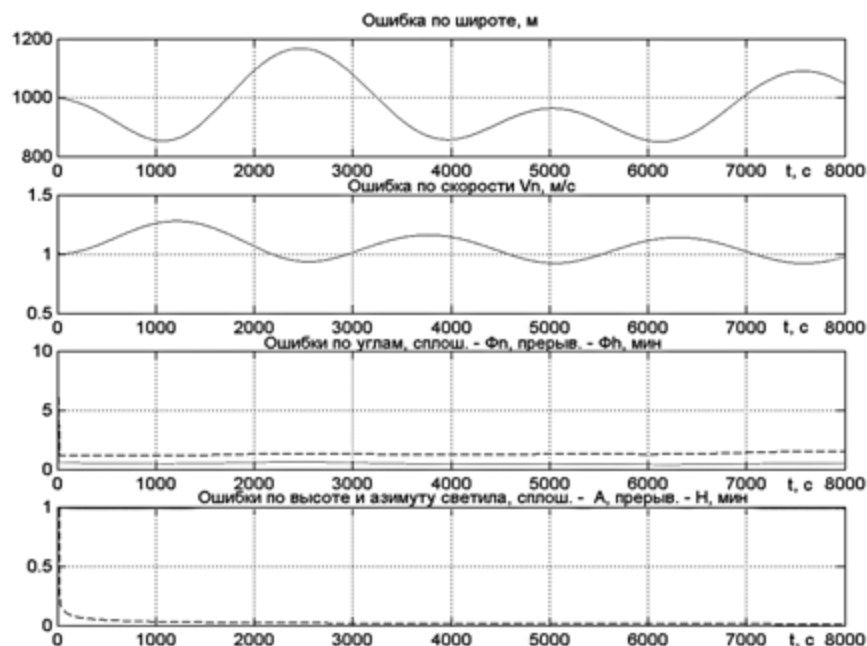


Рис. 7. СКО определения навигационных параметров

на том же интервале. После момента времени 1700 с снова включается приемник СРНС. Отметим, что работа АК имеет своим следствием повышение точности определения курса с 5 до 1 угл. мин.

На рис. 6 также приведены точностные характеристики комбинированного режима.

На интервале от 0 до 400 с работает БИНС совместно со спутниковым приемником и БВ. Затем спутниковый приемник отключается, но начинает работать с БИНС, БВ и АК без демпфирования вертикали, и точность определения координат и скорости будет находиться в пределах 500 м и 0,35 м/с соответственно. При этом также имеет место повышение точности определения курса с 5 до 1 угл. мин.

На рис. 7 представлены результаты расчета ожидаемой точности астроинерциальной системы (АИС) без коррекции от СРНС и без демпфирования вертикали за счет дополнительной скоростной информации. Ошибки определения координат, скорости, вертикали и курса находятся в пределах 1200 м, 1,5 м/с, долей угл. мин и 1 угл. мин соответственно. Отметим также возможность оценки квазисистематических погрешностей определения высоты светила до уровня 0,1 угл. мин.

На рис. 8 представлены точностные характеристики астроинерциальной системы при условии коррекции по скорости и соответствующего демпфирования колебаний АИС. При этом точность определения координат, скорости, вертикали и курса на исследуемом временном интервале остается практически постоянной на уровне 530 м, 2 см/с, десятков угл. секунд и 1 угл. мин соответственно.

В ходе этих исследований предварительно выявлена зависимость точности определения координат от уровня квазисистематических погрешностей акселерометров в демпфированном

режиме работы АИС. Она представлена на рис. 9. При этом видно, что соответствующие СКО изменяются с 130 до ~800 м при изменении уровня таких ошибок с  $10^{-4}$  до  $20 \times 10^{-4} \text{ м/с}^2$ . Такая зависимость позволяет рекомендовать особое внимание обращать на обеспечение высокого качества измерителей ускорений, на возможно более точный учет аномалий гравитационного поля, а также параметров модели Земли.

**Заключение**

1. В ходе проведенной работы разработаны основные методические принципы, подходы, модели и основные соотношения для расчета ожидаемых точностных характеристик астроинерциально-спутниковой навигационной системы, позволяющей получить соответствующие точностные оценки для различных режимов полета летательного аппарата.
2. Приведенные результаты моделирования подтверждают работоспособность разработанного методического подхода и, в некоторых случаях, качественно сходятся с результатами, полученными другими исследователями [7].
3. Разработанный подход может быть развит для получения результатов в более широком диапазоне условий.

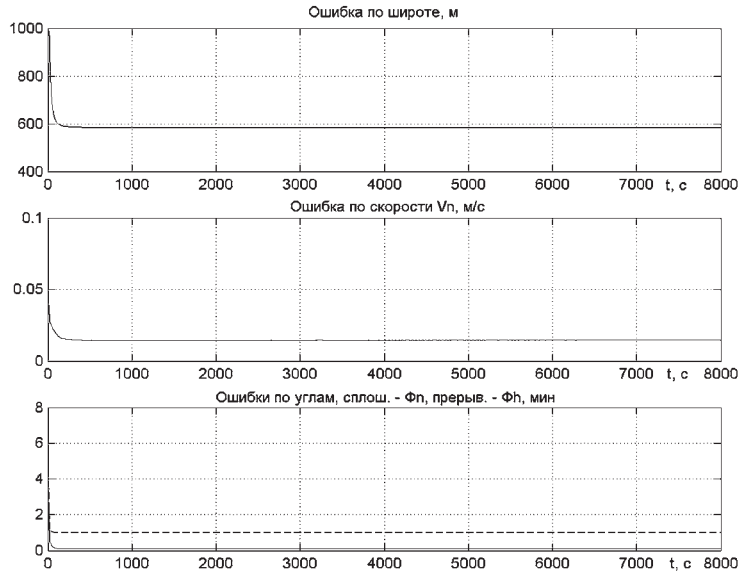


Рис. 8. СКО определения навигационных параметров

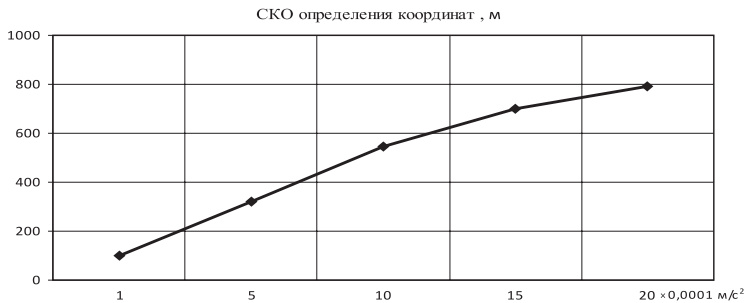


Рис. 9. Зависимость СКО определения координат от точности акселерометров

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бабич О. А. Обработка информации в навигационных комплексах.— М.: Машиностроение, 1991.— 512 с.
2. LN-120G Stellar-Inertial Navigation System <http://www.northropgrumman.com/>.
3. Интегрированная инерциально-астро-спутниковая (ГЛОНАСС+ GPS) система навигации и ориентации для космических средств выведения. Проспект ФГУП «НПЦАП им. академика Н. А. Пилюгина», МАКС-2011, г. Жуковский, август 2011 г.
4. Brown R. G., Friest D. T. Optimization of a Hybrid Inertial Solar-Tracker Navigation System. IEEE Conv. Record, p. 7, vol. 12, 1964.
5. Vona V. E., Hutchinson C. E. An Optimum Stellar Inertial Navigation System. Navigation. J. of the Inst. of Navigation, vol. 12, N2, 1965.
6. Малаховский Р. А., Соловьев Ю. А. Оптимальная обработка информации в комплексных навигационных системах самолетов и вертолетов, Зарубежная радиоэлектроника, 1974, № 3.— С. 18—53.
7. Levine S., Dennis R., Bachman K. L. Strapdown Astro-Inertial Navigation Utilizing the Optical Wide-Angle Lens Startracker. Navigation, Vol. 37 No. 4, 1990. p. 347—362.
8. Герасимчук Ю. Н., Брайткрайц С. Г., Болотнов С. А., Людомирский М. Б., Каютин И. С., Ямщиков Н. Е., Бессонов Р. В. Основы определения корректирующих поправок в бесплатформенной астроинерциальной навигационной системе, Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2011, № 4.
9. Соловьев Ю. А. Спутниковая навигация и ее приложения.— М.: Эко-Трендз, 2003.— 326с.
10. Остославский И. В., Стражева И. В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов. (Изд. 2).— М.: Машиностроение, 1969.
11. Bar-Itzhack I. Minimal Order Time Sharing Filters for INS In-flight Alignment. J. of Guidance and Control, 5, 4, 1982, 396—402.
12. Da R., Lin C. A New Failure Detection Approach and Its Application to GPS Autonomous Integrity Monitoring, IEEE Transactions on AES, v.31, No 1, 1995.
13. Grewal M. S., Weill L. R., Andrews A. P. Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Integration. Wiley-Interscience, 2007.
14. Помыкаев И. И., Селезнев В. П., Дмитроченко Л. А. Навигационные приборы и системы.— М.: Машиностроение, 1983.
15. Основы теории полета космических аппаратов. Под ред. Г. С. Нариманова и М. К. Тихонравова.— М.: Машиностроение, 1972, стр. 608.
16. Морской астрономический ежегодник 2011.— СПб.: ГУНиО, 2010.
17. Kalman R. E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. Trans. of ASME, J. of Basic Engineering, March 1960, p. 34—45.
18. Бабич О. А. Интегрирование спутниковых и барометрических методов измерения высоты полета. «Новости навигации», НТЦ «Интернавигация», 2011, № 1.
19. Корн Г. и Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров).— М.: Изд-во «Наука», 1978.



УДК 621.396.98

# РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ НА МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ САМОЛЕТАХ СЕМЕЙСТВА ИЛ-76

*В. Б. Ильин, Н. Д. Куимов, В. А. Копелович, Е. Г. Харин,  
Л. М. Бардина, А. В. Ясенюк, В. К. Арефьев, Л. А. Анохин<sup>1</sup>*

*Освещаются результаты летных испытаний бортовой аппаратуры спутниковой навигации типа А-737 на модернизированных самолетах семейства Ил-76*

*Ключевые слова: Аппаратура, А-737, бортовая, ГЛОНАСС, Ил-76, навигационные, самолеты, системы, спутниковые, GPS*

## RESULTS OF SATELLITE NAVIGATION EQUIPMENT FLIGHT TESTS ON UPGRADED IL-76 FAMILY AIRCRAFT

*V. B. Ilyin, N. D. Kuimov, V. A. Kopelovich, E. G. Kharin,  
L. M. Bardin, A. V. Yasenok, V. K. Arefiev, L. A. Anokhin*

*Flight test results are described of А-737 type airborne satellite navigation equipment on upgraded IL-76 family aircraft*

### Введение

В статье рассматриваются результаты летных испытаний бортовой аппаратуры спутниковых навигационных систем (СНС) А-737 на самолетах семейства Ил-76. Одним из основных направлений модернизации этих самолетов является установка нового прицельно-навигационного комплекса (ПНК) «Купол-III-76М» и реализация в ПНК инерциально-спутникового режима счисления координат как основного режима для осуществления самолетовождения.

Аппаратура СНС А-737, разработанная и изготовленная ОАО «МКБ «Компас», предназначена для автоматического определения времени, координат местоположения и скорости потребителей по сигналам СНС ГЛОНАСС и GPS.

Летные испытания модернизированных самолетов Ил-76МД-90 и Ил-76МФ проводились в 2009–2011 гг.

### Аппаратура СНС А-737

Аппаратура СНС А-737 (рис. 1) предназначена для определения навигационных параметров летательных аппаратов (ЛА) по радиосигналам навигационных спутников (НС) ГЛОНАСС и GPS в любой точке над поверхностью Земли, в любое время года и суток, не зависимо от метеорологических условий.

Аппаратура А-737 обеспечивает одновременный прием сигналов 12 НС, их аппаратурно-программную обработку для определения навигационных параметров. Предусмотрен автоматический или ручной выбор типа СНС (только ГЛОНАСС, только GPS

или одновременно ГЛОНАСС и GPS) и автоматический выбор НС.

Аппаратура работает по кодам стандартной точности с НС ГЛОНАСС и GPS в диапазоне частот L1. Аппаратура СНС А-737 была разработана в середине 90-х годов прошлого столетия. В это время система ГЛОНАСС работала в частотном диапазоне 1602÷1615,5 МГц. Затем поэтапно рабочий диапазон системы ГЛОНАСС уменьшили и сдвинули влево. Таким образом, в настоящее время ГЛОНАСС работает в диапазоне частот 1598,0625÷1605,375 МГц. В связи с изменением рабочего диапазона потребовалась модернизация изделия А-737.



Рис. 1. Изделие А-737

<sup>1</sup> В. Б. Ильин, В. А. Копелович, Е. Г. Харин, Л. М. Бардина, А. В. Ясенюк, – сотрудники ФГУП «ЛИИ им. М. М. Громова». Н. Д. Куимов – летчик-испытатель ОАО «Ил». В. К. Арефьев, Л. А. Анохин – сотрудники ОАО «МКБ «Компас»



На самолетах Ил-76МД-90 и Ил-76МФ были проведены летные испытания первых модернизированных комплектов аппаратуры СНСА-737. В этих комплектах был реализован новый протокол информационного взаимодействия с ПНК «Купол-III-76М».

Заданные на аппаратуру А-737 погрешности измерения основных навигационных параметров в условиях полета ЛА в соответствии с ТЗ (P=0,95) представлены в таблице 1.

Таблица 1.

**Погрешности определения навигационных параметров аппаратурой А-737 по ТЗ**

Наименование параметра	Погрешность определения
Координаты, м	50
Высота, м	60
Составляющие вектора скорости, м/с	0,4

Нормы погрешностей, указанные в таблице 1, должны обеспечиваться с учетом следующих условий:

1. Работа не менее, чем по четырем НС, принадлежащим одной системе, при геометрическом факторе не более 2,5.
2. Устойчивое (непрерывное) сопровождение сигналов НС должно обеспечиваться без ограничений по скорости полета и при скорости изменения ускорения до 2 g/c, изменении углов крена от -30° до +30° и тангажа - от -20° до +20°.
3. При больших значениях крена и тангажа и при малом количестве НС возможно кратковременное прерывание отсчетов навигационных параметров или ухудшение точности их определения из-за увеличения геометрического фактора при изменении числа рабочих НС.

**Организация испытаний**

В качестве контрольно-регистрирующей аппаратуры на модернизированных самолетах Ил-76 использовался комплекс бортовых траекторных измерений (КБТИ). КБТИ обеспечивал прием и регистрацию потоков кодовой информации от ПНК, изделия А-737 и других систем бортового оборудования в формате ГОСТ 18977-79.

В комплексе КБТИ реализован метод определения эталонных параметров траекторного движения самолета на основе дифференциального режима работы СНС по фазовым измерениям. Погрешности (для P = 0,95) определения эталонных параметров траекторного движения ЛА с помощью КБТИ в дифференциальном

фазовом режиме работы в постобработке не превышают: по координатам и высоте - 0,7 м, по составляющим скорости - 0,1 м/с.

- При проведении летных испытаний оценивались:
- устойчивость и непрерывность выдачи навигационных параметров;
- количество отслеживаемых навигационных спутников СНС ГЛОНАСС и GPS;
- пределы изменения прогнозируемой ошибки.
- Одновременно фиксировались:
- наличие перерывов в выдаче навигационных данных при выполнении самолетом маневров;
- время восстановления работоспособности после потери спутниковой информации;
- характер изменения навигационных параметров при смене режимов работы изделия А-737, количества и состава НС.

Для анализа материалов испытаний использовались результаты регистрации информации аппаратуры СНС А-737, полученные с помощью КБТИ, а также оценка, выполненная экипажем летчиков-испытателей.

**Результаты летных испытаний (табл. 2, рис. 2-8)**

При проведении летных испытаний модернизированных комплектов изделия А-737 на самолетах

Таблица 2.

**Погрешности определения навигационных параметров аппаратурой А-737 по результатам испытаний**

Наименование параметра	GPS	ГЛОНАСС	ГЛОНАСС+GPS
Широта, м	5,8	8,3	7,8
Долгота, м	5,3	8,6	8,0
Высота, м	7,6	20,4	15,6
Vn, м/с	0,33	0,34	0,30
Ve, м/с	0,30	0,30	0,32
Vh, м/с	0,21	0,31	0,34

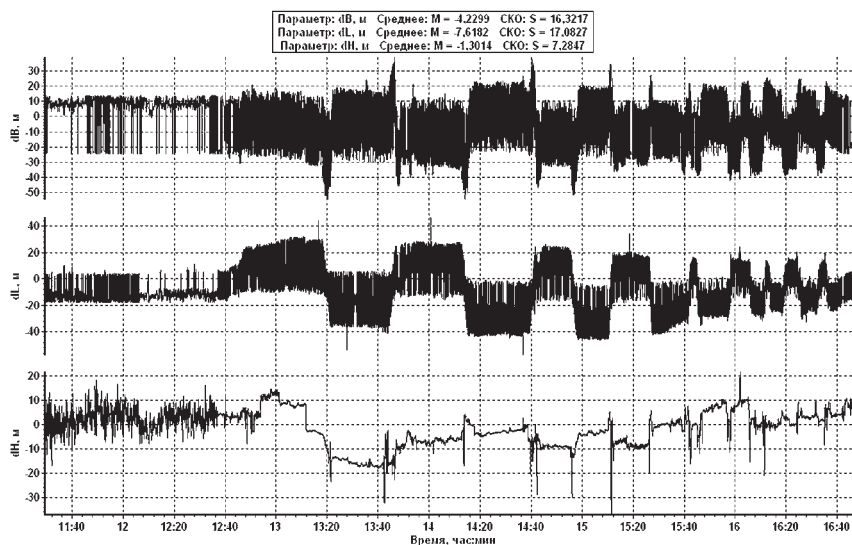


Рис. 2. Погрешности координат и высоты изделия А-737

Ил-76МД-90 и Ил-76МФ выполнено более 100 испытательных полетов. Во время полетов аппаратура А-737 обеспечивала одновременный прием сигналов до 12 НС, принадлежащих системам ГЛОНАСС и GPS. После включения системы автоматически устанавливался режим совместного использования НС ГЛОНАСС и GPS, при этом приоритет имела система ГЛОНАСС.

В первых испытательных полетах был выявлен ряд замечаний к работе изделия А-737, из которых наиболее существенными являлись следующие:

- производилось неправильное формирование младших разрядов широты и долготы, что приводило к повышенной случайной составляющей и скачкообразному изменению погрешностей;
- производилось неправильное формирование значения времени, которое характеризует задержку выдаваемых параметров относительно секундной метки времени; это являлось причиной запаздывания выдачи информации и появления систематической составляющей в погрешностях.

Указанные факторы вызвали ухудшение точностных характеристик аппаратуры СНС А-737 (пример показан на рис. 2).

В результате совместного анализа материалов испытаний, выполненного специалистами испытательной бригады ФГУП «ЛИИ им. М. М. Громова» и разработчиков ОАО «МКБ «Компас», удалось достаточно оперативно выявить причины замечаний и устранить их.

Оценка точностных характеристик изделий А-737 проводилась после устранения обнаруженных недостатков. Из всей совокупности информации выбирались участки со значениями геометрического фактора, углами крена и тангажа, которые не превышают эксплуатационные значения. В таблице 2 представлены результаты проведенного анализа по определению погрешностей аппаратуры А-737 (для  $P = 0,95$ ).

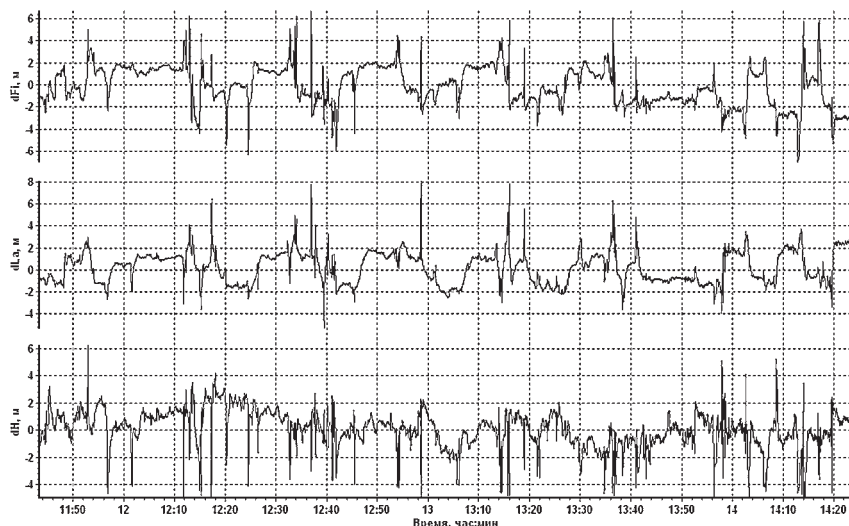


Рис. 3. Погрешности координат и высоты при работе по GPS

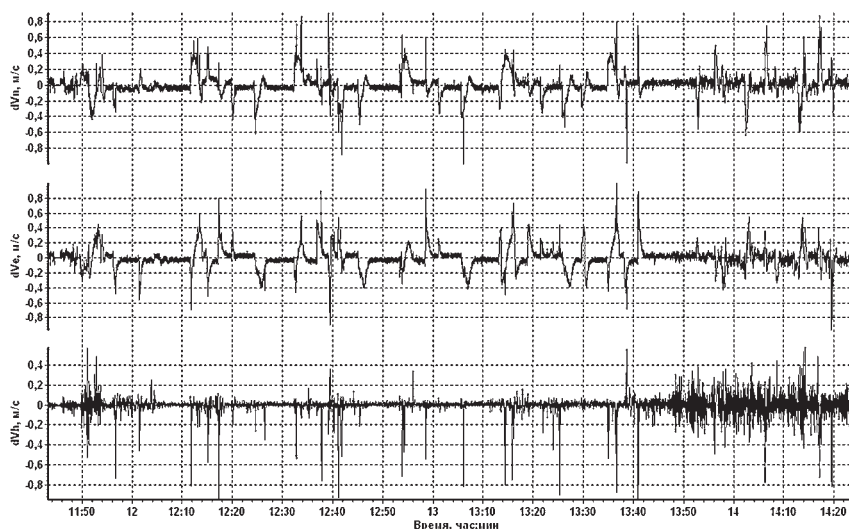


Рис. 4. Погрешности составляющих скорости при работе по GPS

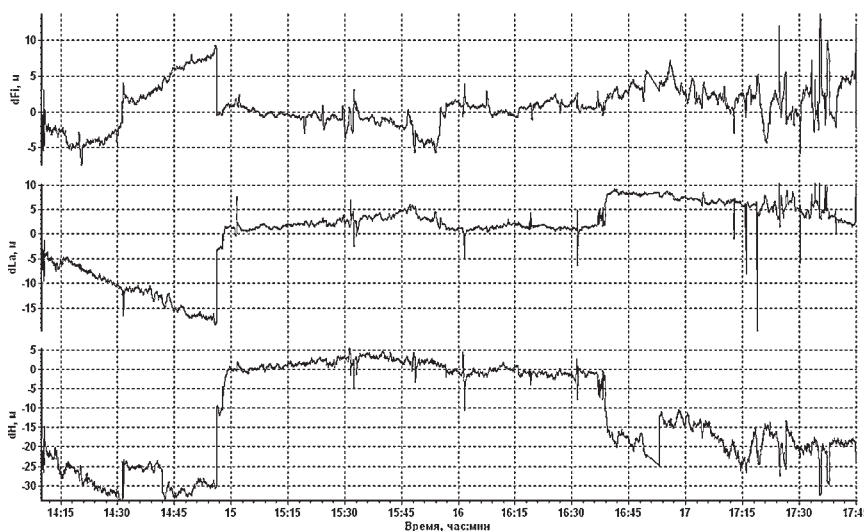


Рис. 5. Погрешности координат и высоты при работе по ГЛОНАСС

Полученные оценки погрешностей аппаратуры СНС А-737 в определении текущих координат, высоты и составляющих вектора скорости не превышают заданных в ТЗ.

Во время полетов отмечено, что при выполнении самолетом маневров по крену происходило плавное увеличение погрешностей по горизонтальным составляющим вектора скорости.

На рисунках 3–8 представлены графики погрешностей аппаратуры А-737 по координатам и составляющим скорости при работе по сигналам СНС GPS, ГЛОНАСС и ГЛОНАСС+GPS.

В результате оценки инерциально-спутникового режима счисления координат в комплексе «Купол-III-76М» были получены следующие значения погрешностей в режиме автоматической непрерывной коррекции по информации аппаратуры А-737 ( $P=0,95$ ):

- 30 м по широте ( $m = -12 м, \sigma = 9 м$ );
- 17 м по долготе ( $m = -3 м, \sigma = 7 м$ );
- $m$  – выборочное среднее, что соответствует требованиям ТТЗ на комплекс «Купол-III-76М».

**Выводы**

1. На первом этапе летных испытаний аппаратуры СНС А-737 на самолетах Ил-76МД-90 и Ил-76МФ удалось выявить и оперативно устранить замечания к работе аппаратуры.
2. Результаты летных испытаний показали, что аппаратура СНС А-737 обеспечивает устойчивое функционирование в условиях полета в режимах работы по СНС ГЛОНАСС, GPS и ГЛОНАСС+GPS.
3. Полученные оценки точностных характеристик погрешностей аппаратуры СНС А-737 не превышают значения, заданные в ТЗ, и соответствуют требованиям для использования системы в комплексе «Купол-III-76М» модернизированных самолетов семейства Ил-76.

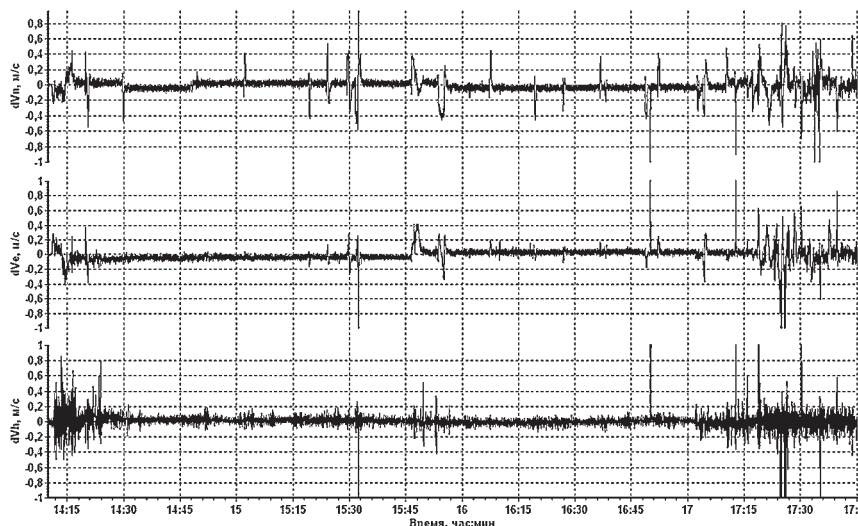


Рис. 6. Погрешности составляющих скорости при работе по ГЛОНАСС

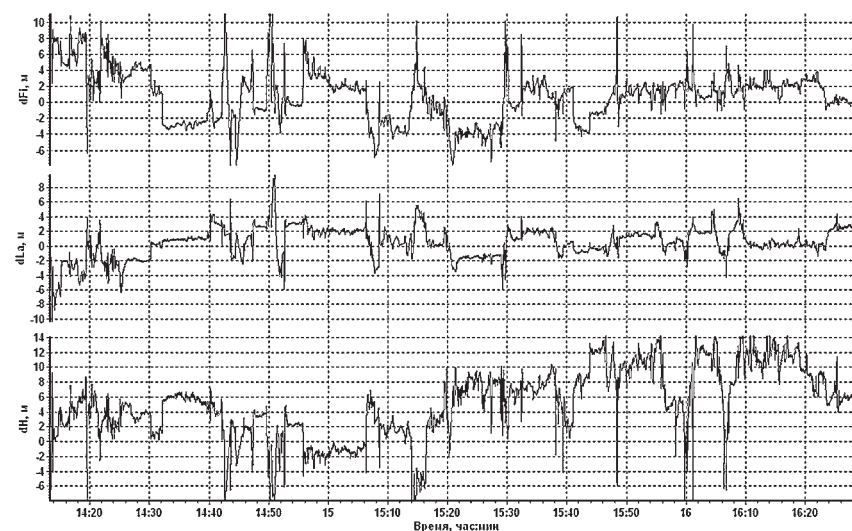


Рис. 7. Погрешности координат и высоты при работе по ГЛОНАСС+GPS

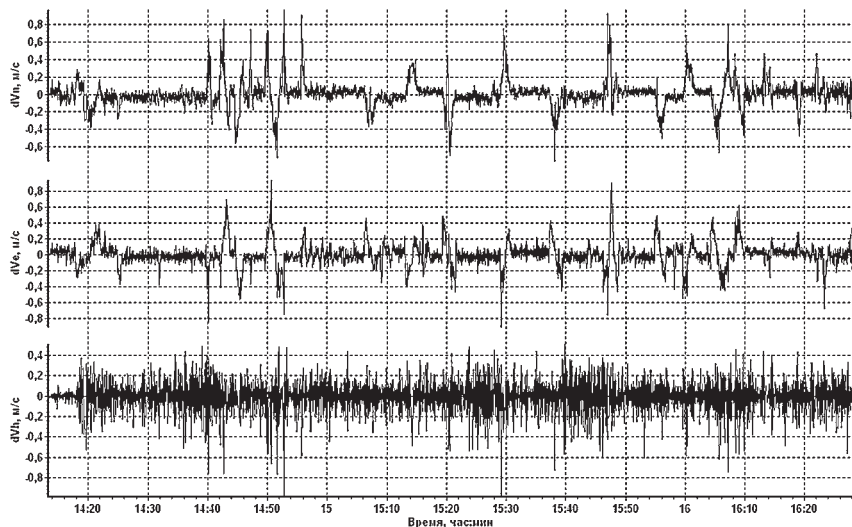
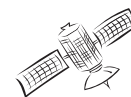


Рис. 8. Погрешности составляющих скорости при работе по ГЛОНАСС+GPS



УДК 621.78:525.35

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ СТАНЦИЙ ВОСТОЧНОЙ ЦЕПИ СИСТЕМЫ «ЧАЙКА» ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ НАВИГАЦИОННЫХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕНИЙ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ

*А. В. Балов<sup>1</sup>, А. Г. Коровин<sup>2</sup>, Ю. М. Устинов<sup>3</sup>, В. М. Царев<sup>4</sup>*

*Рассматривается возможность использования оборудования передающих станций Восточной цепи системы «Чайка» для передачи сообщений службы НАВТЕКС*

*Ключевые слова: Аппаратура, восточная, импульсно-фазовая, ИФРНС, радионавигационная, система, цепь, Чайка*

## CAPABILITIES OF USING THE EQUIPMENT OF TRANSMITTING STATIONS IN THE EASTERN CHAYKA CHAIN FOR NAVIGATION AND METEOROLOGICAL DATA TRANSMISSION FOR MARITIME SAFETY

*A. V. Balov, A. G. Korovin, Y. M. Ustinov, V. M. Tsarev*

*The capabilities of using the Chayka transmitter equipment in the Eastern chain to broadcast NAVTEX Service messages are described*

### Введение

В связи с широким распространением парка аппаратуры потребителей глобальных навигационных спутниковых систем GPS (США) и вновь воссозданной системы ГЛОНАСС (РФ) значимость импульсно-фазовых радионавигационных систем «Лоран-С» и «Чайка» резко сократилась во всем мире. На протяжении многих лет в печати отсутствует информация о потребности в аппаратуре потребителей (АП) этих систем, а также о разработке и производстве новых модификаций АП ИФРНС.

В 2010 г. правительство США приняло решение о закрытии станций системы «Лоран-С», в том числе станции на острове Атту, которая входила в состав Российско-американской цепи «Чайка»/«Лоран-С». Наземная станция на острове Атту демонтирована. При оценке перспективы использования Дальневосточной цепи импульсно-фазовой радионавигационной системы (ИФРНС) «Чайка» следует учитывать также ряд других существенных факторов, таких, например, как:

- предложение командования ВВС МО России о передочинении всех стационарных станций системы «Чайка» Министерству промышленности и торговли России;

— практически подавляющий переход судовладельцев рыбопромыслового флота на навигационные определения по сигналам систем ГЛОНАСС и GPS. В этом отношении показательны результаты анализа деградации использования системы «Лоран-С» рыболовецким флотом Японии, приведенные в [1]. Так, в 1994 г. приблизительно 28000 рыболовецких судов было оснащено приемниками системы «Лоран-С». Исследование, проведенное в 2006 г., выявило, что только 18 судов из 4225 обследованных, т. е. 0,4%, использовало «Лоран-С» в качестве основного средства навигации. В том же источнике сообщалось о закрытии станции «Лоран-С» большой мощности на острове Минамиторишима.

В связи с изложенным, возникает проблема поиска перспектив использования стационарных станций ИФРНС «Чайка».

### Оценка возможности использования станций системы «Чайка» для передачи сигналов службы НАВТЕКС

В состав Восточной цепи системы «Чайка» входят четыре стационарных передающих станции, расположенные в районах городов Петропавловск-Камчатский,

<sup>1</sup> Балов А. В. - доктор технических наук, профессор, главный специалист РИРВ (Санкт-Петербург).

<sup>2</sup> Коровин А. Г. - аспирант Камчатского ГТУ (Петропавловск-Камчатский).

<sup>3</sup> Устинов Ю. М. - доктор технических наук, профессор ГМА им. С. О. Макарова (Санкт-Петербург).

<sup>4</sup> Царев В. М. - кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «НТЦ ИНТЕРНАВИГАЦИЯ»

Александровск-Сахалинский, Уссурийск и Охотск. Каждая из станций обеспечена электропитанием, тепло- и водоснабжением, помещениями для размещения оборудования передатчиков, обслуживающего персонала и антенно-мачтовыми сооружениями, высота которых составляет 350 м (за исключением станции Охотск, антенна которой размещена на четырех мачтах с высотой 50 м). Ниже рассматривается целесообразность использования оборудования передающих станций системы «Чайка» для передачи сообщений службы НАВТЕКС, направленных на обеспечение безопасности мореплавания.

НАВТЕКС – международная система для передачи судам с береговых станций навигационных и метеорологических извещений, предупреждений и другой срочной информации [2]. Передача информации по безопасности мореплавания (ИБМ) предназначена для всех морских и рыбопромысловых судов независимо от их водоизмещения и морских районов плавания. Подготовку данных для ИБМ обеспечивают навигационно-гидрографические и метеорологические службы.

Береговые станции НАВТЕКС размещаются на побережьях государств, в ведении которых находятся прибрежные районы безопасности судоходства. Служба НАВТЕКС входит составной частью во Всемирную службу навигационных предупреждений (ВСНП). Береговые станции НАВТЕКС работают на международной частоте 518 кГц. Предусмотрена также возможность передачи сообщений на национальных частотах 490 и 4209,5 кГц. Типовая дальность действия передающих станций НАВТЕКС 250...400 морских миль (463...740 км), выходная мощность передатчиков 100...1000 Вт, высота антенны 20 м. Для передачи ИБМ применяется класс излучения F1B, скорость передачи 100 бит/с [2,3]. F1B – это одноканальная частотная телеграфия, когда для передачи двоичных единиц 0 или 1 используются две разные частоты с разносом  $\Delta f = 170$  Гц. Ширина спектра передаваемых частот

$$B_{\text{сп}} = B + 2,4D,$$

где  $B = 100$  бит/с – скорость телеграфирования;  
 $D = \Delta f/2 = 85$  Гц.

С учетом приведенных величин  $B_{\text{сп}} = 304$  Гц.

Для передачи символов сообщения используется режим работы FEC (Forward Error Correction), осуществляющий прямое исправление принятых символов при циркулярной передаче сообщений. Передача символов сообщения осуществляется с помощью 7 элементных кодовых комбинаций международного кода ASC11. В режиме FEC каждая кодовая комбинация передается дважды с временным разносом. Перед началом передачи сообщения передаются синхронизирующие посылки. В месте приема ИБМ считается, что информация символа принята верно, если обе кодовые комбинации приняты с выполнением соотношения 3/4 по числу 1 и 0 в комбинации и при этом полностью совпадают, или, если одна кодовая комбинация в результате действия помех не принята, а в оставшейся выполнено соотношение 3/4 по числу 1 и 0.

При невыполнении этих условий кодовая группа (данный символ) на печать не выводится и печатается «звездочка».

Береговые станции для временного разделения сигналов работают по расписанию. Сеансы каждого передатчика разнесены по времени. Так, при наличии трех станций в заданном районе, сигналы которых в данном районе перекрываются, они должны работать по следующему расписанию: станция А работает вначале каждого часа в течение первых 20 минут, станция В – от 20-й по 40 минуту, станция С – от 40-й до 60-й минуты.

Начало сообщения отмечается группой символов ZCZC и служебной группой V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>. В конце сообщения передается группа символов NNNN – конец сообщения.

Приемники НАВТЕКС способны автоматически выбирать сообщение по виду группы символов V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub> и исключать те сообщения, которые были ранее правильно приняты. Исключению не подлежат важные классы сообщений по безопасности.

Действующие передающие станции службы НАВТЕКС на восточном побережье России не обеспечивают прием ИБМ на всей акватории Охотского, Берингова и Японского морей. Так, например, рабочая зона передатчика НАВТЕКС, установленного на Камчатке, не перекрывает важнейшие рыбопромысловые районы в северной части Охотского и Берингова морей, что видно из рисунка 1 [4].



Рис.1. Рабочая зона передатчика НАВТЕКС, установленного в Петропавловске-Камчатском

В настоящее время рассматривается возможность дополнительного размещения передатчика системы НАВТЕКС на острове Каргалинский, дополнительные передатчики должны быть установлены на западном побережье Охотского моря, в Приморье, на острове Сахалин и Курильских островах. Установка каждого передатчика в необорудованных местах связана со значительными затратами денежных средств и не может быть выполнена в кратчайшие сроки. Отсутствие

сообщений ИБМ приводит к росту аварийности судов. Переоснащение стационарных передающих станций системы «Чайка» позволит решить эту задачу с минимальными затратами и в кратчайшие сроки. При переоборудовании станций могут быть использованы типовые модуляторы передатчиков службы НАВТЕКС и часть оборудования аппаратуры координатно-временных определений станций системы «Чайка» и их антенно-мачтовые системы после необходимой доработки.

Антенно-мачтовые системы наземных станций большой мощности системы «Чайка» обеспечивают в настоящее время излучение и прием амплитудно-модулированных навигационных сигналов с несущей частотой 100 кГц и шириной спектра порядка 25 кГц. Непосредственно антенна представляет собой антенну шунтового (параллельного) питания, выполненную на основе мачты решетчатой конструкции высотой 350 м. Основание мачты заземлено. К вершине мачты подвешены без изоляторов 12 проводов, которые на высоте 170 м оттянуты оттяжками вдоль радиусов. Оттяжки присоединены к проводам через изоляторы. Нижние концы проводов присоединены к собирательному кольцу, прикрепленному на изоляторах к мачте на высоте 4 м от ее основания. Диаметр кольца 6 м. В результате из проводов образуется «зонтик» с радиусом 170 м. Фидер подключен к собирательному кольцу. Излучателем является сеть из 12 проводов и сама мачта. Подобная структура антенны обеспечивает антифединговый эффект за счет уменьшения влияния отраженных от ионосферы сигналов. Действующая высота антенны равна 143 м, сопротивление излучения — 3,6 Ом (на несущей частоте 100 кГц).

Использование антенн с высотой 350 м позволит решить задачу передачи ИБМ с помощью трех (четырех) передающих станций на всей акватории морей, которая входит в зону безопасности судоходства, закрепленную за Россией.

Оценим увеличение дальности действия передачи ИБМ при одинаковой амплитуде тока у основания антенны для случая, когда высота антенны  $l$  равна не 20 м (типичная для ИМБ), а выбрана оптимальной для частоты  $f=518$  кГц ( $\lambda=579$  м). Для борьбы с замираниями сигнала на средних волнах (СВ), как и для системы ДВ диапазона «Чайка», следует стремиться к увеличению уровня поля поверхностной волны и к уменьшению уровня поля пространственной волны. Для этого необходимо, чтобы основная часть мощности излучалась под малыми углами  $\Delta$  к горизонту. «Прижать»

диаграмму направленности (ДН) к земле можно за счет увеличения длины (высоты) антенны [2]. На рис. 2 приведена ДН в вертикальной плоскости вертикальных антенн различной длины. Оптимальной ДН с точки зрения борьбы с замираниями является ДН антенны высотой  $l=0,53\lambda$  ( $kl=190^\circ$ ). При дальнейшем увеличении ее высоты в ДН появляется боковой лепесток, создающий излучение под большим углом возвышения  $\Delta=40^\circ\dots60^\circ$ . В результате этого увеличивается поле пространственной волны и уменьшается зона уверенного приема за счет поверхностной волны. Таким образом, антифединговая антенна-мачта для данного случая должна иметь высоту  $l=0,53\lambda=306,87$  м.

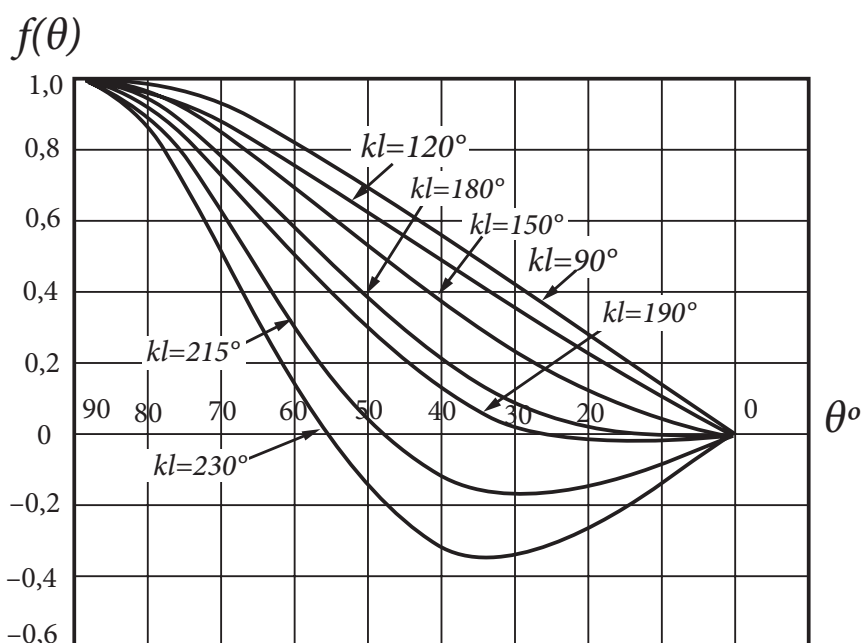


Рис. 2. Диаграммы направленности в вертикальной плоскости вертикальных антенн различной длины

По данным различных источников [5, 6] действующая высота антенны с нижним питанием приблизительно в два раза меньше оптимальной высоты антенны — мачты с верхним питанием, т.е. равна в данном случае  $h_{до} \approx 153,5$  м.

Действующая высота антенны  $h_d$  определяется выражением:

$$h_d = (\lambda/\pi) \operatorname{tg} \pi l/\lambda$$

При физической высоте антенны НАВТЕКС, равной 20 м и  $\lambda=579$  м,  $h_d=18,44$  м.

Таким образом, на существующих антенно-мачтовых сооружениях действующая высота для сигналов НАВТЕКС может быть увеличена с 18,44 м до 153,5 м, т.е. в  $N=8,3$  раз. Сопротивление излучения антенны  $R_\Sigma$  соответственно выражению

$$R_\Sigma = 160 \pi^2 (h_d/\lambda)^2$$

возрастет пропорционально квадрату отношения действующих высот  $N^2=69$  раз. Излучаемая мощность

$$P_\Sigma = I_0^2 R_\Sigma / 2,$$

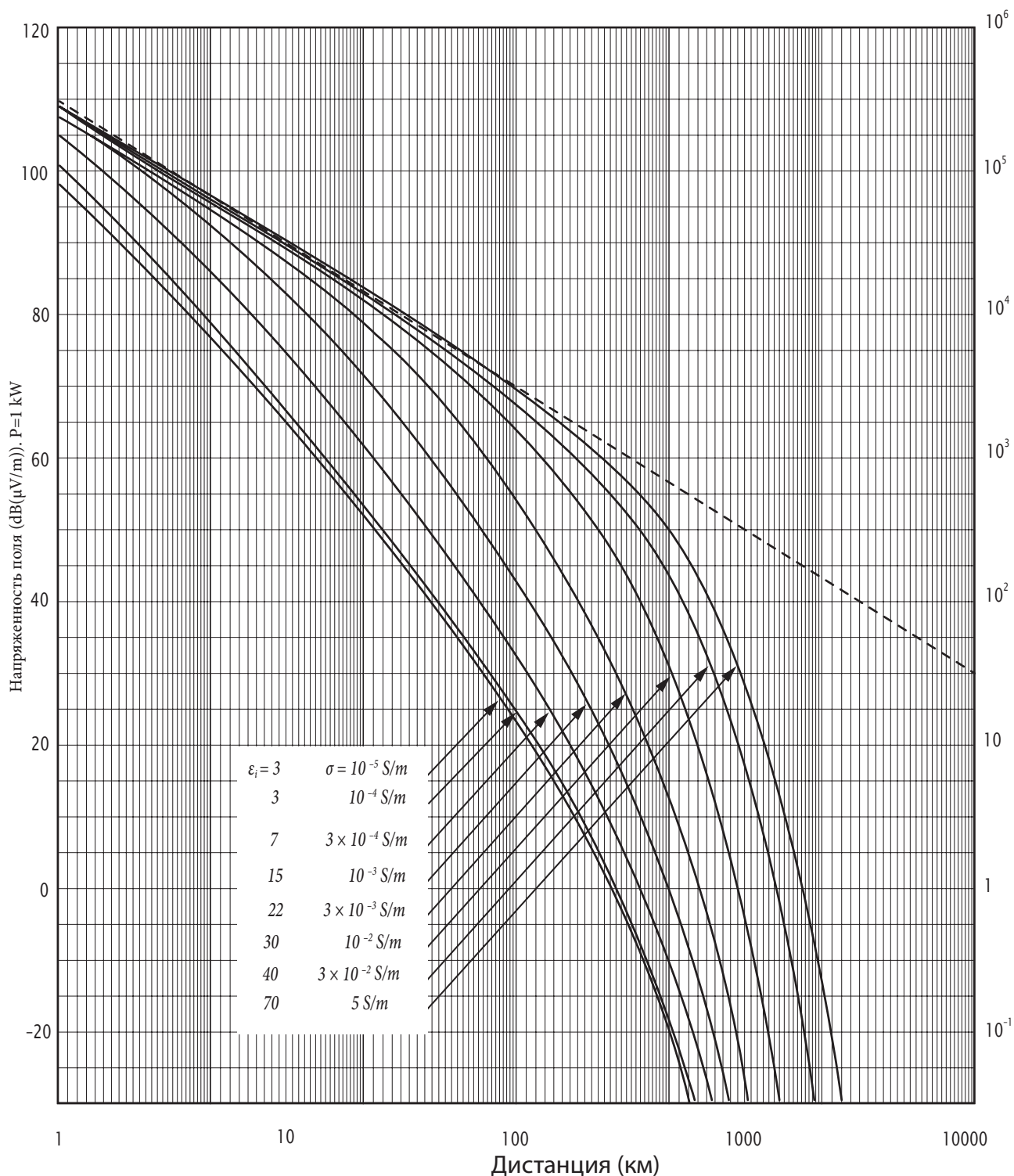


Рис.3. Характеристики распространения поверхностного сигнала на частоте 500 кГц при различных значениях  $\sigma$  и  $\epsilon$  и мощности передатчика 1кВт [7]

(где  $I_0$  – амплитуда тока в основании антенны) при увеличении высоты антенны также возрастет в  $N^2$  раз, а дальность действия  $D$  возрастет обратно пропорционально корню квадратному из увеличения мощности, т.е. 8,3 раза.

Из рисунка 3 видно, что при обеспечении напряженности поля порядка 5 мкВ/м над морской поверхностью ( $\sigma = 5 \text{ S/m}$  и  $\epsilon = 70$ ) может быть реализована дальность приема сигналов НАВТЕКС на расстоянии до 1300 км.

При таких дальностях действия рабочие зоны службы ИБМ полностью перекроют акватории Охотского и Японского морей и значительный район Северо-западной части Тихого океана, омывающего побережье о. Хоккайдо, гряды Курильских островов, Камчатки, вплоть до Олюторского залива.

Заметим, что возможен и альтернативный вариант, при котором на мачтах АМУ-350 размещаются одновременно антенны действующей системы «Чайка» и службы НАВТЕКС.

При этом потребуется введение дополнительного фильтра высоких частот (или режекторного фильтра на частоту 518 кГц) на входе приемника АУС «Чайки». С другой стороны потребуется разработка и введение аппаратуры клиппирования пачки сигналов передатчика «Чайки» на входе передатчика службы НАВТЕКС, который должен обеспечивать передачу сигналов в паузах между пачками сигналов «Чайки». Этот вариант требует постановки более глубокой теоретической проработки, а также согласования изменения временной диаграммы излучения сигналов НАВТЕКС.

#### Заключение

1. Переоборудование Восточной цепи передающих станций системы «Чайка» для передачи сигналов

службы НАВТЕКС является приоритетным направлением по возможности использования этой цепи в дальнейшем.

2. Для практической реализации предложения необходимо согласованное решение заинтересованных ведомств и выполнение технических мероприятий в рамках ОКР.
3. До принятия решения целесообразно провести анализ применяемости АП системы «Чайка» на рыболовецких судах и судах других ведомств, подобно тому, как это сделано в Японии.
4. Одновременно целесообразно проработать альтернативный вариант с возможностью размещения на мачте АМУ-350 как антенны передатчика системы «Чайка», так и антенны передатчика службы НАВТЕКС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Closing of Minamitorischima Loran-C Station. FERNS Counsel 17<sup>th</sup> Session/CS17/3/2/2/1/2. JCG. Moscow 2008
2. Резников В. Ю., Устинов Ю. М., Дуров А. А., Бакеев Д. А., Кан В. С. Судовая радиосвязь. Справочник по организации и радиооборудованию ГМССБ. Под общей редакцией д.т.н., проф. Устинова Ю. М.— СПб.: Судостроение, 2002.—480с., ил.
3. Афанасьев В. В., Маринич А. Н., Припотнюк А. В., Устинов Ю. М. Судовые радиотехнические системы. Учебник, под ред. Ю. М. Устинова.— М.: Проспект, 2010.— 312с.
4. Кан В. С. Развитие комплекса береговых средств навигации и ГМССБ на Камчатке для информационного обеспечения рыбопромыслового флота. Дисс. канд. тех. наук. Камчатский ГТУ. Петропавловск-Камчатский. 2006.
5. Андрусевич Л. К., Ищук А. А., Лайко К. А. Антенны и распространение радиоволн. Новосибирский ГТУ, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, 2006.
6. Ерохин Г. А., Чернышев О. В., Козырев Н. Д., Кочержевский В. Г.; под ред. Ерохина Г. А. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Учебник для вузов.— М.: Горячая линия-Телеком, 2007.— 491 с.:ил.
7. Рекомендации МСЭ-РР. 368—8.





# СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ КА ГЛОНАСС

## НА 03.03.2012 г.

(по анализу альманаха от 07:00 03.03.12 (UTC) и текущих эфемеридных сообщений, принятых в ИАЦ)

№ точки	№ пл.	№ лит.	НКУ	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Факт. суц. (мес.)	Пригодность КА по сообщениям		Примечание
								альманаха	эфемерид (UTC)	
1	1	01	730	14.12.09	30.01.10		26.6	+	+ 07:3003.03.12	Используется по ЦН
2	1	-4	728	25.12.08	20.01.09		38.3	+	+ 07:3003.03.12	Используется по ЦН
3	1	05	744	04.11.11	08.12.11		3.9	+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
4	1	06	742	02.10.11	25.10.11		5.0	+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
5	1	01	734	14.12.09	10.01.10		26.6	+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
6	1	-4	733	14.12.09	24.01.10		26.6	+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
7	1	05	745	04.11.11	18.12.11		3.9	+	+ 07:0003.03.12	Используется по ЦН
8	1	06	729	25.12.08	12.02.09		38.3	+	+ 07:3103.03.12	Используется по ЦН
9	2	-2	736	02.09.10	04.10.10		18.0	+	+ 07:3003.03.12	Используется по ЦН
10	2	-7	717	25.12.06	03.04.07		62.3	+	+ 07:3003.03.12	Используется по ЦН
11	2	00	723	25.12.07	22.01.08		50.3	+	+ 07:4303.03.12	Используется по ЦН
12	2	-1	737	02.09.10	12.10.10		18.0	+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
13	2	-2	721	25.12.07	08.02.08		50.3	+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
14	2	-7	715	25.12.06	03.04.07		62.3	+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
15	2	00	716	25.12.06	12.10.07		62.3	+	+ 05:4503.03.12	Используется по ЦН
16	2	-1	738	02.09.10	11.10.10		18.0	+	+ 06:1503.03.12	Используется по ЦН
17	3	04	746	28.11.11	23.12.11	3.2		+	+ 07:3103.03.12	Используется по ЦН
18	3	-3	724	25.09.08	26.10.08	41.3		+	+ 07:4703.03.12	Используется по ЦН
19	3	03	720	26.10.07	25.11.07	52.3		+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
20	3	02	719	26.10.07	27.11.07	52.3		+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
21	3	04	725	25.09.08	05.11.08	41.3		+	+ 05:5903.03.12	Используется по ЦН
22	3	-3	731	02.03.10	28.03.10	24.1		+	+ 06:1403.03.12	Используется по ЦН
23	3	03	732	02.03.10	28.03.10	24.1		+	+ 07:3103.03.12	Используется по ЦН
24	3	02	735	02.03.10	28.03.10	24.1		+	+ 07:3003.03.12	Используется по ЦН
2	1	-4	743	04.11.11		3.9				На этапе ввода в эксплуатацию
21	3		701	26.02.11						На этапе ЛИ
14	2		722	25.12.07	25.01.08					Орбитальный резерв

7	1		712	26.12.04	07.10.05				Орбитальный резерв
17	3		714	25.12.05	31.08.06				Орбитальный резерв
3	1		727	25.12.08	17.01.09				КА на исслед. Гл. конструктора
22	3		726	25.09.08	13.11.08				КА на исслед. Гл. конструктора

Всего в составе ОГ ГЛОНАСС 31 КА. Используются по целевому назначению 24 КА. На этапе ввода в систему 1 КА. Временно выведены на техобслуживание 2 КА. Орбитальный резерв 3 КА. На этапе летных испытаний 1 КА.

<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/GLONASS/>

## СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ GPS НА 03.03.12 г. по анализу альманаха, принятого в ИАЦ

№ пл.	№ точки	ПСП	Номер NORAD	Тип КА	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Акт. суш. (мес)	Примечания
А	1	9	22700	II-A	26.06.93	20.07.93		222,2	
	2	31	29486	II-R-M	25.09.06	13.10.06		64,6	
	3	8	25030	II-A	06.11.97	18.12.97		169,6	
	4	7	32711	II-R-M	15.03.08	24.03.08		47,3	
	6	27	22108	II-A	09.09.92	30.09.92		228,3	
В	1	16	27663	II-R	29.01.03	18.02.03		108,3	
	2	25	36585	II-F	28.05.10	27.08.10		18,2	
	3	28	26407	II-R	16.07.00	17.08.00		138,6	
	4	12	29601	II-R-M	17.11.06	13.12.06		62,5	
	5	30	22779	II-A	30.08.93	28.09.93		189,1	
С	1	29	32384	II-R-M	20.12.07	02.01.08		50,0	
	2	3	23833	II-A	28.03.96	09.04.96		189,4	
	3	19	28190	II-R	20.03.04	05.04.04		94,8	
	4	17	28874	II-R-M	26.09.05	13.11.05		74,4	
	6	6	23027	II-A	10.03.94	28.03.94		214,4	
D	1	2	28474	II-R	06.11.04	22.11.04		87,2	
	2	1	37753	II-F	16.07.11	14.10.11		4,6	
	3	21	27704	II-R	31.03.03	12.04.03		106,6	
	4	4	22877	II-A	26.10.93	22.11.93		219,3	
	5	11	25933	II-R	07.10.99	03.01.00		146,0	
E	1	20	26360	II-R	11.05.00	01.06.00		140,9	
	2	22	28129	II-R	21.12.03	12.01.04		97,7	
	3	5	35752	II-R-M	17.08.09	27.08.09		30,2	
	4	18	26690	II-R	30.01.01	15.02.01		132,5	
	5	32	20959	II-A	26.11.90	10.12.90		206,2	
	6	10	23953	II-A	16.07.96	15.08.96		185,7	
F	1	14	26605	II-R	10.11.00	10.12.00		134,7	
	2	15	32260	II-R-M	17.10.07	31.10.07		52,1	
	3	13	24876	II-R	23.07.97	31.01.98		168,9	
	4	23	28361	II-R	23.06.04	09.07.04		91,7	
	5	26	22014	II-A	07.07.92	23.07.92		234,7	

Всего в составе ОГ GPS 31 КА. Используются по целевому назначению 31 КА. В том числе 10 КА II-A, 12 КА II-R, 7 КА II-R-M, 2 КА II-F.

<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/GPS/>

## В Индии развернут производство российского ГЛОНАСС-оборудования

Выходя на индийский рынок, НИС ГЛОНАСС решила не экспортировать в страну терминалы для спутникового мониторинга транспорта, а производить их, «не отходя от кассы». По оценкам разработчиков терминалов, это позволит снизить себестоимость устройств примерно на 20...30%. НИС ГЛОНАСС взялась за индийский рынок: компания зарегистрировала там дочернюю структуру и приступила к формированию партнерской сети, а производится оборудование с поддержкой ГЛОНАСС/GPS для местных заказчиков будет прямо внутри страны. Поставлять на индийский рынок НИС будет терминалы для спутникового мониторинга и управления транспортом. Как рассказал директор программы НИС ГЛОНАСС «Индия-ГЛОНАСС» Владимир Финов, это, в первую очередь, будут решения «М2М телематики», которая, как и НИС, подконтрольна АФК «Системе».

По словам Финова, речь идет не о строительстве собственного завода в Индии, а о контрактном производстве на площадках локальных компаний, которые уже производят оборудование для спутникового мониторинга транспорта для местного рынка — таких в стране насчитывается немало, говорит он. Начало серийного производства российских терминалов в Индии предварительно запланировано на 2-й квартал 2012 г. По словам Финова, к настоящему моменту отсюда поступили предзаказы на примерно 7 тыс. терминалов. Индийские заказчики планируют использовать его, главным образом, для мониторинга общественного транспорта, такси, а также в полиции. В 2013 г. по предварительным оценкам НИС, можно ожидать реализации порядка 50 тыс. единиц оборудования. Как и в России, в Индии существует госпрограмма по оснащению транспорта навигационными системами в целях обеспечения безопасности, на которую предусмотрены немалые бюджеты, напоминает Финов.

Исполнительный директор «М2М телематики» Алексей Смятских в разговоре с CNews отметил, что для Индии, как для любого рынка на этапе становления, очень важна цена решений. По оценкам Смятских, локализация производства позволит снизить себестоимость терминалов на 20–30%, главным образом — за счет экономии на таможенных пошлинах и логистике. Кроме того, наличие производства внутри страны позволит оперативней реагировать на изменения требований заказчиков, добавляет он.

Впрочем, Финов из НИС считает, что приоритетность ценового фактора среди индийских заказчиков сейчас снижается. «Индийский М2М-рынок сильно рос года 2–3 назад, но потом обвалился из-за того, что туда нахлынули поставки дешевого китайского оборудования, — говорит он. — Сейчас индийские заказчики пересмотрели ситуацию и уже гонятся не столько за дешевизной, сколько за качеством».

Собранные в Индии терминалы поначалу будут предназначены лишь для локального рынка, однако

впоследствии могут поставляться и в другие страны — например, в Африку и Латинскую Америку, говорит представитель НИС.

Замгендиректора другого крупного российского производителя транспортных терминалов — «Русских навигационных технологий» (РНТ) — Олег Краус рассказал CNews, что его компания обсуждает возможность локализации производства своего оборудования, в том числе — контрактного размещения, с партнерами сразу в нескольких странах. По его мнению, локализация — это рабочая схема, которая эффективна в тех регионах, где государство поддерживает отечественного производителя, например — таможенными пошлинами. Непосредственно в Индии вопрос локализации производства пока не обсуждался, говорит представитель РНТ, хотя поставки в эту страну компания тоже осуществляет.

[http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=219](http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=219)

## 27 декабря в ЦНИИмаш состоялось заседание Президиума Совета генеральных (главных) конструкторов по созданию, развитию и целевому использованию ГНС ГЛОНАСС

Заседание открыл генеральный директор — генеральный конструктор ОАО «Российские космические системы», генеральный конструктор ГНС ГЛОНАСС Юрий Матэвич Урличич, который, поприветствовав собравшихся, и озвучив темы заседания, передал слово для доклада заместителю генерального директора ФГУП ЦНИИмаш Сергею Георгиевичу Ревнивых.

Он рассказал об итогах реализации мероприятий Федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система» на 2002–2011 годы в части развития системы ГЛОНАСС. Содоклады сделали: начальник отдела ФГУ «4 ЦНИИ МО РФ» Сергей Александрович Панов; первый заместитель генерального конструктора и генерального директора ОАО «ИСС» Виктор Евгеньевич Косенко; генеральный конструктор — первый заместитель генерального директора ОАО «НПК «СПП» Виктор Данилович Шаргородский; генеральный конструктор ОАО «РИРВ» Борис Валентинович Шешбаевич; и. о. директора института ИПА РАН Александр Васильевич Ипатов.

В своем докладе С. Г. Ревнивых поздравил присутствующих с хорошими итогами: «У нас снова полная группировка спутников — 24 аппарата, — сказал он. — В 2002 году их было всего семь. Это впечатляющий результат! Задача по восстановлению группировки была непростой, но общими усилиями нам удалось ее решить. Система ГЛОНАСС получила мировое признание и сегодня используется потребителями всего мира. Ведущие производители аппаратуры включают ГЛОНАСС в свою продукцию. Точность системы улучшена на порядок! Россия получила реальный стратегический глобальный высокотехнологичный инструмент». Ревнивых также детально рассказал обо всех параметрах системы, и как они улучшались в последние годы.

Во втором докладе — на тему «Основные направления и задачи Федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» на 2012–2020 годы», он отметил, что на сегодняшний день разработана программа запусков, исходя из которой определено количество серийных средств. На эту тему также сделали доклады заместитель начальника 4 НИИ МО РФ по научной работе Александр Юрьевич Данилюк и заместитель генерального директора — генерального конструктора ОАО «Российские космические системы» Григорий Григорьевич Ступак.

На заседании были представлены предложения по модернизации орбитальной группировки системы ГЛОНАСС, рассмотрен проект тактико-технических требований к глобальной навигационной системе ГЛОНАСС на период до 2025 года, а также прозвучал доклад о состоянии работ по созданию КА «Глонасс-К2» и сроках начала летных испытаний. Предложения по модернизации и замечания будут приниматься и обрабатываться еще в течение нескольких дней, после чего будет принято решение по итогам заседания. В завершение была проведена пресс-конференция, на которой Ю. М. Урличич кратко рассказал представителям СМИ о прошедшем заседании и темах, которые там были рассмотрены, озвучил итоги и задачи по развитию системы ГЛОНАСС. Журналисты задали членам Совета все интересующие их вопросы.

[http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=22127.12.2011](http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=22127.12.2011)

#### **Китай ввел в эксплуатацию спутниковую систему навигации «Бэйдоу»**

Китай ввел в эксплуатацию спутниковую систему навигации «Бэйдоу» — аналог российской ГЛОНАСС и американской GPS. Об этом сообщили руководители проекта на пресс-конференции в Пекине, передает новостное агентство «Синьхуа». По их словам, сейчас «Бэйдоу» функционирует в тестовом режиме и предлагает для Китая и «некоторых окружающих его регионов» услуги позиционирования, навигации и определения времени.

Бэйдоу — китайское название созвездия Большой Медведицы. Чтобы снизить зависимость от зарубежных технологий, в 2000 году КНР приступила к созданию собственной навигационной системы. В течение семи лет Китай вывел на орбиту четыре экспериментальных спутника, а в 2007-м запустил «Компас-М1» — первый спутник группировки «Бэйдоу-2». В течение 2012 года планируется запустить еще шесть спутников, чтобы покрыть большую часть Азиатско-Тихоокеанского региона. К 2020 году Китай хочет сделать систему «Бэйдоу» глобальной и начать предоставлять услуги высокоточного позиционирования по всему миру.

Всего к этому времени было запущено десять спутников. Ожидается, что полная группировка «Бэйдоу» будет насчитывать 35 спутников. По сообщению государственных СМИ, китайская система

позиционирования найдет применение в самых различных областях — от метеорологии до телекоммуникаций.

<http://www.vesti.ru/doc.html?id=672550>

[http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=22027.12.2011](http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=22027.12.2011)

#### **Китайский аналог GPS заработал в ограниченном режиме**

Китайская система спутниковой навигации Beidou введена в эксплуатацию, передает во вторник, 27 декабря, агентство «Синьхуа». В зону охвата спутников Beidou попадают только Китай и прилегающие территории, говорится в сообщении агентства. Shanghai Daily со ссылкой на представителя Beidou уточняет, что навигационная система определяет координаты с точностью до 25 метров.

В настоящий момент в состав орбитальной группировки Beidou входят десять спутников, причем последний аппарат был запущен в начале декабря. В 2012 году количество спутников увеличат еще на шесть. В этом случае точность повысится до 10 метров, а сигнал Beidou будет приниматься в большинстве стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

До штатной численности в 35 спутников орбитальную группировку Beidou планируется довести в 2020 году. Тогда система будет работать по всему миру и сможет конкурировать с американской GPS и российской ГЛОНАСС.

К работе над проектом Beidou Китай приступил в 2000 году. Первый навигационный спутник был выведен на орбиту в 2007 году; до этого было проведено несколько экспериментальных запусков.

<http://www.lenta.ru/news/2011/12/27/beidou/>

#### **Завершились госиспытания штурмовика Су-25УБМ**

В России завершились испытания модернизированного штурмовика Су-25УБМ, который может быть использован как для обучения пилотов, так и для выполнения боевых задач. Как сообщает «Интерфакс» со ссылкой на источник в оборонно-промышленном комплексе, акт об успешном завершении госиспытаний подписал главком ВВС России генерал-полковник Александр Зелин. Командование ВВС рекомендовало Су-25УБМ для серийного производства.

Летные характеристики Су-25УБМ по сравнению с Су-25УБ не изменились, но боевые возможности самолета увеличились существенно. В рамках программы модернизации штурмовика, на него был установлен новый прицельно-навигационный комплекс «Барс», включающий в себя систему обработки и отображения информации, систему спутниковой и ближней навигации и станцию радиотехнической разведки. В результате модернизации точность навигации повысилась в три раза, а точность бомбометания свободнопадающих бомб достигла такого же показателя для корректируемых боеприпасов.

По данным источника агентства, точность бомбометания с горизонтального полета на высоте 200–300 метров составляет теперь 10–15 метров, а точность позиционирования со спутниковой коррекцией – 15 метров и 200 метров без корректировки. Су-25УБМ способен выполнять боевые задачи днем и ночью в сложных погодных условиях. Самолет может выполнять полеты на скорости до 950 километров в час, а его боевой радиус составляет 300 километров. Штурмовик оснащен двустольной 30-миллиметровой пушкой и десятью точками подвески для вооружения общей массой до 4,4 тонны.

<http://www.lenta.ru/news/2011/12/28/su25ubm/>

### Сухопутные войска вооружились 30 реактивными системами «Торнадо-Г»

Сухопутные войска России в 2011 году приняли на вооружение более 30 реактивных систем залпового огня «Торнадо-Г». Об этом, как сообщает ИТАР-ТАСС, заявил представитель Сухопутных войск подполковник Сергей Власов. Ранее сообщалось, что новые системы должны будут заменить на вооружении России устаревшие РСЗО «Град».

«Эти РСЗО являются модернизированным вариантом системы «Град». Они намного эффективнее своих предшественников за счет повышения дальности стрельбы, мощности боеприпасов, а также внедрения автоматизированных систем наведения, прицеливания, топопривязки и навигации, что позволяет подразделениям РСЗО «Торнадо-Г» действовать полностью автономно на поле боя», – рассказал Власов.

«Торнадо-Г», созданная под боеприпасы калибра 122 миллиметра, предназначена для уничтожения и подавления живой силы, бронированной техники, артиллерийских и минометных батарей и командных пунктов противника.

<http://www.lenta.ru/news/2011/12/30/tornado/>

### Lockheed Martin построит два спутника GPS III



Министерство обороны США заключило с американской компанией Lockheed Martin контракт на постройку третьего и четвертого спутников системы GPS III,

сообщает Defense Aerospace. Сумма сделки составила 238,5 миллиона долларов. Как ожидается, сборка аппаратов завершится 24 января 2016 года. Lockheed Martin также получила контракт ВВС США на интеграцию в существующие системы управления оборудованием проверки спутников системы GPS III во время запуска и на орбите. Сумма этой сделки составила 21,5 миллиона долларов. GPS III или GPS Block III является модернизацией существующей американской системы глобального позиционирования. Она предполагает вывод на орбиту новых спутников, которые позволят значительно усилить принимаемый на поверхности Земли сигнал. Модернизация предполагает улучшение всех трех основных навигационных сигналов системы GPS: военного (M-code), гражданского для служб спасения и полиции (L5) и гражданского общего пользования (L1C). Первый спутник GPS III будет выведен на орбиту в 2014 году. Ранее стало известно, что ВВС США заключили с компанией United Launch Services контракт на выведение на орбиту девяти спутников, включая два аппарата системы GPS. Сумма сделки составила 1,5 миллиарда долларов. По условиям соглашения, все работы должны быть завершены к 30 июня 2014 года. Точное время запуска спутников пока не определено.

<http://www.lenta.ru/news/2012/01/13/gps/>

### Второй спутник Galileo этапа орбитальной оценки (IOV) передает сигналы

Второй спутник Galileo этапа орбитальной оценки (In-Orbit Validation, IOV), известный как GSAT0102, 16.01.2012 согласно сообщению CONGO (COoperative Network for GIOVE Observation) начал передавать сигналы на частоте L1/E1, используя дальномерный код E12. Этот спутник был запущен 21.10.2011 совместно с спутником GSAT0101, который начал передавать сигналы E110.12.2011 и сигналы E514.12.2011.. Затем Европейское космическое агентство подтвердило, что его передатчик E6 был включен за неделю перед Рождеством. CONGO это глобальная сеть из 19 контрольных станций, размещенных Германским центром по космическим операциям совместно с Германским федеральным агентством геодезии и картографии в кооперации с другими организациями, включая Технический университет Мюнхена.

<http://www.gpsworld.com/GNSS%20System/Galileo/news/second-galileo-iov-satellite-transmitting-signals-1250916.-1.2012>

### Интерфейсный контрольный документ Compass /BeiDou

Китай 27.12.2012 опубликовал давно ожидаемую тестовую версию Интерфейсного контрольного документа системы Compass/BeiDou. Одиннадцатистраничный документ посвящен описанию временно открытого гражданского сигнала B1 с центральной частотой 1561,098 МГц. Документ был уточнен 3.01.2012.

<http://www.insidegnss.com/compass>

<http://www.beidou.gov.cn/attach/2011/12/27/201112273f8be6124f7d4c7bac428a36cc1d1363.pdf>

### Американскую полицию обязали получать ордер для слежки при помощи GPS

Верховный суд США обязал полицию получать ордер для слежки за подозреваемыми при помощи GPS даже в общественных местах. Об этом сообщает The Washington Post. Решение было принято 23 января. Суд рассматривал дело владельца вашингтонского ночного клуба Антуана Джонса (Antoine Jones), приговоренного к пожизненному заключению за торговлю наркотиками. Как отмечается в материалах дела, в 2005 году полиция установила на автомобиле Джонса аппарат GPS и отслеживала передвижения подозреваемого в течение 28 дней. Окружной суд, рассматривавший дело Джонса, принял во внимание данные только за тот период, пока машина подозреваемого не находилась около его дома. В противном случае, как посчитал суд, произошло бы вторжение в частную жизнь человека. Окружной суд посчитал, что подозреваемый не мог рассчитывать на защиту частной жизни, находясь в автомобиле на улице.

Однако Верховный суд США решил, что в данном случае была нарушена четвертая поправка к конституции США. В ней, в частности, содержится запрет на проведение незаконного обыска — под это понятие судьи подвели и слежку при помощи аппарата GPS. По их мнению, прикрепив аппарат GPS к машине Джонса, власти «заняли» его собственность для получения нужных данных.

Как отмечается в публикации The Los Angeles Times, до сих пор полиция считала, что имеет право следить за человеком, находящимся в публичном месте, без получения ордера.

<http://www.lenta.ru/news/2012/01/24/warrants/>

### ВМС США испытают GPS-систему посадки на корабли

ВМС США в апреле 2012 году испытают усовершенствованную систему посадки самолетов и беспилотных летательных аппаратов на корабли при помощи спутникового позиционирования (GPS), сообщает портал Defense Aerospace. По словам капитана Дэррела Лэка (Darrell Lack), представляющего программу ВМС по развитию средств контроля воздушного транспорта (PMA-213), новая система точного подлета и посадки (Joint Precision Approach and Landing System, JPALS) позволит существенно упростить и ускорить посадку летательных аппаратов в морских и наземных условиях.

По данным Defense Aerospace, система посадки JPALS, AN/USN-3 (V), разработкой которой совместно занимаются компании Raytheon и NAWCAD, оборудована несколькими модулями GPS, а также ультравысокочастотными антеннами для передачи данных. Как отметил Дэррел Лэк, оснащение американских кораблей системой спутникового позиционирования при посадке позволит избавиться от дорогостоящего радарного оборудования, которое используется в ВМС в настоящее время.

В будущем JPALS планируется установить на все авианосцы, вертолетоносцы и универсальные

десантные корабли. В частности, систему посадки по спутникам установят на авианосцы типа «Джеральд Форд» для посадки истребителей F-35 Lightning II и БПЛА на вооружении ВМС США. Кроме того, в случае успешного испытания JPALS, рассматривается возможность ее применения и в гражданской авиации.

Начало промышленного производства JPALS намечено на 2013 финансовый год.

<http://www.lenta.ru/news/2012/01/26/gps/>

<http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/132155/test-hardware-delivered-for-gps-based-landings.html>

### О модернизации самолета Ту-22М3

ВВС России превратят дальний бомбардировщик Ту-22М3 в высокоточное оружие. Для этого ему поменяют всю электронику и оснастят, вероятно, новой крылатой ракетой Х-32. В новой комплектации машина получит еще одну букву «М» к названию и станет именоваться Ту-22М3М.— Вы помните, чем отличался Ту-22 от Ту-22М? — Это два совершенно разных самолета. Такая же история и здесь,— рассказал «Известиям» представитель одного из предприятий, участвующих в модернизации самолета.

По словам представителя ВВС, для управления измененным самолетом летчики будут переучивать 2–3 месяца в Рязанском учебном центре Дальней авиации.— Процесс переобучения стандартный. Им нужно будет освоить электронные приборы, новые системы управления оружием, навигации, контроля обстановки вокруг самолета. Вся информация будет выводиться на электронные дисплеи, летчику останется просто выбрать режим, цель и произвести пуск, как в компьютерных играх,— пояснил собеседник «Известий». Он добавил, что до 2020 года планируется модернизировать 30 Ту-22М3, установив на него оборудование на новой элементной базе и адаптированное под расширенную номенклатуру вооружений.

Первый вице-президент Академии геополитических проблем, доктор военных наук Константин Сивков отметил в интервью «Известиям», что такая модернизация предполагает замену системы управления оружием, навигации и связи и стоит от 30 до 50% от цены самолета. При этом модернизация 30 машин улучшит боевые возможности парка Ту-22М3 на 20%, считает эксперт.— 30 самолетов хватит только чтобы вывести из строя один американский авианосец и потопить несколько кораблей сопровождения. Модернизация всего парка повысила бы его возможности на 100...120% по морским объектам и в 2–3 раза по сухопутным,— пояснил Сивков.

Он предположил, что новая ракета Х-32 будет искать цель «из-под крыла» самолета, как и предшествующая Х-22. После выстрела ракета сможет на собственном двигателе долететь до цели за несколько сотен километров. При этом обнаружить и сбить такую ракету практически невозможно.

Президент Института стратегических оценок и анализа Александр Коновалов в свою очередь

заметил, что уничтожение наземных объектов — одно из самых слабых мест российской армии, поскольку у современных российских тактических ракет низкая точность и небольшой радиус действия. «В Грузии мы потеряли Ту-22М3 только потому, что ему пришлось входить в зону организованной ПВО, чтобы провести атаку. А из этой зоны практически невозможно выйти», — пояснил Коновалов. По его словам, чтобы ракета смогла попасть в наземный объект с нескольких сотен километров, она должна либо знать его точные координаты и двигаться к ним, постоянно уточняя свое положение в пространстве по спутнику, либо кто-то должен эту цель постоянно подсвечивать, а ракета будет двигаться по отраженному сигналу. Есть и третья, корреляционная система, когда в память ракеты загружена подробная карта маршрута и изображение цели, которую нужно поразить, а ракета в полете «снимает» местность, над которой летит и постоянно сверяет данные с картой маршрута, пояснил Коновалов.

<http://www.izvestia.ru/news/514294>

### **Galileo будет конкурировать с GPS и ГЛОНАСС**

Проект под названием Galileo будет включать в себя около 30 спутников, два из которых будут запущены уже в этом году. Сегодня о планах Европейского космического агентства было объявлено на специальной пресс-конференции в Лондоне. Как сообщил вице-президент Европейской комиссии Антонио Таяни (Antonio Tajani), на данный момент сумма контракта составляет 250 млн евро (более 100 млрд рублей). Учредителями стали Великобритания и Германия. Они считают, что Galileo сможет принести неплохой доход — согласно проектной документации, его погрешность не будет превышать одного метра, в то время как у GPS этот показатель составляет несколько метров. На данный момент согласован запуск 22 спутников, однако в будущем планируется довести их количество до 30. Впрочем, для закупки еще восьми штук придется договариваться с Евросоюзом о выделении дополнительного финансирования. Два аппарата, которые потенциально могут войти в группировку спутников, были запущены на орбиту в октябре 2011 года. Сейчас они передают сигнал в тестовом режиме. Если испытания пройдут успешно, то в конце этого года к ним прибавятся еще два спутника. Все 22 спутника должны быть выведены на орбиту к 2020 году. Это минимальное количество аппаратов, необходимое для передачи стабильного сигнала подвижным устройствам, начиная от автомобилей и заканчивая смартфонами. Контракт на запуск первых 14 спутников подписан с французской компанией Arianespace. Он будет осуществлен с космодрома Космо в Южной Америке. Для доставки аппаратов на орбиту будут использованы российские ракеты «Союз».

<http://mir24.tv/news/Science/46630793.02.2012>

### **Роскосмос и Минэконом договорились о бюджете для ГЛОНАСС**

Роскосмос и Минэкономразвития договорились о тратах на ГЛОНАСС до 2020 года включительно — они составят 346,6 миллиарда рублей. Об этом сообщает «Коммерсантъ» со ссылкой на собственные источники в правительстве РФ. По данным издания, проект бюджета федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» был внесен на утверждение правительства еще 28 января, однако об этом стало известно только сейчас. Вероятные сроки утверждения бюджета не сообщаются, известно только, что глава Роскосмоса Владимир Поповкин выступит с докладом по новой программе в четверг, 9 февраля 2012 года.

Согласование бюджета новой программы было для Роскосмоса и Минэкономразвития непросто — с ноября 2010 года в СМИ озвучивались разные бюджеты. В самом первом варианте программы было заложено финансирование в объеме 543,6 миллиарда рублей. Этот вариант не был одобрен Минэкономразвитием и в январе появился урезанный вариант с бюджетом в 462,2 миллиарда рублей. Он также не прошел. Еще одна попытка добиться финансирования предпринималась Роскосмосом в июне 2011 года, когда была озвучена цифра в 402 миллиарда рублей. Наконец в августе «Известия» сообщили, что бюджет составит 249 миллиардов рублей. При этом в статье приводился комментарий заместителя гендиректора ЦНИИМаша Сергея Ревнивых, который назвал этот вариант «худшим из всех возможных».

Близкую к заявленной сумме Владимир Поповкин озвучивал в августе 2011 года, после того как была названа цифра в 402 миллиарда. Он говорил, что есть три варианта развития программы. Первый — 400 миллиардов — предусматривает «все мыслимые и немыслимые» потребности программы. Второй — 245 миллиарда рублей — нацелен только на поддержание работоспособности орбитальной группировки. Наконец, третий вариант, самый оптимальный, по мнению Поповкина, подразумевает развитие орбитальной группировки и наземного сегмента. «Я думаю, будет третий вариант» — заявил он тогда РИА Новости.

По данным «Коммерсанта», в рамках новой программы численность орбитальной группировки планируется довести до 30 аппаратов (24 штатных и 6 резервных). Также планируется построить несколько наземных станций, включая одну в Антарктиде, которые позволят улучшить работу системы. В правительстве заявили: «За пять лет точность ГЛОНАСС улучшена на порядок — до 2,8 м. Аналогичный показатель GPS составляет 1,8 м». При этом к 2020 году там пообещали добиться точности в 0,6 метра и «обогнать американцев», у которых этот показатель, по оценке источника «Коммерсанта» в правительстве, составит 0,7 метра.

<http://www.lenta.ru/news/2012/02/08/much/>

## GPS вытесняет радары из гражданской авиации

Конгресс США принял решение строить новую систему управления воздушным движением на основе спутниковой навигации

7 февраля конгресс США принял закон об оснащении самолетов гражданской авиации системой GPS, которая должна прийти на замену радарам, используемым сейчас. Переход к спутниковой навигации вызван огромной нагрузкой на радиолокационные вышки аэропортов и недостаточной по меркам сегодняшнего времени точностью работы радаров: на то, чтобы определить координаты объекта и отобразить информацию на экране, радару нужно 6–12 с, в течение которых быстро летящий самолет уже сменит позицию.

В Федеральной авиационной администрации (ФАА) США уверены, что система GPS-навигации позволит более точно определять расположение самолетов в воздухе, что в свою очередь позволит больше загружать полосы — борты смогут садиться чаще. Без дополнительных средств, уточняющих координаты, GPS сегодня способна определять положение объекта с точностью до 2 м. Дополнительное наземное оборудование позволяет добиться сантиметровой четкости (скорее дециметровой точности, — прим. редакции). В этих целях ФАА установит GPS-оборудование на базовых станциях американского оператора сотовой связи AT&T. Установкой системы будет заниматься ИТТ Corporation, которая уже подписала соответствующее соглашение с ФАА. Сумма этого контракта оценивается в \$ 1,8 млрд. Всего ИТТ установит на вышки AT&T 794 наземные станции ADS-B (станции автоматического зависимого наблюдения), что позволит получать точные сведения о перемещении самолетов.

Какую именно аппаратуру установят на самолетах, пока не сообщается. Известно, что она позволит пилотам самолетов самим наблюдать, где находятся другие воздушные суда, а также заранее видеть все погодные явления на пути и получать рекомендации по их облету.

— Системы GPS более точны и надежны по сравнению с нынешними радаром, — признает Евгений Бахтин, представитель Объединенной национальной ассоциации деловой авиации (ОНАДО). — В США большинство аэропортов уже имеет системы для посадки самолетов при помощи системы спутников. Это перспективно и повышает безопасность полетов, доступность оборудования, упрощает работу пилотов. Я думаю, это перспектива, за которой будущее.

Всего сенат США выделил ФАА \$ 63,4 млрд., из которых \$ 11 млрд. пойдет на формирование спутниковой системы управления движением. ФАА планирует осуществить программу в период 2015–2020 годов. Закон предусматривает оснащение данной системой не только пассажирских самолетов авиалиний, но и частных самолетов (джетов), а также грузовых самолетов и др.

— Для России такая система была бы прямо «тем, что доктор прописал», — говорит Леонид Кошелев,

президент авиакомпании «Стримлайн». — У нас радаров мало, и самолетов местами вообще не видно, например, над территорией Сибири. Там летит самолет все равно, что над океаном. Решения на основе GPS позволяют с наименьшими затратами строить системы управления воздушным движением, которые работают над любой поверхностью Земли, отметил Кошелев.

<http://www.izvestia.ru/news/5148619.02.2012>

## Модернизация штурмовика А-10

Американский авиастроительный концерн Boeing передал ВВС США первый штурмовик А-10 Thunderbolt II, прошедший через программу модернизации структурных элементов. Как сообщает Defense Aerospace, церемония выкатки самолета с обновленной конструкцией крыла состоялась на базе ВВС США Хилл. Благодаря такой модернизации А-10 смогут простоять на вооружении по меньшей мере до 2040 года.

По условиям контракта с министерством обороны США, Boeing должен заменить крылья на 233 штурмовиках А-10. Все работы должны завершиться до конца 2018 года. Первые комплекты крыльев были собраны в марте 2011 года, а в ноябре прошлого года ВВС США провели первые испытания двух модернизированных самолетов. Какие именно улучшения были внесены в конструкцию крыльев А-10, не уточняется.

С 2005 года американские штурмовики проходят модернизацию по программе PE (Precision Engagement), основной целью которой является ремонт и модернизация А-10 до версии А-10С. Благодаря этому самолеты получают возможность наносить более точные удары. Программа предполагает установку на самолеты новой системы управления огнем, наשלменные дисплеи с интегрированной системой прицеливания, новые крылья и новый навигационно-прицельный комплекс.

В результате модернизации А-10 смогут применять корректируемые бомбы JDAM и высокоточные бомбовые кассеты. На самолеты также предполагается установка систем видеонаблюдения и трансляции видеосигнала наземным силам ROVER.

<http://www.lenta.ru/news/2012/02/20/rewinged/>

## Впервые в России создано единое ГЛОНАСС пространство для мониторинга опасных грузов

Инновационный холдинг «М2М телематика», технологический партнер федерального сетевого оператора «НИС ГЛОНАСС», разработал систему дистанционного контроля и надзора в области обеспечения транспортной безопасности при осуществлении перевозок опасных грузов с использованием технологий ГЛОНАСС. Заказчиком системы для обеспечения транспортной безопасности выступила Федеральная служба по надзору в сфере транспорта (Ространнадзор) Министерства транспорта Российской Федерации в рамках реализации мероприятий «Комплексной программы обеспечения безопасности населения на транспорте».



Основные задачи внедряемого решения заключаются в обеспечении безопасности перевозок опасных грузов и повышении качества контроля в данной сфере. Сейчас на территории РФ зарегистрировано более 300 тысяч единиц автомобильного транспорта, перевозящего опасные грузы. «В настоящее время контроль перевозок опасных грузов осуществляется только на стационарных и мобильных пунктах технического надзора, а также постах ДПС ГИБДД. Естественно, этого недостаточно для обеспечения непрерывного и эффективного контроля за соблюдением правил перевозок опасных грузов», — отмечает директор службы развития продуктов и услуг компании «М2М телематика» Виталий Полторацкий.

Кроме того, в рамках реализации ФЦП «ГЛОНАСС» 2002–2010 «М2М телематика» совместно с региональными партнерами — компаниями «Аргус-Сервис» (г. Кострома), «М2М телематика Иваново» и «М2М телематика Рязань» создала три региональных информационных сервисных центра, которые связаны в единую систему, обеспечивающую контроль соблюдения правил перевозок опасных и специальных грузов при региональных и межрегиональных перевозках. Центры обеспечивают контроль перевозок опасных/специальных грузов внутри региона, а также выдачу телематических данных о транспортных средствах, покинувших территорию подконтрольного региона, в информационные сервисные центры соседних регионов.

Ранее диспетчерские центры создавались исключительно в интересах перевозчиков и логистических компаний, сейчас же на их базе будут осуществляться контролирующие функции как федерального (Ространснадзор) так и регионального уровня (региональные диспетчерские центры).

Благодаря нарабатанному уникальному опыту Группы компаний «М2М телематика» впервые на рынке транспортной телематика решена одна из наиболее актуальных задач в части построения системы многоуровневого контроля перевозок опасных грузов. Использование технологий ГЛОНАСС позволит Ространснадзору в максимально полном объеме выполнять функции контроля перевозок опасных грузов автомобильным транспортом. Ответственность между органами исполнительной власти будет распределяться по территориальному признаку принадлежности — дороги федерального значения, дороги регионального уровня и муниципальные дороги.

«В дальнейшем две системы, реализованные нашей компанией на региональном и федеральном уровнях совместно с федеральным сетевым оператором «НИС ГЛОНАСС», технологическим партнером которого мы являемся, — отмечает исполнительный директор Группы компаний «М2М телематика» Алексей Смятских, — должны быть интегрированы, чтобы обеспечить решение задачи контроля перевозок опасных грузов для всех заинтересованных уровней, начиная с муниципального образования и заканчивая на федеральном уровне в Ространснадзоре».

Система дистанционного контроля и надзора в области обеспечения транспортной безопасности при осуществлении перевозок опасных грузов прошла успешные испытания. Напомним, что Министерство транспорта выпустило Приказ № 20 от 26 января 2012 г., согласно которому определен порядок и точки подключения оборудования ГЛОНАСС к автоматизированному центру контроля и надзора и системе Ространснадзора, а также к диспетчерскому центру субъектов Российской Федерации.

[http://m2m-t.ru/main\\_news/9070/](http://m2m-t.ru/main_news/9070/)

### **Китай запустил 11-й спутник системы Compass/BeiDou-2**

24.02.2012 в 16.02 по Гринвичу (00.02 по Пекинскому времени 25.02.2012) Китай успешно запустил 11-й спутник системы Compass/BeiDou-2. Спутник запущен из космического центра Xichang на юго-западе провинции Sichuan ракетой-носителем Long March-3С на геосинхронную орбиту. Это должен быть 5-й геостационарный космический аппарат в существующем созвездии BeiDou-2.

<http://www.insidegnss.com/node/2963>

<http://www.gpsworld.com/gnss-system/compass/news/>

### **Оборудования ГЛОНАСС/GPS достаточно для оснащения транспорта**

Объемы выпуска навигационно-связного оборудования ГЛОНАСС/GPS уже сегодня достаточно для оснащения всего пассажирского транспорта в РФ до начала 2013 года, заявил РИА Новости гендиректор федерального сетевого оператора «НИС ГЛОНАСС» Александр Гурко. Оснащение пассажирского транспорта (кроме легковых автомобилей) и грузовиков, перевозящих опасные грузы, спутниковой навигацией ГЛОНАСС/GPS станет обязательным в РФ с 1 января 2013 года, следует из материалов Минтранса. Ранее предполагалось, что это правило будет введено в действие на год раньше. В числе причин отсрочки СМИ называли неготовность инфраструктуры, отсутствие в достаточных объемах и дороговизну оборудования, а также критику со стороны Минэкономразвития, полагавшего, что вопросы внедрения ГЛОНАСС недостаточно обработаны. «Оборудование ГЛОНАСС/GPS может быть выпущено в необходимых объемах: в 2011 году более 200 тысяч транспортных средств было оснащено оборудованием ГЛОНАСС/GPS. Резервы для увеличения производства до 500 тысяч комплектов в год и более есть», — сказал Гурко. По его словам, оснащению навигацией подлежат примерно 900 тысяч автобусов (более 100 тысяч уже оснащены), 11 тысяч троллейбусов и 10 тысяч трамваев. Главная цель внедрения ГЛОНАСС на пассажирском транспорте — увеличение безопасности пассажирских перевозок, в первую очередь за счет контроля соблюдения скоростного режима, быстрого реагирования при ДТП и в иных нестандартных ситуациях. Муниципалитеты также получают возможность контролировать соблюдение перевозчиками полученных

лицензий, что необходимо для нормальной организации пассажирских перевозок и управления транспортной ситуацией в городах. Кроме того, то же оборудование предприятия могут использовать для повышения собственной эффективности. «Стоимость стандартного навигационно-связного оборудования ГЛОНАСС/GPS для пассажирского транспорта сейчас составляет около 15 тысяч рублей. Все, что дороже, это опции только по желанию владельца — например, датчики контроля расхода топлива, камеры видеонаблюдения, счетчики пассажиропотока, дополнительные каналы связи через УКВ-радио или спутник», — отмечает глава «НИС ГЛОНАСС». Стоимость оборудования постоянно снижается за счет увеличения объемов производства, снижения стоимости чипсетов ГЛОНАСС/GPS, а также конкуренции между российскими, европейскими и китайскими производителями, говорит Гурко. По его словам, внедрение технологий мониторинга транспорта на предприятии обычно окупается в срок от нескольких месяцев до года, только за счет снижения нецелевого расходования топлива. Кроме того, в ряде регионов местные власти централизованно оптом закупают необходимое навигационно-связное оборудование (что снижает затраты) и передают в лизинг перевозчикам.

По мнению Гурко, затраты государства и регионов на создание и эксплуатацию системы мониторинга могут быть существенно снижены за счет интеграции с государственной системой экстренного реагирования «ЭРА-ГЛОНАСС», пилотные зоны которой уже создаются и которая будет запущена в штатную эксплуатацию на всей территории страны в декабре 2013 года.

Новый приказ о порядке оснащения транспортных средств аппаратурой спутниковой навигации Минюст России зарегистрировал 21 февраля. Приказ вступает в силу в отношении транспортных средств категории N (грузовики) для перевозки опасных грузов и транспортных средств категорий M2, M3 (автобусы) — с 1 января 2013 года; в отношении транспортных средств категории M1 (такси) — с 1 января 2014 года, — говорится в материалах Минтранса. Согласно пояснениям Минтранса, данным агентству «Прайм», перенос сроков связан с тем, что не все владельцы ТС успели в оговоренный ранее срок предпринять необходимые меры по оснащению транспорта.

ОАО «Навигационно-информационные системы» создана в 2007 году, в июле 2009 года постановлением правительства РФ на компанию возложены функции федерального сетевого оператора в сфере навигационной деятельности. АФК «Система» принадлежит 70,01% акций «НИС ГЛОНАСС», а оставшиеся 29,99% — ОАО «Российские космические системы».

<http://www.ria.ru/technology/20120224/574027078.html>

#### **Физики придумали самые точные атомные часы**

Ученые из Университета Нового Южного Уэльса предложили схему атомных часов, которые превосходят по точности современные аналоги на несколько

порядков. Подобная схема в теории дает погрешность порядка одной десятой секунды за 14 миллиардов лет. Для сравнения, время существования Вселенной — 13,6 миллиарда лет.

Статья ученых появится в журнале *Physical Review Letters*, ее краткое изложение приводится на сайте университета, а препринт статьи доступен на сайте *arXiv.org*.

В качестве основного объекта для измерения времени ученые предлагают использовать положительный ион тория-229. Ученые установили, что магнитно-дипольный переход в ядре (то есть периодическое изменение магнитного состояния, связанное с магнитным моментом) в таком ионе можно использовать для отсчета времени.

«В атомных часах в качестве маятника используется электрон, летающий вокруг атомного ядра. Но нам удалось показать, что с помощью лазеров мы можем ориентировать электроны вокруг ядра так, что маятником будет служить нейтрон в ядре», — приводит университет слова одного из авторов исследования Виктора Фламбаума.

Физик также добавил, что именно благодаря подобной схеме ученым удастся достичь высокой точности часов. В частности, это связано с тем, что нейтроны менее подвержены внешним воздействиям, чем электроны. Исследователи предсказывают, что созданные по их схеме часы смогут обеспечить точность отсчета времени до 19 знака после запятой.

Сами ученые говорят, что их часы позволят физикам проводить эксперименты с невероятной точностью. Примечательно, что в августе 2011 года NASA объявило три проекта, которые в рамках программы *Technology Demonstration Missions* получат 175 миллионов долларов на разработку. Одним из проектов стали бортовые атомные часы для космических нужд. В них в качестве маятника планировалось использовать ионы ртути.

<http://www.lenta.ru/news/2012/03/11/time/>

#### **Более 30 станций ГЛОНАСС разместят в районах базирования ВМФ России**

Более 30 станций российской навигационной системы ГЛОНАСС будет развернуто в районах базирования Военно-морского флота, сообщил в воскресенье начальник пресс-службы Южного военного округа полковник Игорь Горбуль. «В рамках реализации ФЦП «Глобальная навигационная система» предусмотрено развертывание более 30 станций навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС в районах базирования ВМФ РФ, в том числе и на Каспийском море», — сказал Горбуль, не уточнив сроки, когда будут развернуты станции. Он отметил, что одна из них расположена на маяке «Сулакский» в Дагестане и входит в состав гидрографической службы Каспийской флотилии. Станция эксплуатируется в опытном режиме, но, несмотря на это, уже выявлен ряд ее несомненных преимуществ, отметил Горбуль.

По его словам, навигационная станция с большой точностью (до 10 метров) определяет места положения надводных кораблей и гражданских судов при плавании по водным путям, что упрощает контроль водного пространства и ускоряет оказание помощи судам при возникновении аварийных ситуаций и других чрезвычайных происшествий. Радиус действия станции составляет около 300 километров, но, как показывают испытания, уверенный сигнал наблюдался и в радиусе 450 километров. «Сейчас уверенный прием навигационных координат ведется на расстоянии 300 километров, что позволяет охватить северную и среднюю часть Каспийского моря и успешно решать задачи боевой и повседневной деятельности корабельных соединений и судов обеспечения Каспийской флотилии», — сказал Горбуль.

<http://ria.ru/science/20120311/591382365.html>  
11.03.2012

[http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=242](http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=242)

### Все российские машины оснастят системой экстренного вызова

Все автомобили российского производства планируется оснастить системой «ЭРА ГЛОНАСС», обеспечивающей вызов экстренных оперативных служб. К такому решению, как сообщает «Интерфакс», пришли участники совещания, которое провел вице-премьер Владислав Сурков. На совещании достигли договоренностей Минпромторг, Минтранс и российские производители автомобилей. Изменения, касающиеся системы «ЭРА ГЛОНАСС», будут внесены в техрегламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств». Требование по оснащению системой «ЭРА ГЛОНАСС» новых легковых и легких коммерческих автомобилей вступит в силу в 2014–2015 годах. В апреле 2012 года этот вопрос обсудят с другими членами Таможенного союза.

Принятое решение, отмечает «Интерфакс», позволит синхронизировать запуск «ЭРА ГЛОНАСС» и ее европейского аналога eCall. О том, что все новые российские автомобили планируется оснащать системой экстренного вызова, в январе 2012 года говорил директор службы разработки абонентского оборудования «НИС ГЛОНАСС» Ярослав Домарацкий.

«ЭРА ГЛОНАСС» основывается на системе спутникового мониторинга транспорта. В случае тяжелой аварии система должна сообщить координаты автомобиля оператору, который затем передаст их службам спасения и ГИБДД. Система навигации ГЛОНАСС, которая лежит в основе «ЭРЫ ГЛОНАСС», разрабатывается Роскосмосом. С 1 января 2012 года транспортные компании, занимающиеся перевозкой пассажиров, должны обеспечить ею все свои машины.

<http://www.lenta.ru/news/2012/03/16/era/>

### В 2011 г. в России было продано 1,52 млн. спутниковых навигаторов

В 2011 г. в России было продано 1,52 млн. спутниковых навигаторов, сообщает исследовательская

компания SmartMarketing. Первое место по объему продаж в количественном выражении заняла компания Prestigio. В течение года она реализовала 432 тыс. устройств, что позволило заполучить 28,5% российского рынка устройств персональной навигации. Второе и третье места заняли соответственно Explay и Prology, с долями рынка 24,8% (376 тыс. навигаторов) и 11,2% (170 тыс. устройств). Четвертое и пятое место: Lexand и Texet соответственно. Первая продала 159 тыс. навигаторов и заняла 10,5%, вторая — 114 тыс. и 7,5%. Один из известнейших брендов на мировом рынке, Garmin, в 2011 г. занял в России девятое место по объему продаж, с долей рынка 2,4% (36 тыс. навигаторов).

<http://www.cnews.ru/news/line/index.shtml?2012/03/22/482575>

### Создан новый навигационный комплекс для танков Т-72 и Т-90

НПО «Прогресс» разработало новый навигационный комплекс ГАЛС-Д2М для российских боевых машин пехоты и десанта, а также основных боевых танков Т-72 и Т-90. Как сообщается в пресс-релизе компании, поступившем в редакцию «Ленты.ру», ГАЛС-Д2М существенно превосходит по своим характеристикам как отечественные, так и американские аналоги. По информации НПО «Прогресс», в состав ГАЛС-Д2М, среди прочего, входят центральный блок управления и навигации, спутниковая антенна, датчик скорости (из рисунка — бесплатформенная инерциальная система и доплеровский измеритель), курсоуказатель водителя, а также цветной сенсорный дисплей командира экипажа. Навигационный комплекс может работать в привязке к системам навигации ГЛОНАСС и GPS, в том числе в режиме исключения несанкционированного доступа, и единой системе управления тактического звена (ЕСУТЗ) «Созвездие М2».

На экранах устройства отображаются данные о географическом местоположении транспортного средства, скорости передвижения и трехмерном пространственном положении танка (или БМП). Кроме того, вычислительная система ГАЛС-Д2М предоставляет экипажу полную информацию о маршруте, цели, пункте назначения и контрольных точках. Информация о маршрутах может храниться на накопителе устройства до пяти лет. Благодаря комплексу датчиков и камер водитель оснащенной ГАЛС-Д2М бронемашины или танка может легко ориентироваться в пространстве. Бортовая вычислительная система предоставляет информацию о ближайших препятствиях, а в режиме ведения боя позволяет работать «в едином информационно-навигационном пространстве с системой вооружения».

Как отмечается в пресс-релизе, ГАЛС-Д2М имеет «конкурентную цену», что позволяет «успешно провести модернизацию старой и оснащение новой бронетанковой техники».

В настоящее время некоторые модификации Т-90 оснащены навигационными комплексами ТНА-4–3.

<http://www.lenta.ru/news/2012/03/30/gals/>



УДК 629.7.05

## ПЕРВАЯ В МИРЕ ВОЗДУШНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС

(К 75-ЛЕТИЮ ИСТОРИЧЕСКОГО СОБЫТИЯ)

*Г. Ф. Молоканов<sup>1</sup>*

*Россия к Арктике развернута своим фасадом*

*Д. И. Менделеев*

*Статья посвящена проведению первой в мире воздушной экспедиции на Северный полюс под руководством флагштурмана Спирина И. Т. в марте – мае 1937 года*

*Ключевые слова: Арктика, астрономические, измерения, маршрут, магнитное, погода, склонение*

## THE FIRST IN THE WORLD AIR EXPEDITION TO THE NORTH POLE (75<sup>th</sup> ANNIVERSARY)

*G. F. Molokanov*

*The paper describes the first in the world air expedition to the North Pole in March-May, 1937 headed by flag navigator Uvan Spirin*

### Арктика.

Арктика с 10 века изучается исследователями, но особенно активно она начала изучаться в конце 19 и начале 20 века с целью освоения ее огромных природных богатств. Климат Арктики очень суровый с низкими температурами воздуха, сильными ветрами, частыми снегопадами, метелями, поземками со сплошной низкой облачностью, морозящими дождями и туманами [1].

Первые в мире полеты в Арктике выполнил на гидросамолете наш соотечественник летчик Нагурский И. И. в августе-сентябре 1914 г., пролетев вдоль западного побережья Новой Земли и у Земли Франца Иосифа, пройдя по маршрутам более 1100 км. Своими полетами он доказал, что на самолете можно достигнуть Северного полюса. В рапорте от 14 октября 1914 г. об итогах своих полетов он писал: «Летать в арктических странах хотя и тяжело, но вполне возможно... Если бы мотор был сильнее на 90...100 сил, то можно было бы летать и к Северному полюсу» [2].

Огромные ледяные безориентирные просторы, сложные погодные условия, отсутствие карт



*Покорители Арктики, Герои Советского Союза: И. Т. Спирин, М. И. Шевелев, М. С. Бабушкин, О. Ю. Шмидт, М. В. Водопьянов, А. Д. Алексеев, В. С. Молоков*

магнитного склонения, неустойчивая работа магнитных компасов, недостаточная точность географических карт, временами непроходимость радиоволн и т. д.— все это крайне усложняет самолетовождение. В его основе в те годы лежали магнитный компас и визуальная ориентировка, возможности которых в Арктике крайне ограничены. Единственным утешением является большая продолжительность полетного дня.

<sup>1</sup> Молоканов Георгий Федосеевич — Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор технических наук, генерал-майор авиации, профессор ВУНЦ «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

## Предыстория

Первая попытка перелета Леваневского С. А. через Северный полюс в Америку, предпринятая в августе 1935 года, оказалась неудачной. Из-за ошибочной оценки течи масла двигателя экипаж, долетев до Кольского полуострова, вернулся обратно. Этот полет и настойчивые просьбы о разрешении перелета через Северный полюс в Америку требовали озаботиться проблемами их обеспечения и, в первую очередь, данными о погоде в самом сердце Арктики, однако работа в этом направлении в те годы не афишировалась, о чем свидетельствует следующий эпизод. После успешного завершения 22–24 июля 1936 г. героического перелета из Москвы через Арктику на Дальний Восток экипаж в составе Чкалова В. П., Байдукова Г. Ф. и Белякова А. В., удостоенных званий Героев Советского Союза, в сентябре отдыхал на юге. Все они были приглашены на дачу к Сталину И. В., где повторили ему свою просьбу – разрешить перелет в Америку. Но Сталин ее отклонил. Как пишет Беляков А. В. «Здесь меня осенила мысль. Сталин упирает на то, что мы не будем знать погоду в центре Арктики. Но мы уже тайком знали, что Главсевморпуть будет готовить экспедицию на самолетах для высадки полярной станции на Северном полюсе. Вот тогда-то информация о погоде будет обеспечена. И я обратился к Сталину:

– Мы знаем, Иосиф Виссарионович, что полярники готовят высадку станции на Северном полюсе. Можно ли надеяться, что после этого нам будет дано разрешение на полет в Америку?

Сталин помолчал, затем неожиданно для нас сказал:

– Мне об этой экспедиции ничего не известно...» [3].

В то же время шла большая подготовительная работа, о которой флагштурман будущей воздушной экспедиции Спирин И. Т. пишет: «По своему значению и масштабам, серьезности подготовки и техническому оснащению воздушная экспедиция в центр арктического бассейна не имела себе равных в истории полярных исследований. Перелету из Москвы на Северный полюс предшествовала огромная организационная работа, без которой невозможно было решить основную задачу экспедиции».

Десятки научно-исследовательских учреждений, конструкторских бюро, заводов и фабрик, многие тысячи советских людей – рабочие, инженеры, врачи, экономисты, астрономы, изобретатели – участвовали в подготовке и снаряжении воздушной эскадры и будущей научной станции «Северный полюс» [4]. Тщательно отбирался и состав предстоящей экспедиции.

### Состав экспедиции

Правительство назначило начальником экспедиции академика Отто Юльевича Шмидта, командиром флагманского корабля – Героя Советского Союза Водопьянова М. В., флагштурманом авиационной группы – Спирина И. Т. Первые пилоты: Герой Советского Союза Молоков В. С., Алексеев А. Д.,

Мазурук И. П., Головин П. Г., Крузе Л. Г., штурманы самолетов: Ритсланд А. А., Жуков Н. М., Аккуратов В. И., Волков А. С., Рубинштейн Л. М. Были определены не только первые, но и вторые пилоты, бортмеханики, главный синоптик, радисты, инженеры специальных служб, два корреспондента центральной печати и кинооператор.

Персонал дрейфующей станции был утвержден в следующем составе: начальник – Папанин И. Д., гидролог и биолог – Ширшов П. П., магнитолог-астроном – Федоров Е. К. (впоследствии академик, главный ученый секретарь АН СССР) и радист Кренкель Э. Т. Всего в экспедицию вошло 42 человека. Это был крепкий и дружный коллектив, готовый отдать все свои силы и опыт, чтобы успешно выполнить ответственное задание.

В эскадру воздушных кораблей, доработанных для полетов в Арктике, вошли 4 тяжелых четырехмоторных самолета АНТ-6 (ТБ-3), два самолета-разведчика – двухмоторный АНТ-4 (ТБ-1), и одномоторный П-5 (Р-5), задачей которых была разведка погоды и льдов. АНТ-4 должен был лететь впереди основной эскадры тяжелых кораблей. На острове Рудольфа имелся седьмой самолет – легкий трехместный «ПС», который предназначался для ближайшей разведки льдов и зондирования атмосферы.

### О флагштурмане экспедиции Иване Тимофеевиче Спирине

Службу в авиации он начал в марте 1919 г. в дивизионе тяжелых кораблей «Илья Муромец», затем многие годы работал штурманом-испытателем в НИИ ВВС (сейчас 929 Государственный летно-испытательный центр МО РФ им. В. П. Чкалова – ред.), выполнив ряд дальних перелетов. Закончил Качинскую школу летчиков, рабфак и три курса индустриально-механического института. В 1935 г. был флагманским штурманом большого воздушного парада над Красной площадью Москвы, а в 1932–36 гг. исполнял обязанности главного штурмана ВВС.

### Выполнение перелета

Старт воздушной экспедиции ожидался во второй половине марта 1937 года. Путь из Москвы до острова Рудольфа, удаленного от полюса на 800 км, был разделен на 4 этапа:

- 1 – Москва – Вологда – Холмогоры;
- 2 – Холмогоры – Нарьян-Мар;
- 3 – Нарьян-Мар – южный остров Новой Земли – Маточкин Шар;
- 4 – Маточкин Шар – северный остров Новой Земли – Баренцево море – Архипелаг Франца Иосифа – остров Рудольфа.

Отсюда четыре тяжелых корабля должны пойти на Северный полюс.

### 1-й этап

Экспедиция стартовала 22 марта 1937 года — в разгар северных сумерек, предшествующих долгому полярному дню. Начало исторической экспедиции положено, взят курс на Вологду и далее на Архангельск. Прижимаясь из-за низкой облачности к земле, экипажи ощущали на высоте 200 м сильную болтанку. Воздушные вихри бросают машины то вверх, то вниз. Мокрый снег облепил стекла кабин. Несколько попыток набрать высоту и пробиться за облака не увенчались успехом, самолет быстро обледеневал. Снизились до высоты 15...20 м, но болтанка не ослабевала, шел обильный снег и впереди по курсу сплошная стена облаков. Третий час полета, прошли Вологду, за которой погода несколько улучшилась и по радиополукомпасу пошли на радиостанцию Архангельска. Но при пересечении второго фронта, непогода вновь начала свирепствовать. Опять пошел густой снег, а низкая облачность вновь стала прижимать к земле. Погода стала улучшаться только при подходе к Архангельску. Когда до него оставалось 80 км, развернулись на Холмогоры, где на заранее подготовленном аэродроме благополучно приземлились. Пройден первый этап, первая тысяча километров на пути к Северному полюсу.

### 2-й этап

На родине гениального русского ученого М. В. Ломоносова экипажи провели несколько дней. Вылет был назначен на 12 апреля. Радиостанции передали, что погода на Маточкином Шаре ясная, не закрыт облаками и остров Рудольфа. Взлетевший ранее разведчик погоды АНТ-4 сообщил, что летит за облаками на высоте 1500 м, погода хорошая, видимость отличная. Но перегруженным тяжелым кораблям с первой попытки взлететь не удалось, пришлось слить по 2 тонны топлива и, сократив маршрут, лететь не до острова Рудольфа, а до Маточкина Шара. Оказавшись в воздухе и пробив облака, корабли на высоте 2000 м оказались под голубым небом. На исходе второго часа полета облачность поредела, а затем совсем оборвалась, открыв суровую красоту Новой Земли, которая проливом Маточкин Шар разделяется на два острова. У восточного устья пролива с 1923 г. действует полярная станция, работники которой подготовили ледяной аэродром, расположенный за 73-й параллелью. На него корабли и совершили посадку уже в настоящей Арктике, где начали готовиться к предпоследнему этапу перелета.

13 апреля стояла прекрасная погода, экипажи отдыхали последнюю ночь, но утром 14 апреля вылет задержала метель, закрутилась поземка, резко усилившийся ветер вздымал снежные вихри, видимость сократилась до 3 метров! Такая внезапная перемена погоды в Арктике явилась причиной ряда трагических эпизодов, когда люди замерзали, не дойдя нескольких метров до порога своих помещений.

Вот выдержка из дневника Спирина И. Т.:

«14 апреля. К вечеру началась буря. Ветер достиг 11 баллов. В воздухе стоит сплошной стон и рев беснувшейся метели. Даже в двух шагах ничего не видно. Ходить невозможно — сбивает с ног. С трудом протянули трос от дома полярников до флагманского корабля» [4].

Установили дежурство, чтобы сберечь самолеты, которые могли быть сорваны с креплений. Ураган на вторые сутки начал утихать, но только к исходу 15 апреля удалось основательно обследовать свои корабли. Двое суток расчищали сугробы и освобождали от снега самолеты.

### 3-й этап

18 апреля, получив сведения о хорошей погоде на острове Рудольфа, корабли взлетели в сумерках при морозе 21 градус. Полярная эскадра ложится на курс и идет вдоль восточного побережья Новой Земли. Увеличивающаяся облачность заставила идти под ней в условиях сильной болтанки и порывистого ветра. Решили пробить облака и на высоте 2200 м пошли строго на север. Цепь арктических гор осталась позади, и эскадра оказалась над открытым Баренцевым морем, увидев в разрывах облачности льды. На горизонте возникло темно-багровое зарево — предвестник восходящего солнца. В бортовом журнале флагманского корабля сделана парадоксальная запись: «24 часа (полночь). Ярко светит солнце».

Подшли к островам архипелага Земли Франца Иосифа, на 82 градусе широты которого с 1932 года действует советская полярная станция. Водопьянов вел самолет по солнечному указателю курса, точно выйдя на остров Рудольфа, на северной части которого увидели посадочную площадку, подготовленную нашими полярниками в то время самой северной в мире научной станции. Все корабли экспедиции удачно произвели посадку.

В разгар полярного дня Спирина И. Т. в качестве летчика на самолете «ПС» с радистом и магнитологом-астрономом вылетели, «чтобы перед стартом на полюс еще раз проверить действие нашего радиомаяка на расстоянии, так как надежная работа всей системы радионавигации являлась одним из важнейших элементов, обеспечивающих успех перелета. Для посадки «ПС» я наметил район примерно в 80...100 километров от нашей базы» [4].

Из-за многочисленных плохо заметных с высоты торосов крайне неудачную посадку произвели на острове Дик. С помощью теодолита по солнцу определили свое местонахождение. Радиограмму на базу передать не удалось — радиоволны не проходили. Испортившаяся погода, сильный мороз, двое суток не запускавший двигатель, не позволили вылететь обратно. Пришлось поголодать, так как экипаж, рассчитывая на скорое возвращение, взял три плитки шоколада и двухсотграммовую пачку сухарей. Преодолев немалые трудности, экипаж смог вернуться на остров Рудольфа.

#### 4-й этап

В дни, предшествующие старту, решили лететь на полюс не всей эскадрой, а одному флагманскому кораблю, а после его посадки на полюсе, вылетят остальные самолеты. На флагманской машине летят: начальник экспедиции, два летчика, штурман, три механика, радист, кинооператор и четверо полярников дрейфующей станции. Зная, что подлинник лучше пересказа и описывая этот этап, ограничимся в основном показом работы штурмана, беря в кавычки фразы из книги Ивана Тимофеевича [4], который на последнем безориентирном участке маршрута, пролегающего через магнитные джунгли Арктики, сумел точно привести экспедицию на самую макушку Земли.

Взлетев с острова Рудольфа, перегруженный корабль медленно набирал высоту. «Тем временем я несколько раз произвел измерения и рассчитал навигационные элементы маршрута, а когда самолет находился над самой станцией, поставил компас на истинный норд... Водопьянов пристально смотрит на компас и указатель скорости. Я показываю ему на стрелку компаса, которая «гуляет» больше, чем положено». Шли на высоте 1000 м, в воздухе тихо, не болтает. Постепенно нарастающий слой облаков превратился в мощные громады, скрывшие солнце.

«Это обстоятельство меня волнует: астрономические наблюдения — самый надежный метод нашей ориентировки. Только с их помощью мы можем уверенно идти к цели. Утешает лишь мысль, что хорошо работает радиомаяк».

Сплошная облачность вынудила набирать высоту, появилось солнце, позволившее на высоте 1450 м сделать астрономические наблюдения. Далее пошли между двумя слоями облаков, пропала видимость солнца и неожиданно прекратились сигналы радиомаяка. «Нам ничего не остается, как только вести корабль по обычным магнитным компасам. Но кто знает, насколько точно, вернее — неточно, действуют они в этих широтах?! На всякий случай запускаю все гироскопические приборы... Напрягая все внимание, стараюсь вести корабль возможно точнее. Это трудно, когда не видишь ни солнца, ни поверхности земли. Мы летим, строго выдерживая заранее рассчитанный курс. Как нужно сейчас солнцу!»

Появившееся в облаках окно позволило сделать астрономические измерения, повторить которые удалось лишь через два часа полета, определив, что флагманский корабль прошел половину пути и приближается к 86-й параллели.

Из радиатора левого среднего мотора из-за течи в магистрали стала быстро уходить вода. Можно ли с тремя моторами на перегруженном корабле продолжать полет? Если придется садиться, то куда, если полет происходит над облачностью и неизвестно годны ли для посадки ледяные поля? К счастью механикам, сумевшим прорезать отверстие в дюралевой обшивке крыла, удалось устранить неисправность, предотвратив вынужденную посадку.

«К девяти часам корабль оказался в сплошном тумане. Теперь мы уже вообще ничего не видели и летели исключительно по приборам. Сигналы радиомаяка по-прежнему не проходили. За все это время мне удалось только три раза, пользуясь маленькими окнами в облачности, быстро измерить высоту солнца и произвести расчет местоположения самолета...»

Пользоваться магнитным компасом становилось все труднее: по мере нашего приближения к полюсу колебания компасной стрелки увеличивались, и порой совершенно невозможно было определить ее показания. В этих случаях я переходил на гироскопический полукомпас, который выручал нас в очень трудной обстановке полета.

Корабль упорно пробивался к самому сердцу Арктики. На 88 параллели туман резко оборвался, и мы неожиданно оказались в сияющем солнечном пространстве... Произвожу одно за другим астрономические наблюдения. Корабль идет точно по курсу. До цели остается около 100 километров. Примерно через час мы должны быть у Северного полюса... Снова заработал радиомаяк. Идем точно по курсу... Произвожу астрономические наблюдения и тут же беру серию радиопеленгов. Сопоставляю полученные данные с показаниями радиомаяка и с волнением докладываю Шмидту:

- Через две минуты — полюс!
- Отлично!
- Разрешите пролететь еще десять минут — за полюс?
- Зачем?!

Начальник экспедиции несколько удивлен, и я спешу объяснить:

— Сейчас над полюсом густой слой облаков. Если мы сядем точно на полюсе, где, по-видимому, не сумеем быстро определиться из-за того, что солнце скрыто за облаками, то за время от момента посадки до астрономического наблюдения нас уже отнесет дрейфом в направлении Рудольфа или немного западнее его. Вот и окажется, что мы не дошли до полюса!»

Шмидт одобрил это предложение. На 11-й минуте после прохождения над полюсом развернулись на 180 градусов и начали снижение. Обнаружив подходящую льдину с ровной площадкой, благополучно произвели посадку. Тревожное молчание людей сменилось бурным взрывом радости, объятиями, поцелуями, громким криком «ура»!

Это случилось 21 мая 1937 года, и этот день стал знаменательным в истории освоения Центрального полярного бассейна.

Через некоторое время на полюс благополучно прилетели три остальных тяжелых корабля эскадры.

#### Возвращение

Экспедиция провела на льдине шестнадцать суток, хорошо устроив жильё для остающихся указанных ранее четырех полярников, которым предстояло

дрейфовать на этой льдине в течение целого года. Поставили жилую палатку, построили радиостанцию, склады и походные лаборатории.

Дрейфующая станция СП-1 положила начало планомерному изучению высокоширотных районов полярного бассейна в интересах навигации, метеорологии и гидрологии, обеспечив информацией о погоде героические перелеты экипажей Чкалова В. П. и Громова М. М. через Северный полюс в Соединенные Штаты Америки.

В середине июня воздушная эскадра снова была в воздухе и с аналогичными трудностями, которые успешно преодолела на пути к полюсу, благополучно вернулась в Москву, «остро почувствовав прелесть теплой и уютной комнаты, чистой постели и вкусной пищи».

Участники воздушной экспедиции были награждены высокими правительственными наградами, а ее флагштурману Спирину Ивану Тимофеевичу 7 июня 1937 г. было присвоено звание Героя Советского Союза. Кроме того, за большой вклад в дело освоения Арктики он стал доктором географических наук и профессором.

И вполне естественно, что при создании 9 Сентября 1938 г. в Военно-воздушной академии им. проф. Н. Е. Жуковского штурманского факультета, он стал его первым начальником.

Автор этих строк, исполнявший на штурманском факультете ВВА им. Ю. А. Гагарина обязанности начальника кафедры самолетовождения, в течение нескольких лет тесно работал с Иваном Тимофеевичем — выдающимся авиационным штурманом и замечательным человеком.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Советская военная энциклопедия. Том 1.— М.: Воениздат, 1978.
2. Советская военная энциклопедия. Том 5.— М.: Воениздат, 1978.
3. Беляков А. В. В полет сквозь годы.— М.: Воениздат, 1981.—350 с.
4. Спирин И. Т. В голубом небе.— М.: Изд. Советская Россия, 1960.—204 с.







## К 80-ЛЕТИЮ АНАТОЛИЯ НИКОЛАЕВИЧА КОРОТОНОШКО

### 80<sup>th</sup> Anniversary of Anatoly Korotonoshko

4 апреля 2012 года исполнилось 80 лет со дня рождения Коротоношко Анатолия Николаевича.

Анатолий Николаевич — выпускник Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана. Окончив институт в 1955 году, он поступил на работу в МНИИ приборной автоматики на должность младшего научного сотрудника и с самого начала трудового пути активно проявил себя в создании системы электронного съема информации для аппаратуры наведения истребительной авиации.

С 1957 года Анатолий Николаевич работал над созданием комплексного моделирующего стенда наведения истребительной авиации, а в 1959 году начал заниматься радиолокационными устройствами кодирования информации.

Благодаря преданности делу и упорному труду Анатолий Николаевич неуклонно рос как специалист. С 1965 по 1984 год он прошел путь от заместителя Главного конструктора до Главного конструктора нескольких военных комплексов, которые были приняты на вооружение и которыми были оснащены 254 объекта, а в 1971 году стал научным руководителем и главным инженером МНИИПА.

В 1977 году А. Н. Коротоношко был назначен начальником Главного технического управления Министерства радиопромышленности СССР и членом коллегии, с 1984 по 1991 год работал заместителем министра радиопромышленности СССР, а с 1992 по 1996 год — заместителем министра транспорта Российской Федерации.

В этой должности Анатолий Николаевич стал разработчиком первой Российской федеральной целевой программы по гражданскому использованию системы ГЛОНАСС. Программа была утверждена Правительством РФ в 1997 году и успешно выполнялась до 2002 г., что позволило поддержать

систему ГЛОНАСС в эти трудные годы и послужило основой для разработки ФЦП по поддержанию и развитию системы ГЛОНАСС в последующие десятилетия.

В 1996 году Анатолий Николаевич возглавил ОАО «Аэрокосмосинвест», которым руководит и поныне. В настоящее время он работает над проблемами повышения помехоустойчивости системы ГЛОНАСС и развития пользовательских характеристик этой системы. Активный член редколлегии нашего журнала.

А. Н. Коротоношко был одним из первых специалистов по созданию автоматизированных систем управления на базе цифровой электронной техники и одним из создателей и руководителей разработки научных и технических основ прогрессивной автоматизированной технологии программирования, унификации и стандартизации технологии создания программного обеспечения АСУ в отрасли. Кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Он лауреат Государственной премии СССР (1976 г.), имеет два ордена Трудового Красного Знамени, лауреат премии Совета Министров СССР (1985 г.), награжден юбилейными медалями.

Межгосударственный совет «Радионавигация», коллектив Открытого акционерного общества «Научно-технический центр современных навигационных технологий «Интернавигация», Исполком Российского общественного института навигации и редакция журнала «Новости навигации» с чувством глубокого уважения и от всей души поздравляют Вас, дорогой Анатолий Николаевич, с юбилеем — 80-летием со дня рождения. Желаем Вам крепкого здоровья, еще многих лет активной деятельности, счастья, благополучия Вам и Вашим близким.

# ОТЧЕТ «МАРКЕТИНГОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

(НАП ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO) В 2004 – 2010 гг.»

GLONASS/GPS/GALILEO USER EQUIPMENT MARKET INVESTIGATION (2004 – 2010)

*Предлагаемый отчет содержит результаты исследования российского рынка навигационной аппаратуры потребителей (НАП) глобального позиционирования, проведенного ООО «Центр консалтинговых услуг «ИНТЕРКОН» на основе анализа информации о состоянии мирового рынка НАП ГНСС, данных внешнеэкономических контрактов (таможенной статистики) за 2004–2010 гг., данных внутреннего производства и другой доступной информации*

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.

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.

Структура отчета опубликована на сайте ФГУП НТЦ «Интернавигация» [www.internavigation.ru](http://www.internavigation.ru)

**Полная версия отчета распространяется  
ФГУП НТЦ «Интернавигация»**

**Контактный тел. (495) 626-25-01.**

**Директор – Царев Виктор Михайлович.**

**Ефанов В. Н. Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы:** [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Приборостроение» и специальности «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы»] / В. Н. Ефанов, В. П. Токарев.— Москва: Машиностроение, 2010.— 783 с.: ил.— Библиогр.: с. 775–777 (31 назв.) ISBN 978-5-217-03464-2: 73,94.

\*\*\*

**Памяти профессора Л. П. Несенюка.** Избранные труды и воспоминания.— СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2010.— 254 с. ISBN 5-900780-79-5.

\*\*\*

**«ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования».** Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд-во «Радиотехника», 2010.

Изложены принципы построения спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, 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, перспективы совершенствования космического и наземного сегментов, контроля целостности, использования высокоточных фазовых измерений, интегрирования с инерциальными системами навигации и использования пространственной обработки сигналов. Для специалистов по разработке, производству и эксплуатации аппаратуры потребителей СРНС ГЛОНАСС, а также для студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов при изучении радиотехнических дисциплин.

\*\*\*

**Степанов О. А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Часть 1. Введение в теорию оценивания.**— СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2009.— 496 с.

В книге излагаются общие принципы и подходы, используемые при построении алгоритмов оценивания как в линейных, так и в нелинейных задачах. Значительное внимание уделяется обоснованию возможности синтеза наиболее распространенных стохастических алгоритмов оценивания на основе детерминированного подхода, не требующего привлечения понятий теории вероятностей. Анализируются взаимосвязь алгоритмов, получаемых в рамках рассматриваемых подходов при различном объеме априорной информации. Методы и алгоритмы, полученные для постоянного вектора, обобщаются применительно к оцениванию случайных последовательностей, наиболее важными из которых являются алгоритмы калмановского типа.

Предлагаемый материал поясняется на примерах и задачах методического характера, а также задачах, связанных с обработкой навигационной информации, в частности, применительно к задачам оценивания коэффициентов полинома, определения сдвига между реализациями, определения координат по точечным ориентирам, комплексной обработки избыточных измерений. При этом значительное внимание уделяется алгоритмам, используемым при коррекции навигационных систем с привлечением внешних данных. К примеру, здесь обсуждаются особенности реализации слабосвязанных и сильносвязанных схем комплексов, получивших наибольшее распространение при построении интегрированных инерциально-спутниковых систем.

Приводятся необходимые сведения из теории вероятностей и матричных исчислений, а также описание используемых разделов Matlab.

Книга подготовлена с учетом многолетнего опыта, накопленного автором при проектировании алгоритмов обработки для навигационных систем различного типа, а также опыта преподавания и чтения лекций для аудитории с разным уровнем подготовки. Материал четко структурирован, что существенно облегчает его изучение и возможность использования для формирования курсов лекций по отдельным разделам для слушателей с различным уровнем подготовки.

*Книга подготовлена как учебное пособие, имеет рекомендацию Учебно-методического объединения вузов по университетскому политехническому образованию по направлению «Системы управления движением и навигация» при МГТУ им. Н. Э. Баумана. Адресована студентам старших курсов и аспирантам, а также инженерам и научным работникам, чьи интересы связаны с проблемами построения эффективных алгоритмов оценивания не только применительно к задачам обработки навигационной информации, но и в смежных областях, связанных с задачами обработки гидроакустической информации и траекторного слежения.*

\*\*\*

**Прихода А. Г., Лапко А. П., Мальцев Г. И., Бунцев И. А. GPS-технология геодезического обеспечения геолого-разведочных работ.**— Новосибирск: СНИИ ГГиМС, 2008.— 274 с., прил. 5.

**Баклицкий В. К. Корреляционно-экстремальные методы навигации и наведения.**— Тверь: ТО «Книжный клуб», 2009.— 360с. ББК 39.0 Б 19

В монографии проведен обобщенный анализ основных положений теории фильтрации пространственно-временных сигналов и представлены новые результаты, полученные в этом направлении.

Результаты теоретических исследований иллюстрируются примерами корреляционно-экстремальных систем автоматической навигации и наведения, использующих для наблюдения за ориентирами датчики различного типа (радиолокационные, тепловые, телевизионные и т. д.). Теоретические результаты дополнены математическими и натурными экспериментами.

Монография предназначена для специалистов в области автоматической навигации, наведения и распознавания образов. Она также может быть полезна студентам старших курсов соответствующих вузов. По всем вопросам приобретения монографии можно обращаться по сотовому телефону 8-906-656-55-99 к координатору издательского проекта Кудрявцеву Вячеславу Николаевичу. [tverbook@mail.ru](mailto:tverbook@mail.ru)

\*\*\*

**Поваляев А. А. Спутниковые радионавигационные системы: время, показания часов, формирование измерений и определение относительных координат.**— М.: Изд-во «Радиотехника», 2008.— 328 с.

В книге на основе критического обзора выявлена противоречивость смыслового содержания, придаваемого в литературе по спутниковой навигации понятиям «псевдозадержки» («псевдодальности») и «псевдофазы». Проведено уточнение этих понятий, устраняющее выявленные противоречия. Изложены основы теории формирования измерений псевдозадержек и псевдофаз в навигационных приемниках. Приведены основные положения теории линейного оценивания при неоднозначных измерениях. Рассмотрено решение нескольких важных прикладных задач обработки неоднозначных измерений псевдофаз при относительных определениях в спутниковых радионавигационных системах. Книга предназначена для разработчиков программного обеспечения измерений в каналах навигационного приемника, специалистов в области обработки неоднозначных измерений, а также аспирантов и студентов.

\*\*\*

**Урличич Ю. М. Система ГЛОНАСС. Состояние, перспективы развития и применения.**— М.: Информзнание, 2011.— 32 с.

\*\*\*

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

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

**Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD.— М.: Профессиональные конференции, 2009.**

*Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD.— М.: Профессиональные конференции, 2010.*

*Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD.— М.: Профессиональные конференции, 2011.*

\*\*\*

*«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).*

*«XVI Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 25–27 мая 2009, Санкт-Петербург, Россия (ISBN 978-5-900780-66-5).* (На русском языке

опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

*«16<sup>th</sup> St Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 25–27 May, 2009, St. Petersburg, Russia (ISBN 978-5-900780-67-2).*

*«XVIII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 30 мая – 1 июня 2011, Санкт-Петербург, Россия (ISBN 978-5-91995-002-8).* (На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

*«18<sup>th</sup> St Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 30 May – 1 June, 2011, St. Petersburg, Russia. (ISBN 978-5-91995-004-2), англ.*

По вопросам приобретения трудов конференции обращаться в ЦНИИ «Электроприбор»: 197046, С-Петербург, ул. М. Посадская, 30, ОАО «Концерн «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 2012 – 2014 ГГ.

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

- АПРЕЛЬ 17–18 2012**  
**VI Международный форум по спутниковой навигации**  
 Москва, ЦВК «Экспоцентр».  
[www.glonass-forum.ru](http://www.glonass-forum.ru)
- APRIL 23–26 2012**  
**2012 European Frequency and Time Forum**  
 Gothenburg, Sweden.  
<http://www.insidegnss.com>
- APRIL 23–27 2012**  
**Geospatial World Forum 2012**  
 Amsterdam, Netherlands.  
<http://www.insidegnss.com>
- APRIL 24–26 2012**  
**IEEE/ION PLANS 2012**  
 (Tutorials: April 23)  
 Myrtle Beach Marriott Resort & Spa, Myrtle Beach, South Carolina  
[www.ion.org](http://www.ion.org)
- APRIL 25–27 2012**  
**ENC 2012**  
**European Navigation Conference.**  
 Gdansk, Poland.  
<http://www.insidegnss.com>
- MAY 3–5 2012**  
**Intergeo East 2012**  
 Istanbul, Turkey  
 Geo data is a key element in today's business processes. The trade fair and conference Intergeo East is the central communication platform in South East Europe for this rapidly growing market covering aspects that range from recording, gathering and processing geoinformation to distributing and supplying it. The conference trade fair for land management, geoinformation, building industry and environment will give the industry real impetus for the future of the region.  
<http://www.gpsworld.com>
- MAY 21–24 2012**  
**6th GNSS Vulnerabilities and Solutions Conference**  
 Baska, Krk Island, Croatia  
<http://www.insidegnss.com>
- МАЙ 28–30 2012**  
**XIX Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам.**  
 Санкт-Петербург, ОАО «Концерн ЦНИИ «Электроприбор». 197046, С-Петербург, Россия, ул. Малая Посадская, 30, ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». Тел.: (812) 499-82-10, (812) 499-81-57; факс: (812) 232-33-76; e-mail: ICINS@eprib.ru.  
<http://www.elektropribor.spb.ru/cnf/icins2012/rindex.php>
- MAY 2012**  
**3<sup>rd</sup> China Satellite Navigation Conference (CSNC2012)**  
 Guangzhou, China  
<http://www.insidegnss.com>
- JUNE 12–14 2012**  
**SDE/ION Joint Navigation Conference 2012**  
 (Tutorials: June 11)  
 Tutorials and FOUO Sessions: Crowne Plaza Hotel, Colorado Springs, Colorado  
[www.ion.org](http://www.ion.org)
- JULY 1–3 2012**  
**COMGeo 2012**  
**The International Conference on Computing for Geospatial Research and Application**  
 Washington, Washington D. C., USA. COM.Geo 2012 is the 3<sup>rd</sup> International Conference on Computing for Geospatial Research and Applications, to be held on July 1–3, 2012, in the Washington, D. C., area. COM.Geo Conference is a leading-edge computing for geospatial conference, focusing on the latest computing technologies for multidisciplinary research and development that enables the exploration in geospatial areas. Innovative geospatial research and application technologies are the brightest spotlights at COM.Geo conference. COM.Geo is playing a guiding role to advancing the technologies in computing for geospatial fields.  
<http://www.gpsworld.com>
- JULY 14–22 2012**  
**COSPAR 2012: Committee on Space Research Scientific Assembly**  
 Mysore, India  
<http://www.gpsworld.com>
- JULY 16–17 2012**  
**National Geodetic Survey Real-Time GNSS Network Symposium**  
 Memphis, Tennessee, USA.  
<http://www.insidegnss.com>
- JULY 23–27 2012**  
**2012 Esri International User Conference**  
 San Diego, California, United States (USA)  
<http://www.insidegnss.com>
- AUGUST 1–3 2012**  
**ICCE 2012**  
**Special Session: Satellite Navigation Technologies**  
 Hue, Vietnam  
<http://www.insidegnss.com>
- AUGUST 6–9 2012**  
**AUVSI Unmanned Systems North America 2012**  
 Las Vegas, Nevada USA  
<http://www.insidegnss.com>

**SEPTEMBER 12–14 2012**

**VTS Symposium**

Istanbul, Turkey.

<http://www.iala-aism.org>

**SEPTEMBER 17–21 2012**

**ION GNSS 2012**

(Tutorials: September 20–21)

Nashville Convention Center, Nashville, Tennessee,  
USA

[www.ion.org](http://www.ion.org)

**OCTOBER 1–3 2012**

**14<sup>th</sup> IAIN World Congress**

International Association of Institutes of Navigation

Egypt, Cairo.

[www.iainav.org](http://www.iainav.org)

**OCTOBER 1–3 2012**

**ESTEL Conference 2012:**

Europe Space and Satellite Telecommunications

Rome, Italy

<http://www.insidegnss.com>

**OCTOBER 3–4 2012**

**UPINBLS 2012**

**2012 Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service**

The second International Conference and Exhibition on Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation, and Location Based Service, UPINLBS 2012, will be held October 3–4 at the Hilton Hotel Strand in Helsinki, Finland.

<http://www.insidegnss.com>

**OCTOBER 9–11 2012**

**Intergeo 2012**

Hannover, Germany. Intergeo is a conference and trade fair for geodesy, geoinformation, and land management. Held in a different location in Germany each year, INTERGEO

stimulates and guides dialogue within the industry. Regional and global sales markets intermesh and promote ongoing communication with all the relevant target groups.

<http://www.gpsworld.com>

**OCTOBER 22–26 2012**

**19<sup>th</sup> ITS World Congress**

The 19<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Transport Systems will be held in Vienna, Austria,

<http://www.gpsworld.com>

**NOVEMBER 4–7 2012**

**ICG-7 Seventh Meeting of the International Committee on GNSS**

Beijing, China

<http://www.insidegnss.com>

**NOVEMBER 13–15 2012**

**IPIN 2012**

2012 Indoor Positioning and Indoor Navigation

Sydney, Australia

<http://www.insidegnss.com>

**JANUARY 28–30 2013**

**ION International Technical Meeting**

The ION International Technical Meeting will be held January 28–30, 2013, at the Catamaran Resort Hotel in San Diego, California.

[www.ion.org](http://www.ion.org)

**SEPTEMBER 17–20 2013**

**ION GNSS 2013**

(Tutorials: September 16–17)

Nashville Convention Center, Nashville, Tennessee

[www.ion.org](http://www.ion.org)

**JANUARY 27–29 2014**

**ION International Technical Meeting**

Catamaran Resort Hotel, San Diego, California

[www.ion.org](http://www.ion.org)



**УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!**

**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. С учетом почтовых расходов и НДС (10%) стоимость подписки на 2011 год – 2600 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,  
ОАО «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 (формат А4, А5):**

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 Открытого акционерного общества «Научно-технический центр современных навигационных технологий «Интернавигация» (ОАО «НТЦ «Интернавигация»)

ИНН/КПП 7709877563/770901001

ОГРН 1117746369531

ОКАТО 45286555000

**Реквизиты банка:**

Межгосударственный банк г. Москва

БИК 044525362 к/счет 30101810800000000362 р/счет 40502810100000000008

Платежное поручение № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 \_\_\_\_ 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, список ключевых слов и УДК;
  - аннотацию на русском и английском языках;
  - текст статьи;
  - список литературы в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008.

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

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 Regular». Нельзя использовать малораспространенную группу шрифтов **Symbol Bold**, *Symbol Italic* и **Symbol Bold Italic** как в тексте, так и при наборе формул в Microsoft Equation. 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 MS Word, предпочтительно в портретной ориентации, в черно-белом цвете. Не допускается использование сканированных графиков и формул. Математические формулы оформляются через редактор формул «Microsoft Equation», **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.