

# НОВОСТИ НАВИГАЦИИ

№ 4, 2014 г.

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

Редакционная коллегия:

Главный редактор – Царев В. М.,  
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.,  
заслуженный деятель науки РФ;  
Верещако В. А.;  
Власов В. М., д. т. н., проф.;  
Донченко С. И., д. т. н.;  
Зубов Н. П., д. в. н., проф.,  
заслуженный деятель науки РФ;  
Коротышко А. Н., к. т. н.;  
Муравьев А. Б.;  
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.;  
Харин Е. Г., д. т. н., проф.;  
Чернодаров А. В., д. т. н.;  
Ярлыков М. С., д. т. н., проф.,  
заслуженный деятель науки  
и техники РФ.

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

Издание подготовлено  
и распространяется ОАО «НТИЦ  
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

РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ОТ 9 АВГУСТА 2014 Г. № 1498-Р МОСКВА ..... 3

### МЕЖДУНАРОДНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

О 23 СЕССИИ СОВЕТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ  
РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ (ФЕРНС) ..... 4

### В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СОВЕТЕ «РАДИОНАВИГАЦИЯ» И В РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ НАВИГАЦИИ

9-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ТЕНДЕНЦИИ И ГАРМОНИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ  
РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ» ..... 8

43-е ЗАСЕДАНИЕ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СОВЕТА «РАДИОНАВИГАЦИЯ» ..... 11

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ, ОБЗОРЫ, РЕФЕРАТЫ

ПОЛНЫЕ СВОС-СИГНАЛЫ И ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ  
В СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ  
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ..... 14  
М. С. Ярлыков, С. М. Ярлыкова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО СИГНАЛАМ  
ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ..... 26  
А. А. Поваляев

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ  
МОДУЛЕЙ ГЛОНАСС/GPS В ИНТЕРЕСАХ МВД РОССИИ ..... 38  
А. А. Бермишев, В. Л. Лапшин, О. В. Абрамов, И. А. Ефимов

ОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ..... 44

### КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, СОВЕЩАНИЯ

IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС «ЭРА-ГЛОНАСС» ..... 56

VI МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ ..... 57

НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НАУЧНОЕ И КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ» ..... 58

### ИЗ ИСТОРИИ НАВИГАЦИИ

К 70-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ОАО «АЭРОПРИБОР-ВОСХОД» ..... 60

НОВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ..... 64

ПЛАНЫ И КАЛЕНДАРИ ..... 69

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

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

---

---

<b><u>OFFICIAL DOCUMENTS</u></b> .....	3
<b><u>INTERNATIONAL ACTIVITIES</u></b>	
ON THE 23 <sup>rd</sup> FERNS COUNCIL SESSION.....	4
<b><u>IN THE RADIONAVIGATION INTERSTATE COUNCIL AND IN THE RUSSIAN PUBLIC INSTITUTE OF NAVIGATION</u></b>	
IX INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE «TRENDS AND HARMONISATION OF RADIONAVIGATION DEVELOPMENT» .....	8
43 <sup>rd</sup> SESSION OF THE RADIONAVIGATION INTERSTATE COUNCIL OF THE CIS.....	11
<b><u>SCIENTIFIC ARTICLES, REVIEWS, SYNOPSES</u></b>	
ENTIRE CBOC SIGNALS AND ITS POWER SPECTRAL DENSITIES IN NEW-GENERATION SATELLITE RADIO NAVIGATION SYSTEMS.....	14
M. S. Yarlykov, S. M. Yarlykova	
OBJECT ATTITUDE DETERMINATION ON SIGNALS OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS .....	26
A. A. Povalyaev	
THE RESULTS OF COMPARATIVE TESTS OF GLONASS/GPS NAVIGATION MODULES IN THE INTERESTS OF THE MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS OF RUSSIA .....	38
A. A. Bermishev, V. L. Lapshin, O. V. Abramov, I. A. Efimov	
<b><u>OPERATING INFORMATION</u></b> .....	44
<b><u>CONFERENCES, EXHIBITIONS, MEETINGS</u></b>	
IV INTERNATIONAL CONGRESS ERA-GLONASS.....	56
VI MOSCOW INTERNATIONAL CONGRESS ON INTELLECTUAL TRANSPORTATION SYSTEMS.....	57
CONFERENCE «SCIENTIFIC AND PERSONNEL SUPPORT OF THE FOOD SECURITY OF RUSSIA.....	58
<b><u>FROM THE HISTORY OF NAVIGATION</u></b>	
70 <sup>th</sup> ANNIVERSARY OF «AEROPRIBOR-VOSKHOD».....	60
<b><u>NEW PUBLICATIONS</u></b> .....	64
<b><u>PLANS AND CALENDARS</u></b> .....	69



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**РАСПОРЯЖЕНИЕ**

от 9 августа 2014 г. № 1498-р Москва

1. Утвердить прилагаемый план мероприятий («дорожную карту») по созданию открытого акционерного общества «ГЛОНАСС», развитию государственной автоматизированной информационной системы «ЭРА-ГЛОНАСС» и ее использованию в интересах других информационно-навигационных комплексов и систем, создаваемых федеральными органами исполнительной власти и организациями (далее — план).
2. Руководителям федеральных органов исполнительной власти, ответственных за реализацию плана, обеспечить реализацию плана.
3. Федеральным органам исполнительной власти, ответственным за реализацию мероприятий плана, ежеквартально, до 15-го числа месяца, следующего за отчетным периодом, представлять в Минтранс России отчет о ходе исполнения плана.
4. Минтрансу России ежеквартально, до 25-го числа месяца, следующего за отчетным периодом, представлять в Правительство Российской Федерации отчет о ходе исполнения плана.

*Председатель Правительства  
 Российской Федерации*



*Д. Медведев*

2413508

<http://government.ru/media/files/GssPmiqU0FY.pdf> 03.11.2014

# О 23 СЕССИИ СОВЕТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ (ФЕРНС)

## ON THE 23<sup>rd</sup> FERNS COUNCIL SESSION

23 сессия Совета (ФЕРНС 23) проходила в г. Ниньбо, Китайская Народная Республика, в период с 20 по 24 октября 2014 г. Председатель сессии Чжай Цзюань, заместитель генерального директора Администрации безопасности на море Китайской Народной Республики, открыл заседание и приветствовал всех участников от себя и от имени капитана Чена Эйпина, генерального директора Администрации безопасности на море Китая. Он пожелал успешной работы Совету ФЕРНС, который ежегодно проводится, начиная с 1992 года. После этого он объявил о начале работы



### Члены Совета представили отчеты каждой Страны по программе Лоран-С/Чайка.

Китай доложил о функционировании, техническом обслуживании, улучшении оборудования и тренировках персонала в Китайской системе Лоран-С, в частности об улучшении системы защиты источников питания для системы.

Также было отмечено, что в период с августа 2012 по июль 2013 доступность сигнала отвечала спецификации.

Япония представила отчет об операционном статусе Северо-Восточной Тихоокеанской цепи (цепь D), который содержал информацию о доступности каждой передающей станции и триад с августа 2013 года по июль 2014. Цифры составили 99,82% и выше, включая период планового отключения, за исключением ведущей станции Нииджима, которая была выключена с 19 июля 2012 года по причине падения антенны от серьезного тайфуна.

О статусе станций Лоран-С в Корейско-Российско-Японской цепи (GRI 9930) был представлен документ, в котором отражена информация о доступности сигнала каждой станции и базовая информация о цепи. Цифры составили 99,28% и выше, за исключением

### 23 сессии Совета ФЕРНС.

В работе сессии принимали участие члены Совета и наблюдатели:

- Страны-члены:
- Китайская Народная Республика;
- Япония;
- Республика Корея;
- Российская Федерация.
- Наблюдатели:
- Международная ассоциация технических средств навигации и маячных служб (МАМС);
- Великобритания.

Проект повестки сессии был принят без изменений.

станции Уссурийск, по которой результат составил 90,18% по причине учета выключения станции на период технического обслуживания.

Россия доложила о результатах работы российских станций в цепях В и С. Доступность составил 0,9999 для цепей В и С на период с октября 2013 по октябрь 2014 гг. Время на проведение технического обслуживания не принималось во внимание.

Наблюдатель от МАМС представил презентацию о разработке и развитии Е-Навигации:

- Работа комитета Е-Навигации и различных форумов, проводимых МАМС по этой тематике;
- О направлениях, напрямую организованных МАМС;
- Специальные работы, выполняемые 5ой рабочей группой комитета по Е-Навигации по PNT;
- Необходимость в испытательных стендах и способах информирования международного морского общества через веб-сайт ([www.e-navigation.net](http://www.e-navigation.net)).

В дополнении к этому МАМС представила информацию о:

- конференции, прошедшей в Ла Корона в мае 2014 г.;
- решениях, принятых во время конференции Генеральной ассамблеи по старту процесса изменения статуса Ассоциации из неправительственной в международную правительственную организацию.
- обучении и повышении квалификации посредством работы Всемирной Академии МАМС. Пользуясь возможностью, декан Академии выразил благодарность Китаю, Японии и Корее за поддержку, оказываемую странами в целях взаимодействия с Академией.

Наблюдатель из Великобритании рассказал о программе eЛоран, которая ведется в его стране. Он напомнил об уязвимости спутниковой навигации и рисках потери сигнала из-за влияния космической погоды, случайных радиопомех и, что самое главное, от преднамеренного глушения сигнала. Он привел несколько примеров возникновения помех в таких ситуациях, в которых ГНСС наиболее уязвима не только в морской навигации, но и на суше. Он подробно рассказал о необходимости интегрированного использования GPS в наше время, а также о требованиях надежного КВНО для внедрения е-Навигации и важности точной синхронизации, которую может обеспечить е-Лоран.

Он также описал детали системы е-Лорана Единой маячной службы, которая в настоящее время находится в режиме эксплуатации, обслуживая порт Дувра и часть Дуврского пролива, и возможности обеспечения точной синхронизации телекоммуникации между Великобританией и Ирландией. Великобритания готовит и реализует план по внедрению е-Лоран в своей стране, в рамках которого 7 портов будут оборудованы к концу 2014 года и все воды Великобритании будут покрыты к 2019 году. Реализация плана нацелена на достижение требований, согласованных и установленных ИМО по всемирной навигационной системе,

которые регламентируют обеспечение 10-метровой точности в подходах к портам и прибрежной территории. Наблюдатель завершил свое выступление объяснением текущей ситуации по Лорану в Европе и резюмировал, что к концу 2015 года ожидаются альтернативные решения при поддержке инициативных представителей промышленности для развертывания е-Лоран как коммерческого предприятия в Европе.

Отвечая на несколько вопросов председателя, наблюдатель подтвердил, что все системы ГНСС имеют одинаковую слабость к помехам, так как все приемники маломощны и их работу легко нарушить с помощью помех. Но это не относится к системе е-Лоран, которая использует значительно большую мощность с более низкой частотой. Эта система также является хорошим решением для навигации в Арктике и Антарктических водах, где спутники расположены низко над горизонтом и сгруппированы в одной области. Это накладывает условия на точность работы ГНСС. Современные приемники могут совмещать прием сигналов и ГНСС и Лоран, путем выбора наиболее подходящего сигнала.

#### **На сессии были обсуждены технические вопросы совместных цепей ФЕРНС**

Китай сделал доклад о методах демодуляции и декодирования для усовершенствованного сигнала Лоран. Усовершенствованная навигационная система Лоран – это новая технология с функцией добавления канала передачи данных через модулирование импульсного сигнала, передаваемого Лоран-С. Демодулирование сигнала в приемнике производится по предварительно отслеженному и полностью идентифицированному импульсному сигналу.

Корея проинформировала Совет об изменении плана реализации корейской системы е-Лоран, который был представлен в 2013 году. Корейское Правительство действительно осознало необходимость создания Корейской системы е-Лоран, описанной на 22 сессии Совета, и выработало решение принять следующие фазы реализации плана:

- 2014–2016: установка 2 передающих станций е-Лоран (1 новая, 2 улучшенные станции) и 2 дифференциальных корректирующих станций д-Лоран.,
- 2017: работа в тестовом режиме,
- 2018: эксплуатация в штатном режиме,
- После проведения тестов модифицированной системы е-Лоран Корейское Правительство будет рассматривать вопрос о необходимости увеличения количества станций для полной эксплуатационной готовности.

Россия сообщила, что на 21 сессии Совета ФЕРНС российская делегация внесла предложение по созданию объединенной Российско-Корейской навигационной цепи в Дальневосточном регионе. Двусторонняя встреча между делегациями России и Кореи прошла в рамках 22 сессии Совета ФЕРНС на острове Чеджу, Корея, где было принято решение разработать Меморандум о намерениях и организовать обмен

визитами на станции Уссурийск и Поханг для анализа ситуации на обеих станциях.

Россия проинформировала Совет, что официальные ведомства Российской Федерации одобрили проект Меморандума о намерениях и согласились на организацию визита на станцию Уссурийск. Сообщение об этом было отправлено Корею 20 августа 2014 года. Последующие обсуждения были успешно проведены на двусторонней встрече между делегациями во второй половине дня 22 октября в рамках 23 сессии Совета ФЕРНС, по результатам которой обе делегации договорились о создании Российско-Корейской цепи по Меморандуму о намерениях на министерском уровне между двумя странами. Было также принято решение, что последующее взаимодействие и обсуждение технических вопросов будет организовано через контактных лиц.

Наблюдатель из Великобритании представил информацию о работе Специального Комитета 127 (СК 127) Радиотехнической комиссии по морским службам в области систем e-Лоран. Было рассказано о текущем состоянии разработки стандарта на Минимальные рабочие характеристики для приемников e-Лоран. В настоящее время актуальной является версия стандарта 2.04, в которой большинство разделов завершено и необходимо внести только незначительные дополнения в окончательный вариант. Релиз документа намечен на конец 2014 года. Комитет предложил добавить в него детальную информацию по вычислительным алгоритмам интегрирования и хранению и обработке информации по фактору подстилающей поверхности. Было дано объяснение, что раздел, описывающий тестирование приемников и требуемые результаты тестирования, был убран из проекта для того, чтобы не допустить задержки выхода документа. Тестирование приемника будет вынесено в отдельный документ, который будет разработан совместно с разработчиками приемников. Следующим шагом в процессе создания стандарта станет принятие его в ИМО, которая поручила МЭК начать работы по проверке стандарта. Внутренний документ ИМО может стать чем-то подобным приложению к стандарту на мультисистемный приемник, работы над которым уже ведутся. Комитет приглашает всех заинтересованных членов и наблюдателей ФЕРНС присоединиться к этой работе.

#### **Совет рассмотрел вопросы взаимодействия с другими радионавигационными службами на Дальнем Востоке**

Китай представил доклад о Платформе морского обеспечения, основанной на Архитектуре



единой береговой e-Навигационной системы МАМС. В 2011 году АБМ Китая приняла решение начать разработку подобной платформы, принимая во внимание свой опыт в сфере информационных технологий и создании морской коммуникационной системы, разрабатывавшейся в последние годы. Объединив, интегрировав и агрегировав информацию о навигации судов мультимедиа и ресурсам обеспечения безопасного судоходства, принимая во внимание морские нормы и регулирование, общественные требования, АБМ Китая разработала электронную карту, основанную на интегрированной платформе приложений, которая включает в себя интегрированную навигационную прикладную систему для международных пользователей и платформу информационного сервиса для внешних приложений. Обе системы разработаны в соответствии с главными принципами архитектуры МАМС. Платформа также соответствует международным стандартам за счет использования комплексного приложения для ПК и мобильных устройств. Разработка базовой платформы является ключевым проектом для АБМ Китая и потребует несколько лет. Это главный элемент в создании e-Навигации в Китайских водах. Последними шагами станет организация использования платформы заинтересованными лицами и обеспечение их доступа к запрашиваемой информации.

Корея представила информацию о разработке и работе программного обеспечения, используемого для дифференциальных ГНСС, корректирующих станций и интегрированных мониторах в 17 различных пунктах. Министерство океанов и рыболовства Республики Корея разработало новое программное обеспечение для дифференциальных ГНСС RSIM (K-RSIM version 1.0) в целях подготовки к расширению области деятельности международных ГНСС. Разработанное ПО установлено на 4 морских объектах с октября 2013 года. Оно обеспечивает функционирование дифференциальных станций ГЛОНАСС с июля 2014. Более того, с 2013 года была начата разработка

технологии корректирования для китайской системы Бейдоу. Планируется начало работы в штатном режиме в 2016 году.

Россия сделала обширное выступление по реализации в стране АИС, предназначенной для судов как морских, так и на внутренних водах. На берегу, она состоит из — 54 базовых станций АИС, 27 передают дифференциальные поправки. (ГЛОНАСС/GPS).

- 5 виртуальных средств навигации АИС, установленных в Балтийском море
- 10 приемников АИС, установленных на Курильских островах, для мониторинга судов при помощи АИС.
- 156 пилотных устройств АИС.

Россия также начала устанавливать АИС-приемники в космосе (1 спутник с установленным на нем приемником АИС было запущен в июле 2014 года). Первые результаты стали крайне обнадеживающими. Россия активно ведет работу по совместному использованию региональных международных мониторинговых систем и призывает к развитию таких систем своих коллег в соседних странах.

Россия представила доклад о состоянии Радионавигации в странах-участницах СНГ. 30 мая 2014 года Главы совета правительств СНГ утвердили Межгосударственную радионавигационную программу государств-участников СНГ на период до 2016 года.

В реализации программы участвуют:

- Российская Федерация
- Республика Беларусь
- Республика Казахстан
- Республика Таджикистан
- Кыргызская Республика

Программа включает:

- Разработку нормативно-правовых и нормативно технических документов по регулированию создания и использования радионавигационных средств и систем на территории государств — участников СНГ.
- Разработку и создание элементов сопряжения различных навигационных систем и их дополнений, созданных государствами — участниками СНГ, а также разработка и создание различных систем и средств на основе использования сигналов навигационных систем;
- Разработку и создание автоматизированных систем и средств мониторинга и контроля транспортных систем, сооружений, опасных природных явлений.

Она включает также реализацию пилотного проекта по созданию, сопряжению и взаимодействию

ИФРНС на территориях государств-участников СНГ с двумя цепочками. Создание цепей и организация единого информационно-навигационного пространства обосновано следующими предпосылками

- Наличие национальных систем высокоточного координатно-временного обеспечения, развернутых в Республике Беларусь, Республике Казахстан, Российской Федерации;
- Положительный опыт использования станций сбора и обработки измерений СДКМ в Республике Казахстан и России;
- Наличие практического опыта в совместном использовании систем высокоточной навигации и функциональных дополнений ГНСС.

По приглашению Российской Федерации было решено, что 24 сессия Совета ФЕРНС будет проходить в Москве, в октябре 2015 года.

Совет поблагодарил Китайскую Народную Республику за прекрасный прием, в особенности АБМ Китая за прекрасную организацию и проведение сессии, гостеприимство, которое было оказано всем участникам. Особая благодарность выражена капитану Чену Эйпину, генеральному директору Администрации безопасности на море Китайской Народной Республики, а также Чжай Цзюаню, заместителю генерального директора Администрации безопасности на море Китайской Народной Республики, за проведение заседания с большой компетенцией и усердием.

Председатель выразил благодарность всем участникам за прекрасную работу, взаимопонимание и взаимодействие, которое дает успех ФЕРНС в целом и 23 сессии Совета в частности.



## 9-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТЕНДЕНЦИИ И ГАРМОНИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ»

### IX INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE «TRENDS AND HARMONISATION OF RADIONAVIGATION DEVELOPMENT»

20 ноября 2014 года в помещении Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) состоялась 9-я международная научно-техническая конференция «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», проведенная Межгосударственным Советом «Радионавигация», ОАО «НТЦ «Интернавигация», Российским общественным институтом навигации (РОИН) и Московским автомобильно-дорожным государственным техническим университетом.

В работе конференции приняли участие 87 специалистов от 35 организаций государств-участников СНГ: Республики Беларусь, Республики Казахстан, Республики Таджикистан, Кыргызской Республики, Российской Федерации.

Перед началом конференции с приветственным словом выступили от Исполкома СНГ – Верещако В. А. и от лица – администрации МАДИ профессор, доктор технических наук Власов В. М.

В ходе конференции было представлено 23 доклада по актуальным вопросам развития и использования космических и наземных радионавигационных систем:

1. Царев В. М., Редкозубов В. Н., Соловьёв Ю. А. (ОАО «НТЦ «Интернавигация», РОИН, Россия) Радионавигационный план Российской Федерации и его развитие.
2. Ступак Г. Г. (ОАО «РКС», Россия) Состояние и направления развития системы ГЛОНАСС и ее функциональных дополнений.
3. Болкунов А. И., Глотов В. Д., Можаров И. В. (ИАЦ КВНО ЦНИИмаш, Россия) Контроль характеристик ГЛОНАСС.
4. Завалишин О. И. (НППФ «Спектр», Россия) Результаты летных проверок локальной контрольно-корректирующей станции ЛККС-А-2000 на аэродромах России.
5. Васюкевич С. Н. (ОАО «Минский часовой завод», Республика Беларусь) О практическом использовании навигационных технологий ОАО «Минский часовой завод».
6. Поваляев А. А. (МАИ, ОАО «РКС», Россия) Определение ориентации объектов по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем.

7. Силин С. В., Скубий О. В., Шумаков А. В. (ЗАО «КБ «Навис», Россия) Проведение экспериментальных проверок для подтверждения обратной совместимости СДКМ.
8. Редкозубов В. Н. (ОАО «НТЦ «Интернавигация», Россия) Об итогах 23-й сессии Совета Дальневосточной радионавигационной службы (ФЕРНС).
9. Ройзензон А. Л. (Филиал НИИ АН ГосНИИ ГА, Россия) Внедрение процедур навигации, основанной на характеристиках (PBN), на аэродромах России.
10. Пастухов А. В., Оганесян А. А., Головин П. М., Павлов В. С. (ОАО «ВНИИР-Прогресс», Россия) Реализация и исследование функций мониторинга помеховой обстановки в диапазонах глобальных навигационных спутниковых систем на базе помехоустойчивой адаптивной антенной решётки.
11. Ахмедов Д. Ш., Шабельников Е. А. (Институт космической техники и технологий, г. Алматы, Республика Казахстан) Навигационная аппаратура потребителя высокой точности.
12. Федотов В. Н., Печерица Д. С., Гериева Л. Б. (ФГУП «ВНИИФТРИ», Россия) Обеспечение единства измерений аппаратуры потребителей СРНС.
13. Пичугин С. М., Трошин П. В. (ОАО «МКБ «Компас», Россия) Результаты экспериментальной отработки аппаратуры спутниковой навигации для использования на космическом аппарате.
14. Пелевин А. Е. (ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Россия) Ведущая роль навигационной аппаратуры потребителей СРНС при проведении морских гидрографических работ.
15. Веремеенко К. К., Антонов Д. А., Жарков М. В., Чернодубов А. Ю., Амирагов А. С. (МАИ, ОКБ океанологической техники РАН, Россия) Результаты ходовых испытаний навигационно-управляющего модуля подводного необитаемого аппарата.
16. Богумил В. А. (МАДИ, Россия) Повышение эффективности систем управления пассажирским транспортом на основе совместного использования технологий навигационно-диспетчерского управления и приоритетного проезда транспортных средств через регулируемый перекресток.

17. **Ярлыков М. С., Ярлыкова С. М.** (РОИН, МИРЭА, Россия) Полные ВОС-сигналы и их энергетические спектры в спутниковых радионавигационных системах нового поколения.
18. **Быстраков С. Г., Соловьёв Ю. А., Устюжанин Д. А.** (РОИН, Россия) Методические вопросы априорной оценки точности определения координат дифференциальной подсистемой ГЛОНАСС/GPS на этапе посадки воздушного судна.
19. **Соколов И. М., Калмыков П. В.** (ОАО «МКБ «Компас», Россия) Современный подход к построению малогабаритной помехоустойчивой навигационной аппаратуры ГНСС.
20. **Ястребов А. В.** (ОАО «МКБ «Компас», Россия) Навигационный картографический планшет А-737ПЛ.
21. **Болкунов А. И., Можаров И. В.** (ИАЦ КВНО ЦНИИмаш, Россия) Концепция создания единой системы нормативного регулирования в области координатно-временного и навигационного обеспечения в Российской Федерации.
22. **Каплев С. А., Болкунов А. И.** (ИАЦ КВНО ЦНИИмаш, Россия) Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса ГЛОНАСС.
23. **Ефремов Е. А.** (ОАО «НТЦ «Интернавигация», Россия) Состояние и перспективы развития испытательно-технического центра коллективного пользования, производства и испытаний программно-аппаратных средств навигационной аппаратуры.

В ходе работы конференции было принято следующее **решение**.

#### **Конференция отмечает:**

Использование спутниковых навигационных систем является ведущей тенденцией развития радионавигационного обеспечения для определения параметров движения широкого круга подвижных объектов. Развернуты работы по использованию отечественной спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, демонстрирующей уникальные эксплуатационные характеристики в большинстве условий применения. Спутниковая аппаратура применяется не только для определения координат, скорости перемещения и времени, но и для определения углов ориентации. В то же время ограничения, обусловленные блокированием сигналов спутников в условиях городской застройки, сложного рельефа, горной и лесистой местности, понижением точности из-за многолучевости, недостаточной помехоустойчивостью, недостаточными возможностями потребительской аппаратуры, уровнем освоения спутниковых технологий, остаются предметом внимания многих исследователей и требуют новых технических решений. В то же время необходимым условием обеспечения надежной работы является независимый контроль качества функционирования ГЛОНАСС и работа системы фундаментального обеспечения ГЛОНАСС, как основы, в частности, поддержания геоцентрической системы координат ПЗ-90.11.

Исключительно важными для СНГ являются проводимые в настоящее время работы по созданию российской широкозонной Системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), в ходе которых созданы и излучают тестовые сигналы первые геостационарные спутники Луч-5А, – 5Б и 5В, во многом определены облик каналов передачи корректирующей информации, места размещения контрольных станций, структура передаваемых сообщений и др. Получены первые результаты по приему тестовых сигналов СДКМ с помощью разработанной отечественной аппаратуры. В проведении этих работ заинтересованы авиация, автомобильный и железнодорожный транспорт и многие другие потребители на просторах СНГ. В то же время оставляют желать лучшего практические работы по организации освоения системы, в том числе для обеспечения маршрутных полетов и посадки (вплоть до I категории) воздушных судов.

Продолжаются работы по созданию и использованию локальных дифференциальных подсистем (ДПС) СРНС, которые служат важными средствами дальнейшего повышения точности и надежности информации СРНС на акваториях морей по периметру России и ее внутренним водным путям, на континенте (государства – участники СНГ) в интересах геодезии и землеустройства, в более чем 70 аэропортах для захода на посадку по I-й категории метеоминимума воздушных судов (ВС) и др. Внедряются процедуры навигации, основанной на характеристиках (РВН), на аэродромах России.

В то же время внедрение спутниковых технологий в аэронавигацию и организацию воздушного движения пока оказывается недостаточно эффективным, что связано с недостаточностью нормативной правовой базы по использованию СРНС в воздушном пространстве РФ, с тем, что пока еще малое число аэродромов допущено к спутниковым заходам на посадку и малое число ВС имеет соответствующее оборудование.

Использование СРНС широким кругом потребителей связано с необходимостью выполнения мероприятий по обеспечению единства измерений аппаратуры потребителей СРНС и развитием системы метрологического обеспечения координатно-временных и навигационных измерений.

Важной проблемой продолжает оставаться обеспечение функциональной устойчивости, живучести навигационного обеспечения, предусматривающей, в частности, борьбу с уязвимостью СРНС при воздействии помех и других внешних факторов. Актуальными направлениями в борьбе с уязвимостью СРНС являются: законодательные меры по исключению помех, многократный прием, создание специальных средств обнаружения и подавления помех, совершенствование и разработка инерциальных средств нового поколения, комплексирование приемной аппаратуры СРНС с автономными средствами.

Выявлена необходимость продолжения использования существующих (системы дальней и ближней навигации наземного базирования) и создания новых

навигационных (том числе радиотехнических) систем для обеспечения резервирования спутниковой навигации, а также для обеспечения подвижных объектов, действующих вне видимости спутников (в закрытых помещениях, под землей и под водой и т. д.).

Проект новой редакции Радионавигационного плана Российской Федерации отражает большинство из рассмотренных в ходе конференции вопросов.

**Конференция рекомендует:**

1. Поддержание и развитие орбитальной группировки и наземной инфраструктуры системы ГЛОНАСС считать важнейшей задачей радионавигационного обеспечения.
2. Рекомендовать отработку и реализацию процедур независимого контроля характеристик СРНС ГЛОНАСС и других систем, в том числе внедрение комплексной автоматизированной системы сбора и доведения до пользователей информации о качестве сигналов СРНС.
3. Поддержать и активизировать усилия, связанные с использованием новых сигнально-кодовых конструкций в системе, расширением круга задач и улучшением основных характеристик системы.
4. Интенсифицировать работы по использованию создаваемой российской широкозонной СДКМ, с проведением мероприятий по согласованию облика и характеристик системы (точность, доступность, целостность и непрерывность) с организациями, представляющими авиационных потребителей, автомобильный, железнодорожный транспорт и др. Развернуть работы в России, а в дальнейшем – и в государствах – участниках СНГ по обеспечению использования этой системы для посадки на необорудованные аэродромы в условиях вплоть до I-й категории ИКАО.
5. Продолжить работы по размещению и освоению авиационных локальных ДПС посадки и мониторинга типа ЛККС-А-2000 и ЛКС-А-2008 на аэродромах России и других государств – участников СНГ, а также по размещению соответствующего бортового оборудования на воздушных судах и продолжить внедрение спутниковых технологий при полетах ВС. Продолжить работы по исследованию возможностей ЛККС СРНС для обеспечения посадки ВС в условиях II–IIIА категорий ИКАО.
6. Продолжить работу по внедрению на аэродромах России процедур навигации, основанной на характеристиках (PBN).
7. Расширить фронт работ по созданию комплексных навигационных систем на основе приемников сигналов спутниковой навигации и приборов автономного счисления скорости и координат для широкого круга потребителей.
8. При использовании аппаратуры потребителей СРНС с целью повышения точности навигационных определений выполнять мероприятия по обеспечению единства измерений.
9. В связи с выходом версии параметров модели Земли ПЗ-90.11 интенсифицировать работу по созданию новой редакции соответствующего ГОСТа по пересчету координат.
10. Продолжить и активизировать работы по модернизации ИФРНС «Чайка», развитию объединенных систем «Чайка/Лоран-С», их инфраструктуры и по замене подвижных станций РСДН-10 станциями «Скорпион».
11. Рекомендовать развитие и укрепление государственных информационных органов, ответственных за обеспечение потребителей навигационной информацией о состоянии орбитальной группировки системы ГЛОНАСС и других систем. Продолжить ведущиеся в этом направлении работы по созданию Межгосударственной научно-информационной системы «Радионавигация» и взаимодействию национальных научно-информационных центров государств – участников СНГ.
12. Продолжить работу в области государственного регулирования координатно-временного и навигационного обеспечения государств-участников СНГ.
13. Продолжить практику привлечения представителей общественных организаций (РОИН, Ассоциация «ГЛОНАСС-Форум», Совет главных конструкторов предприятий-разработчиков и производителей навигационной аппаратуры и др.) к мероприятиям по разработке и рассмотрению концептуальных документов, касающихся радионавигационного обеспечения широкого круга потребителей государств – участников СНГ.
14. Развивать работы по формулировке требований к координатно-временному и навигационному обеспечению потребителей, действующих вне видимости спутников (в закрытых помещениях, под землей, под водой и т. д.).
15. Одобрить и продолжить проводимые работы по определению ориентации объектов с помощью сигналов глобальных навигационных спутниковых систем.
16. Навигационной общественности принять к рассмотрению предлагаемые корректировки и включиться в процесс уточнения новой редакции Радионавигационного плана Российской Федерации.
17. Опубликовать доклады и информацию о конференции на страницах журнала «Новости навигации», на сайтах ОАО «НТЦ «Интернавигация».
18. Решение разослать заинтересованным органам государственного управления государств-участников СНГ.



## 43-е ЗАСЕДАНИЕ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СОВЕТА «РАДИОНАВИГАЦИЯ»

43<sup>rd</sup> SESSION OF THE RADIONAVIGATION INTERSTATE COUNCIL OF THE CIS

21 ноября 2014 в г. Москва состоялось 43-е заседание Межгосударственного совета «Радионавигация», которое проходило в Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации. В заседании Совета приняли участие полномочные представители и эксперты от Республики Беларусь, Российской Федерации, Республики Казахстан, Кыргызской Республики, Республики Таджикистан, Исполнительного комитета СНГ и представители Минпромторга России.

Заседание открыл председатель Совета, заместитель начальника управления перспективного развития Госкомвоенпрома Республики Беларусь Ю. В. Самуль

С приветствием к участникам заседания обратились советник директора Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации Куваев В. И., заместитель начальника отдела отраслевого экономического сотрудничества Департамента экономического сотрудничества Исполнительного комитета СНГ Б. И. Сидоров

В соответствии с утвержденной повесткой дня на заседании рассмотрены и приняты решения по следующим вопросам:

1. О выполнении решений 42-го заседания Межгосударственного совета «Радионавигация» (18–19 июня 2014 года, г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика).  
*(Самуль Ю. В., Шишкин А. Н.)*
  - 1.1. Отметить, что за отчетный период Совет проводил активную работу по совершенствованию взаимодействия между представителями государств – участников СНГ в Совете и его рабочим органом – ОАО «НТЦ «Интернавигация», по улучшению организационного процесса взаимного сотрудничества по реализации задач, направленных на разработку и эксплуатацию навигационных систем и оборудования.
  - 1.2. Отметить, что на обращения Совета в правительства Республики Армения, Кыргызской



- Республики, Республики Таджикистан и Украины по вопросу создания научно-информационных центров получен ответ от Кыргызской Республики.
- 1.3. Поручение рабочему органу Совета ОАО «НТЦ «Интернавигация» о размещении информации о состоянии и результатах работы в области радионавигации в государствах – участниках СНГ на сайте Совета и её публикации в журнале «Новости навигации» находится на стадии выполнения.
  - 1.4. Отметить, что во втором полугодии 2014 года начаты работы по реализации Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников СНГ на период до 2016 года (МРП-2016).
  - 1.5. Подготовленная информация о ходе реализации в 2013–2014 годах «Основных направлений (плана) развития радионавигации государств – участников СНГ на 2013–2017 годы» и необходимости внесения в них изменений и дополнений (Решение Совета глав правительств СНГ от 31 мая 2013 года) внесена в августе 2014 года в Исполнительный комитет СНГ и рассмотрена 15 октября 2014 года на заседании Комиссии по экономическим вопросам при Экономическом совете СНГ. Принято решение о включении данного вопроса в повестку дня 64-го заседания Экономического совета СНГ, намеченного на 12 декабря 2014 года.

- 1.6. Информация о работе Межгосударственного совета «Радионавигация» по координации МНИС «Радионавигация» и о деятельности ОАО «НТЦ «Интернавигация» по организации взаимодействия НИЦ в Исполнительный комитет СНГ внесена.
2. О состоянии работы в области радионавигации в государствах – участниках СНГ в 2013–2014 гг.  
*(Самуль Ю. В., Дюсенов С. Т., Жошкин В. В., Редкозубов В. Н., Саломов А. М.)*
- 2.1. Рекомендовать полномочным представителям государств – участников СНГ в Совете использовать указанную информацию в работе.
- 2.2. Рабочему органу Совета – ОАО «НТЦ «Интернавигация» разместить данную информацию на сайте Совета и опубликовать в очередном номере журнала «Новости навигации».
3. О состоянии работы по реализации Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников СНГ на период до 2016 года (МРП-2016).  
*(Редкозубов В. Н., Царев В. М., Самуль Ю. В., Дюсенов С. Т.)*
- 3.1. Принять к сведению информацию о состоянии работы по реализации МРП-2016.
- 3.2. Рабочему органу Совета ОАО «НТЦ «Интернавигация» разместить данную информацию на сайте Совета и опубликовать в журнале «Новости навигации».
- 3.3. Рекомендовать национальным государственным заказчиком, ОАО «АГАТ – системы управления» – управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления», АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» и ОАО «НТЦ «Интернавигация» завершить согласование и утвердить частные технические задания на выполнение НИОКР МРП-2016. Срок выполнения – 20 декабря 2014 года.
- 3.4. В целях выполнения Решения Совета глав правительств СНГ от 30 мая 2014 года «О Межгосударственной радионавигационной программе государств – участников Содружества Независимых Государств на период до 2016 года» рекомендовать национальным государственным заказчиком:
- скорректировать (при необходимости) список координаторов работ от Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации по мероприятиям МРП-2016;
  - принять все необходимые меры по обеспечению своевременного открытия и финансирования в 2014 году 11 работ, в том числе 4 НИР и 7 ОКР.
4. О разработке проекта Соглашения между Государственным военно-промышленным комитетом Республики Беларусь, Аэрокосмическим комитетом Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан и Министерством промышленности и торговли Российской Федерации о взаимной охране интеллектуальной собственности в рамках МРП-2016 (далее – Соглашение).  
*(Кушева Ю. П., Шишкин А. Н., Самуль Ю. В.)*
- 4.1. Отметить, что в соответствии с МРП-2016 принцип и порядок распределения собственности, созданной в результате программных мероприятий, определяются участниками данных мероприятий в отдельных соглашениях.  
Созданной рабочей группой разработан проект Соглашения и на экспертном уровне согласован с Белорусской, Казахстанской и Российской сторонами.
- 4.2. Результаты работы рабочей группы по разработке проекта Соглашения рассмотреть на 44 заседании Совета.
5. О разработке проекта Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников СНГ на период до 2019 года.  
*(Царев В. М., Самуль Ю. В., Дюсенов С. Т., Жошкин В. В., Редкозубов В. Н., Саломов А. М.)*
- 5.1. Считать целесообразным начать подготовку к разработке проекта новой Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников СНГ.
- 5.2. Рабочему органу Совета – ОАО «НТЦ «Интернавигация» до 30 января 2015 года организовать работу по формированию рабочей группы из представителей организаций государств – участников СНГ для разработки указанного проекта Программы и утвердить ее состав и План работы. Результаты работы рабочей группы рассмотреть на 44 заседании Совета.
6. О результатах 9-й международной научно-технической конференции «Тенденции и гармонизация радионавигационного обеспечения».  
*(Царев В. М.)*
- 6.1. Принять к сведению информацию о состоявшейся 20 ноября 2014 года в г. Москве 9-й научно-технической конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», проведенной Межгосударственным советом «Радионавигация», ОАО «НТЦ «Интернавигация», Российским общественным институтом навигации и Московским автомобильно-дорожным государственным техническим университетом. Отметить, что в конференции приняли участие 87 специалистов от 35 организаций из Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики, Российской Федерации и Республики Таджикистан. Заслушано 23 доклада по актуальным вопросам развития и использования космических и наземных радионавигационных систем. По результатам работы конференции принято Решение.

- 6.2. Рекомендовать членам Совета использовать в практической деятельности материалы конференции.
- 6.3. Рабочему органу Совета – ОАО «НТЦ «Интернавигация» разослать до 10 декабря 2014 года Решение конференции заинтересованным органам исполнительной власти государств – участников СНГ.

7. О ходе реализации ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы». Состояние и развитие системы ГЛОНАСС.

*(Климов В. Н., Царев В. М., Самуль Ю. В.)*

Сообщение принять к сведению и использования в работе.

Выразить благодарность исполнительному директору некоммерческой организации ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» В. Н. Климову за активное и регулярное участие в работе Совета.

8. Отчет о работе Комиссии Межгосударственного совета «Радионавигация» по координации работы Межгосударственной научно-информационной системы «Радионавигация».

*(Редкозубов В. Н.)*

- 8.1. Одобрить отчет о работе Комиссии Межгосударственного совета «Радионавигация» о ходе выполнении Плана мероприятий по координации работы Межгосударственной научно-информационной системы «Радионавигация».

- 8.2. Направить до 20 декабря 2014 года предложения Комиссии по расширению взаимодействия Национальных научно-информационных центров (ННИЦ) государств – участников СНГ и дальнейшему развитию продуктов и услуг НИЦ в рамках Межгосударственной научно-информационной системы «Радионавигация» для рассмотрения и апробации в ОАО «АГАТ – системы управления» – управляющая компания холдинга

«Геоинформационные системы управления», АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» и ОАО «НТЦ «Интернавигация».

Результаты работы рассмотреть на 44 заседании Совета.

9. Об итогах 23-й сессии Совета Дальневосточной радионавигационной службы (FERNS).

*(Редкозубов В. Н.)*

- 9.1. Информацию принять к сведению.
- 9.2. Итоги 23 сессии FERNS учесть и использовать при реализации мероприятий МРП – 2016 по разработке и созданию единой ИФРНС на территориях государств – участников СНГ, разработке интегрированного навигационного оборудования пользователя ИФРНС и ГНСС, созданию автоматизированной подсистемы контроля и оценки качества радионавигационных полей ГНСС и ИФРНС, управления работой наземных станций ИФРНС на территориях государств – участников СНГ.

- 9.3. Просить Минпромторг России направить приглашения в правительства государств – участников СНГ об участии в работе 24-й сессии Совета FERNS в октябре 2015 года (г. Москва) в качестве наблюдателей.

10. О Плана мероприятий Межгосударственного совета «Радионавигация» на 2015 год.

*(Шишкин А. Н., Верещако В. А., Самуль Ю. В.)*

Утвердить План мероприятий Межгосударственного совета «Радионавигация» на 2015 год.

11. О проведении очередного заседания Межгосударственного совета «Радионавигация».

*(Самуль Ю. В., Дюсеев С. Т.)*

Принять предложение Казахстанской стороны о проведении 44 заседания Межгосударственного совета «Радионавигация» в июне 2015 года в г. Алма-ата.



УДК 621.391.2

# ПОЛНЫЕ СВОС-СИГНАЛЫ И ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ В СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ<sup>1</sup>

*М. С. Ярлыков, С. М. Ярлыкова<sup>2</sup>*

*Рассмотрены формирование и структура полных СВОС-сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) нового поколения, в частности, СРНС Galileo. Представлена структурная схема спутникового передатчика полных СВОС-сигналов, реализующего модуляционный алгоритм CASM. Получены аналитические выражения энергетических спектров одиночных элементов модулирующей функции полных СВОС-сигналов при произвольном значении долевых коэффициентов. При анализе особенностей энергетических спектров полных СВОС-сигналов за основу взята модуляция типа СВОС (6,1,  $a^2/11$ ), характерная при  $a^2=1$  для европейской СРНС Galileo и китайской системы BeiDou /Compass. Построены графики и обсуждены свойства спектров.*

**Ключевые слова:** *меандровый сигнал, составной меандровый сигнал, ВОС-сигнал, СВОС-сигнал, полный СВОС-сигнал, меандровое поднесущее колебание, модулирующая функция, спектральная плотность, энергетический спектр, информационный сигнал, пилот-сигнал, спутниковая радионавигационная система, Galileo, BeiDou /Compass.*

## ENTIRE CBOC SIGNALS AND ITS POWER SPECTRAL DENSITIES IN NEW-GENERATION SATELLITE RADIO NAVIGATION SYSTEMS

*M. S. Yarlykov, S. M. Yarlykova*

*The formation and structure of entire CBOC signals for satellite radio navigation systems (SRNSs) in new generation (in particular, the Galileo SRNSs) are considered. The block diagram of the entire CBOC signals satellite transmitter where is realized CASM algorithm is obtained. Analytical expressions for power spectral densities of single elements of modulating functions of entire CBOC-signals are obtained. Characteristics of power spectrum density of entire CBOC signal are analyzed on the basis of the CBOC (6,1,  $a^2/11$ ) modulation, which is typical when  $a^2=1$  for the Galileo and, as it is supposed, at the third development stage of the BeiDou /Compass SRNSs. Plots are depicted, and the properties of power spectral densities are discussed.*

**Key Words:** *meander signal, composite meander signal, BOC signal, CBOC signal, entire CBOC signal, meander subcarrier, modulating function, spectrum function, power spectrum density, data signal, pilot signal, satellite radio navigation system, Galileo, BeiDou/Compass.*

### ВВЕДЕНИЕ

Навигационные СВОС-сигналы (Composite binary offset carrier modulated signals) относятся к классу составных меандровых шумоподобных сигналов (ШПС) и представляют собой такие меандровые ШПС (МШПС), у которых меандровое поднесущее колебание (МПК) является составным [1–5]. Составные МПК обычно формируются на основе двух МПК различных типов. Так, например, в СВОС-сигнале диапазона E1 спутниковой радионавигационной системы (СРНС) Galileo применяются составные МПК, образованные на основе ВОС-сигналов с модуляцией двух типов: ВОС (6,1) и ВОС (1,1) [2, 3, 5, 6].

СВОС-сигналы составляют одну из двух групп мультиплексированных МШПС–МВОС-сигналов

( (Multiplexed binary offset carrier modulated signals). Другую группу МВОС-сигналов при этом образуют мультиплексированные во времени МШПС, т. е. ТМВОС-сигналы (Time – multiplexed binary offset carrier modulated signals) [1,3,7]. Составные МПК в случаях СВОС-сигналов формируются путём суммирования или вычитания по уровню (амплитуде) двух различных традиционных меандровых поднесущих. При ТМВОС-сигналах составные МПК образуются на основе чередования по определённому закону во времени двух разных типов меандровых символов (МС).

Применение МВОС-сигналов предусматривается при использовании E1-сигналов в СРНС Galileo,

<sup>1</sup> Материалы статьи доложены на 9-й международной научно-технической конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», 20.11.2014г.

<sup>2</sup> Михаил Семенович Ярлыков – заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор, доктор технич. наук, РОИН, Россия, Москва. Светлана Михайловна Ярлыкова – кандидат технич. наук, доцент, заведующая кафедрой МИРЭА, Россия, Москва.

L1C- сигналов в модернизированной системе GPS и, как предполагается, в китайской СРНС Beidou/Compass на третьей фазе её развертывания [5, 8–10]. В этих системах за основу формирования МВОС-сигналов (как при СВОС-сигналах, так и ТМВОС-сигналах) положена мультиплексированная меандровая модуляция типа МВОС (6,1,1/11), что означает комбинирование двух типов ВОС-модуляции: ВОС (6,1) и ВОС (1,1). В таком случае применительно к СРНС Galileo и GPS в энергетическом спектре полного МВОС-сигнала доли спектральной плотности мощности, обусловленные модуляцией типов ВОС (6,1) и ВОС (1,1) соответственно равны 1/11 и 10/11.

Под полным сигналом, как обычно, понимаем такой сигнал, который состоит из пилот-сигнала и информационного сигнала, содержащего навигационное сообщение. В системах GPS и Galileo несущая частота и опорная (базовая) частота МВОС-сигналов соответственно равны:  $f_H = 1575,42$  МГц и  $f_{on} = 1,023$  МГц [6, 10]. В СРНС Galileo при выборе МВОС-сигналов предпочтение отдаётся СВОС-сигналам, тогда как в СРНС GPS за основу взяты ТМВОС-сигналы [1, 5, 7, 10, 11].

Замысел разработки и внедрения в практику СРНС Galileo и GPS таких МВОС-сигналов на несущей частоте  $f_H = 1575,42$  МГц заключается в следующем. Необходимо, чтобы при применении в СРНС МВОС-сигналов точность слежения за псевдослучайной последовательностью (ПСП) дальномерного кода и характеристики помехоустойчивости этих систем (особенно при действии помех и в условиях многолучёвости) были бы лучше соответствующих характеристик систем, использующих обычные ВОС-сигналы, в частности, сигналы с модуляцией типа ВОС (1,1). Кроме того, МВОС-сигналы должны иметь хорошую электромагнитную совместимость с традиционными навигационными сигналами, имеющими такую же несущую частоту, например, с BPSK-сигналами C/A кода (Coarse/Acquisition code) СРНС GPS [5, 10–15].

Цель работы заключается в том, чтобы рассмотреть модулирующую функцию (МФ) полных СВОС-сигналов, получить аналитические выражения для энергетических спектров одиночного элемента МФ полного СВОС-сигнала при различных значениях долевых коэффициентов и проанализировать свойства спектров.

В иллюстрирующих примерах опираемся на СВОС-сигналы диапазона E1 СРНС Galileo [1, 5, 9]. Рассматриваемые в статье ПСП имеют единичные амплитуды, поэтому полученные выражения характеризуют нормированные спектры. Для ясности рассуждений ПСП дальномерного кода, состоящую из традиционных прямоугольных элементов, будем называть прямоугольной ПСП (ППСП), а ПСП, состоящую из меандровых символов – МПСП.

Для определённости рассуждений под термином «элемент» («символ», «чип») ПСП дальномерного кода понимаем видеосигнал определённой (прямоугольной, меандровой, составной меандровой) формы. Сама

ПСП, как обычно, составляется из некоторого количества этих элементов с использованием кодовых коэффициентов, которые отражают как символику кода (например, принимая значения +1 или -1), так его тип и характеристики. Термин «одиночный элемент ПСП» означает, что рассматривается математическое выражение, описывающее один элемент ПСП.

Под термином «элемент МФ СВОС-сигнала» понимаем видеосигнал, представляющий собой МФ СВОС-сигнала на длительности  $\tau_c$  одного элемента ПСП дальномерного кода. Заметим, что элементы МФ СВОС-сигнала могут отличаться друг от друга в зависимости от комбинации значений кодовых коэффициентов различных ПСП на данном отрезке  $[0, \tau_c]$ .

### 1. Модулирующая функция полных СВОС-сигналов

Наблюдаемый на выходе бортового передатчика спутника составной МШПС  $s(t)$  (для определённости рассуждений за основу берём СВОС-сигнал диапазона E1 СРНС Galileo), в комплексной форме записи характеризуется выражением [2, 5, 11, 12]:

$$s(t) = A_{\Gamma} d_{\text{СВОС}}(t) \exp[i(\omega_H t + \varphi_0)], \quad (1)$$

где  $A_{\Gamma} = \sqrt{2P_{cp}}$  – амплитуда радиосигнала на выходе передатчика;

$P_{cp}$  – средняя мощность радиосигнала на выходе передатчика;

$d_{\text{СВОС}}(t)$  – МФ СВОС-сигнала, представленная в комплексной форме записи;

$\omega_H = 2\pi f_H$  – круговая несущая частота СВОС-сигнала;

$f_H$  – несущая частота СВОС-сигнала;

$\varphi_0$  – фаза радиосигнала.

Модулирующая функция  $d_{\text{СВОС}}(t)$  в выражении (1) является комплекснозначной функцией действительного аргумента  $t$ , область определения которой принадлежит множеству действительных чисел, а множество значений – множеству комплексных чисел. Как видно из (1), вся сложность и специфика СВОС-сигналов полностью определяется структурой МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$ .

Представим сигнал  $s(t)$ , задаваемый (1), в алгебраической форме записи комплексных чисел:  $s(t) = \text{Re}\{s(t)\} + i \text{Im}\{s(t)\}$ , где  $\text{Re}\{s(t)\}$  – действительный сигнал (физический сигнал на выходе передатчика), представляющий собой действительную часть комплекснозначной функции  $s(t)$ ,  $\text{Im}\{s(t)\}$  – мнимая часть комплекснозначной функции  $s(t)$ . Найдём соотношение, которое определяет действительный сигнал  $\text{Re}\{s(t)\}$ , наблюдаемый на выходе спутникового передатчика.

Модулирующая функция  $d_{\text{СВОС}}(t)$  полного СВОС-сигнала в алгебраической форме записи комплексных чисел представляется в виде [11, 13]:

$$d_{\text{СВОС}}(t) = \text{Re}\{d_{\text{СВОС}}(t)\} + i \text{Im}\{d_{\text{СВОС}}(t)\}, \quad (2)$$

где  $d_{\text{СВОС-1}}(t) \triangleq \text{Re}\{d_{\text{СВОС}}(t)\}$  – синфазная часть МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$ ;

$d_{\text{СВОС-Q}}(t) \triangleq \text{Im}\{d_{\text{СВОС}}(t)\}$  – квадратурная часть МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$

Подставив (2) в соотношение (1) и учитывая, что по формуле Эйлера  $\exp[i(\omega_H t + \varphi_0)] = \cos(\omega_H t + \varphi_0) + i \sin(\omega_H t + \varphi_0)$ , находим формулу, характеризующую действительный сигнал  $\text{Re}\{s(t)\}$  на выходе спутникового передатчика:

$$\text{Re}\{s(t)\} = A_I d_{\text{СВОС-I}}(t) \cos(\omega_H t + \varphi_0) - A_I d_{\text{СВОС-Q}}(t) \sin(\omega_H t + \varphi_0). \quad (3)$$

Соответственно мнимая часть  $\text{Im}s(t)$  СВОС-сигнала  $s(t)$  (1) имеет вид:

$$\text{Im}\{s(t)\} = A_I d_{\text{СВОС-Q}}(t) \cos(\omega_H t + \varphi_0) + A_I d_{\text{СВОС-I}}(t) \sin(\omega_H t + \varphi_0). \quad (4)$$

Рассмотрим структуру МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$  (2) детальнее. Модулирующая функция  $d_{\text{СВОС}}(t)$  СВОС-сигнала E1 CPHC Galileo состоит из четырёх компонент:  $d_{\text{E1-A}}(t)$ ,  $d_{\text{E1-B}}(t)$ ,  $d_{\text{E1-C}}(t)$  и  $d_{\text{E1-K}}(t)$  [5,13,16,17]. Компонента  $d_{\text{E1-A}}(t)$  определяет сигнал ограниченного доступа (Public Regulated Service Signal) с ВОС модуляцией типа cosВОС (15, 2.5). Компоненты  $d_{\text{E1-B}}(t)$  и  $d_{\text{E1-C}}(t)$  задают собственно полный СВОС-сигнал, являющийся сигналом с неограниченным доступом (Open Service Signal). При этом компонента  $d_{\text{E1-B}}(t)$  представляет собой информационный сигнал, содержащий навигационные данные, а компонента  $d_{\text{E1-C}}(t)$  – пилот-сигнал. Компонента  $d_{\text{E1-K}}(t)$  является корректирующей (комбинационной), которая обеспечивает постоянство огибающей МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$  и, следовательно, огибающей самого радиосигнала  $s(t)$  во времени [5]. Постоянство огибающей МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$  необходимо для того, чтобы эффективно учесть нелинейность характеристики выходного усилителя мощности спутникового передатчика, работающего в режиме насыщения.

Компоненты  $d_{\text{E1-B}}(t)$  и  $d_{\text{E1-C}}(t)$  образуют синфазную часть  $d_{\text{СВОС-I}}(t)$  МФ СВОС-сигнала диапазона E1, а компоненты  $d_{\text{E1-A}}(t)$  и  $d_{\text{E1-K}}(t)$  формируют квадратурную часть  $d_{\text{СВОС-Q}}(t)$  МФ СВОС-сигнала диапазона E1 [5,16–19].

Структура МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$  сигнала E1 CPHC Galileo получена на основе использования алгоритма CASM (Coherent Adaptive Subcarrier Modulation), достоинство которого, в частности, заключается в том, что он позволяет обеспечить постоянство огибающей МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$  во времени [13, 16–19]. Применительно к сигналу  $s(t)$  и МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$  основные аналитические соотношения её синфазной части  $d_{\text{СВОС-I}}(t)$  и квадратурной части  $d_{\text{СВОС-Q}}(t)$  в соответствии с алгоритмом CASM имеют вид [16–19]:

$$d_{\text{СВОС-I}}(t) = C_I d_{\text{E1-B}}(t) - C_I d_{\text{E1-C}}(t); \quad (5)$$

$$d_{\text{СВОС-Q}}(t) = C_Q d_{\text{E1-A}}(t) + C_K d_{\text{E1-K}}(t), \quad (6)$$

где  $C_I$ ,  $C_Q$  и  $C_K$  – коэффициенты передачи модулятора.

Входящая в (6) корректирующая компонента  $d_{\text{E1-K}}(t)$  определяется соотношением [16–19]:

$$d_{\text{E1-K}}(t) = d_{\text{E1-A}}(t) d_{\text{E1-B}}(t) d_{\text{E1-C}}(t). \quad (7)$$

Заметим, что для сигнала E1 CPHC Galileo аналогичную схему модулятора поднесущего колебания удаётся сформировать, применяя алгоритм Interplex Modulation [19].

Коэффициенты передачи модулятора  $C_I$ ,  $C_Q$  и  $C_K$  выбираются из условия требуемого распределения мощности между компонентами  $d_{\text{E1-A}}(t)$ ,  $d_{\text{E1-B}}(t)$ ,  $d_{\text{E1-C}}(t)$  и  $d_{\text{E1-K}}(t)$ .

Так, в частности, у СВОС-сигнала E1 CPHC Galileo распределение его мощности между компонентами следующее [16–19]. На компоненту E1–A отводится 44,44% общей мощности сигнала. Мощность между компонентами сигнала неограниченного доступа E1–B и E1–C распределяется поровну, и на эти компоненты приходится по 22,22% от мощности сигнала. На корректирующую (комбинационную) компоненту E1–K выделяют 11,11% от мощности сигнала.

При таком распределении мощности сигнала E1 между его компонентами значения коэффициентов передачи модулятора (5) и (6) с учётом условия нормировки таковы [16–19]:

$$C_I = \sqrt{2/3}, C_Q = 2/3 \text{ и } C_K = 1/3. \quad (8)$$

Отметим, что сигнал E1 CPHC Galileo (и соответствующая ему МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$ ) обычно называется СВОС-сигналом (и МФ СВОС-сигнала) условно лишь для краткости. В действительности собственно СВОС-сигналом (причём полным СВОС-сигналом) является синфазная часть сигнала E1 (компоненты E1–B и E1–C), а квадратурная часть (компоненты E1–A и E1–K) соответственно состоит из cosВОС-сигнала с ограниченным доступом (PRS service) и корректирующей компоненты.

С учётом соотношений (5) и (6) алгоритма CASM реально излучаемый радиосигнал E1 (3) принимает вид

$$\text{Re}\{s(t)\} = A_I [C_I d_{\text{E1-B}}(t) - C_I d_{\text{E1-C}}(t)] \cos(\omega_H t + \varphi_0) - A_I [C_Q d_{\text{E1-A}}(t) - C_K d_{\text{E1-K}}(t)] \sin(\omega_H t + \varphi_0) \quad (9)$$

Модулирующая функция (2) сигнала E1 при учёте алгоритма CASM (5) и (6) в комплексной форме записи описывается следующим соотношением

$$d_{\text{СВОС}}(t) = d_{\text{СВОС-I}}(t) + i d_{\text{СВОС-Q}}(t) = [C_I d_{\text{E1-B}}(t) - C_I d_{\text{E1-C}}(t)] + i [C_Q d_{\text{E1-A}}(t) + C_K d_{\text{E1-K}}(t)]. \quad (10)$$

Далее обсудим структуру компонент МФ  $d_{\text{E1-A}}(t)$ ,  $d_{\text{E1-B}}(t)$ ,  $d_{\text{E1-C}}(t)$  и  $d_{\text{E1-K}}(t)$ . Особенностью структуры этих сигналов является то, что поднесущие колебания этих компонент МФ  $d_{\text{E1-B}}(t)$  и  $d_{\text{E1-C}}(t)$  представляют собой составные МПК, что обусловлено спецификой СВОС-сигналов.

Компонента  $d_{\text{E1-A}}(t)$  представляет собой cosВОС-сигнал с модуляцией типа cosВОС (15, 2.5) и характеризуется выражением [20–22]:

$$d_{\text{E1-A}}(t) = g_{\text{E1-A}}(t) \vartheta_{\text{E1-A}}(t) r_{\text{E1-A}}(t), \quad (11)$$

где  $g_{\text{E1-A}}(t)$  – ППСП дальномерного кода компоненты E1–A, которая состоит из чередующихся единичных

прямоугольных видеоимпульсов заданной длительности, меняющих свою полярность по определённым законам согласно кодовым коэффициентам, значения которых равны +1 или -1;  $\vartheta_{E1-A}(t)$  – двоичная последовательность посылок СИ– кода, предназначенная для передачи служебной информации (навигационного сообщения) компоненты E1–A;  $r_{E1-A}(t)$  – косинусное МПК модуляцией типа cosВОС (15, 2.5).

Отметим, если функции  $g_{E1-A}(t)$ ,  $\vartheta_{E1-A}(t)$  и  $r_{E1-A}(t)$  рассматривать как кодовые последовательности символов 1 и 0, чередующихся по своим законам, то, естественно, операция перемножения в выражении (11) заменяется на операцию сложения по модулю 2.

Формула для ППСП дальномерного кода  $g_{E1-A}(t)$ , описывающая один её период, имеет традиционный вид [23,24]:

$$g_{E1-A}(t - t_0) = \sum_{k=0}^{L_A-1} v_k^A \text{rect}_{\tau_{C-A}} [t - k\tau_{C-A} - t_0], \quad (12)$$

где  $\tau_{C-A} = \frac{1}{f_{C-A}}$  – длительность элемента (символа, чипа) ППСП компоненты E1–A;

$f_{C-A}$  – частота следования элементов ППСП компоненты E1–A;

$L_A$  – количество элементов на периоде ППСП  $g_{E1-A}(t)$ ;

$t_0$  – начальное условие;  $k = 0, 1, 2, \dots, (L_A - 1)$ .  
Кодовые коэффициенты  $v_k^A$ , образующие ППСП (12), принимают на каждом элементе длительностью  $\tau_{C-A}$  значение +1 или -1 согласно закону чередования элементов на периоде. Длительность периода ППСП равна  $T_{L_A-A} = L_A \tau_{C-A}$ . Заметим, что в формуле (12) и далее функция  $\text{rect}_{\tau_c}$  представляет собой импульс единичной амплитуды и длительностью  $\tau_c$ :

$$\text{rect}_{\tau_c} [t - k\tau_c] = \begin{cases} 1 & \text{при } k\tau_c \leq t < (k+1)\tau_c; \\ 0 & \text{при } k\tau_c > t \geq (k+1)\tau_c; \end{cases} \quad (13)$$

где  $k=0, 1, 2, \dots, (L_A-1)$

Известно [21, 22, 25], что МПК ВОС-сигналов определяется одним из двух выражений

$$r_{\sin}(t) = \text{sign}[\sin \omega_m t] - \quad (14)$$

синусное МПК,

$$r_{\cos}(t) = \text{sign}[\cos \omega_m t] - \quad (15)$$

косинусное МПК.

Здесь  $\omega_m = 2\pi f_m$  – круговая частота МПК,  $f_m = \frac{1}{T_m} = \frac{1}{2\tau_m}$  – частота МПК,  $T_m = 2\tau_m$  – период МПК,  $\tau_m$  – длительность меандрового импульса в МПК, функция «сигнум»  $z$  имеет вид

$$\text{sign } z = \begin{cases} 1, & z > 0; \\ 0, & z = 0; \\ -1, & z < 0. \end{cases} \quad (16)$$

Видно, что один период МПК содержит два биполярных меандровых импульса, образующих меандр.

Согласно (15) МПК  $r_{E1-A}(t)$  компоненты E1–A определяется соотношением:

$$r_{E1-A}(t) = r_{\cos-A}(t) = \text{sign}[\cos 2\pi f_{M-A} t], \quad (17)$$

где  $f_{M-A}$  – частота МПК компоненты E1–A.

Свойства cosВОС-сигналов и их возможности достаточно детально обсуждаются в [25,26], поэтому далее в работе они отдельно не рассматриваются.

Компонента  $d_{E1-B}(t)$  представляет собой информационный сигнал МФ  $d_{\text{CВОС-1}}(t)$  полного СВОС-сигнала E1 OS и характеризуется выражением:

$$d_{E1-B}(t) = g_{E1-A}(t), \vartheta_{E1-A}(t) r_{E1-A}(t) \quad (18)$$

где  $g_{E1-A}(t)$  – ППСП дальномерного кода компоненты E1–B;

$\vartheta_{E1-A}(t)$  – двоичная последовательность посылок СИ– кода, предназначенная для передачи служебной информации (навигационного сообщения) компоненты E1–B;

$r_{E1-A}(t)$  – составное МПК компоненты E1–B, являющееся спецификой СВОС-сигналов.

Компонента  $d_{E1-C}(t)$  представляет собой пилот – сигнал МФ  $d_{\text{CВОС-1}}(t)$  полного СВОС-сигнала E1 OS и записывается в виде:

$$d_{E1-C}(t) = g_{E1-C}(t) r_{E1-C}(t), \quad (19)$$

где  $g_{E1-C}(t)$  – ППСП дальномерного кода компоненты E1–C;

$r_{E1-C}(t)$  – составное МПК компоненты E1–C, определяющее специфику СВОС-сигналов.

Входящие в (18) и (19) ППСП  $g_{E1-B}(t)$  и  $g_{E1-C}(t)$  на одном периоде (по аналогии с ППСП  $g_{E1-A}(t)$ ) описываются выражениями:

$$g_{E1-B}(t - t_0) = \sum_{k=0}^{L_B-1} v_k^B \text{rect}_{\tau_{C-B}} [t - k\tau_{C-B} - t_0], \quad (20)$$

$$g_{E1-C}(t - t_0) = \sum_{k=0}^{L_C-1} v_k^C \text{rect}_{\tau_{C-C}} [t - k\tau_{C-C} - t_0], \quad (21)$$

где параметры  $v_k^B, v_k^C, \tau_{C-B}, \tau_{C-C}, L_B$  и  $L_C$  имеют тот же смысл, что и в (12). Кроме того, для полного СВОС-сигнала E1 OS СРНС Galileo в (20) и (21) выполняются равенства:  $\tau_{C-B} = \tau_{C-C}$  и  $L_B = L_C$ .

Как обычно, при дальнейшем рассмотрении полагаем, что ППСП  $g_{E1-A}(t)$ ,  $g_{E1-B}(t)$  и  $g_{E1-C}(t)$ , характеризуемые (12), (20) и (21), различны по отношению друг к другу, стационарны и статистически взаимно независимы. На основании (7) имеем, что ППСП корректирующей компоненты  $d_{E1-K}(t)$  также является стационарной, статистически взаимно независимой и отличающейся от остальных трёх компонент.

На рис.1 представлена структурная схема спутникового передатчика СРНС Galileo в части, касающейся сигнала E1, которая получена на основании соотношений (9), (11), (18) и (19).

На схеме рис.1 показаны каналы формирования компонент МФ  $d_{E1-A}(t)$ ,  $d_{E1-B}(t)$  и  $d_{E1-C}(t)$ , а также корректирующей компоненты  $d_{E1-K}(t)$ , собственно модулятор передатчика, выполненный на основе алгоритма CASM, и радиотехническая часть передатчика.

В том случае, когда распределение мощности передатчика между компонентами  $d_{E1-A}(t)$ ,  $d_{E1-B}(t)$ ,  $d_{E1-C}(t)$

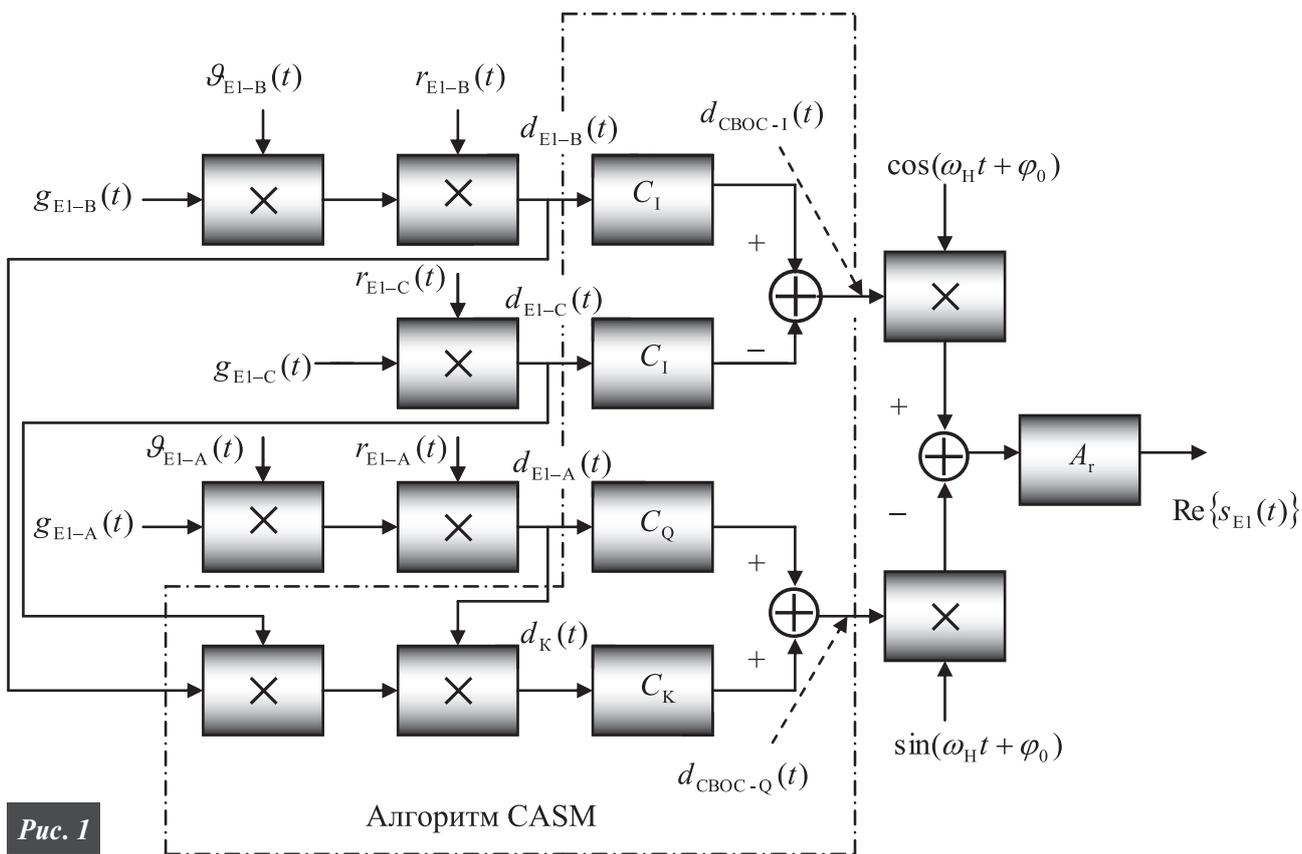


Рис. 1

и  $d_{EI-K}(t)$  выполнено в соответствии с (8), как это принято в СРНС Galileo, действительный сигнал  $\text{Re}\{s(t)\}$  (9) на выходе спутникового передатчика принимает вид:

$$\text{Re}\{s(t)\} = A_r \left\{ \frac{\sqrt{2}}{3} [d_{EI-B}(t) - d_{EI-C}(t)] \cos(\omega_H t + \varphi_0) - \frac{1}{3} A_r [2d_{EI-A}(t) + d_{EI-K}(t)] \sin(\omega_H t + \varphi_0) \right\}. \quad (22)$$

Соответственно при выполнении условия (8) МФ (10) в комплексной форме записи характеризуется формулой:

$$\begin{aligned} d_{\text{CBOC}}(t) &= d_{\text{CBOC-I}}(t) + i d_{\text{CBOC-Q}}(t) = \\ &= \frac{\sqrt{2}}{3} [d_{EI-B}(t) - d_{EI-C}(t)] + \\ &+ i \frac{1}{3} [2d_{EI-A}(t) + d_{EI-K}(t)]. \end{aligned} \quad (23)$$

Технические характеристики сигнала E1 СРНС Galileo сведены в табл.1 [5,11,16,17,20,27].

В табл.1 обозначено: СВОС (6,1,1/11,+ ) и СВОС (6,1,1/11,- ) – типы СВОС-модуляции, составные МПК которых  $r_{EI-B}(t)$  и  $r_{EI-C}(t)$  образованы как взвешенные сумма и соответственно разность двух различных ВОС-сигналов с модуляцией типов ВОС (6,1) и ВОС (1,1). При этом доли спектральной плотности мощности в спектре СВОС-сигнала, обусловленные модуляцией ВОС (6,1) и ВОС (1,1) равны 1/11 и 10/11.

## 2. Структура составных меандровых поднесущих колебаний полных СВОС-сигналов

Составные МПК  $r_{EI-B}(t)$  и  $r_{EI-C}(t)$ , входящие в структуру МФ  $d_{\text{CBOC}}(t)$  полных СВОС-сигналов, полностью

определяют специфические особенности составных МШПС (см. (23) и рис.1). Основные соотношения, определяющие составные МПК  $r_{EI-B}(t)$  и  $r_{EI-C}(t)$ , имеют вид [2, 3, 5]:

$$r_{EI-B}(t) = a_1 r_{\tau_{M1}}(t) + a_2 r_{\tau_{M2}}(t) - \quad (24)$$

– составное МПК компоненты E1–B, характеризующей информационный сигнал полного СВОС-сигнала E1 OS;

$$r_{EI-C}(t) = a_1 r_{\tau_{M1}}(t) - a_2 r_{\tau_{M2}}(t) - \quad (25)$$

– составное МПК компоненты E1–C, являющейся пилот-сигналом полного СВОС-сигнала E1 OS;

$r_{\tau_{M1}}(t)$  – МПК ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (1,1);

$r_{\tau_{M2}}(t)$  – МПК ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (6,1);

$\tau_{M1}$  – длительность меандрового импульса ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (1,1) (см. табл.1);

$\tau_{M2}$  – длительность меандрового импульса ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (6,1) (см. табл.1);

$a_1$  и  $a_2$  – долевые коэффициенты отдельных МПК, образующих полный СВОС-сигнал.

Коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$  определяют доли энергетического спектра, обусловленные МПК  $r_{\tau_{M1}}(t)$  и  $r_{\tau_{M2}}(t)$ , в результирующем спектре полного СВОС-сигнала E1 OS.

Для долевых коэффициентов  $a_1$  и  $a_2$  выполняется нормировочное соотношение:

$$a_1^2 + a_2^2 = 1. \quad (26)$$

Таблица 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛА E1 СИСТЕМЫ GALILEO.

№ п/п	Компоненты Характеристики	Компонента E1-B (OS)	Компонента E1-C (OS)	Компонента E1-A (PRS)
1	Несущая частота $f_H$ , МГц	1575,42		
2	Опорная (базовая) частота $f_{on}$ , МГц	1,023		
3	Тип модуляции	СВОС (6,1,1/11,+)	СВОС (6,1,1/11,-)	cosВОС (15,2,5)
4	Частота следования элементов ППС $f_c$ , МГц	$f_{c-B}=1,023$	$f_{c-C}=1,023$	$f_{c-A}=2,5f_{on}=2,5575$
5	Длительность элементов ППС $\tau_c=1/f_c$ , мкс	$\tau_{c-B} \approx 0,9775$	$\tau_{c-C} \approx 0,9775$	$\tau_{c-A} \approx 0,391$
6	Частота МПК $f_M$ , МГц	Два типа МПК: $f_{M1}=f_{on}=1,023$ $f_{M2}=6f_{on}=6,138$	Два типа МПК: $f_{M1}=f_{on}=1,023$ $f_{M2}=6f_{on}=6,138$	$f_{M-A}=5f_{on}=5,1345$
7	Длительность меандровых импульсов $\tau_M=1/2f_M$ , мкс	Два типа меандровых импульсов: $\tau_{M1} \approx 0,4887$ $\tau_{M2} \approx 0,08146$	Два типа меандровых импульсов: $\tau_{M1} \approx 0,4887$ $\tau_{M2} \approx 0,08146$	$\tau_{M-A} \approx 0,0326$
8	Период МПК $T_M=2\tau_M=1/f_M$ , мкс	Два МПК: $T_{M1} \approx 0,9775$ $T_{M2} \approx 0,1629$	Два МПК: $T_{M1} \approx 0,9775$ $T_{M2} \approx 0,1629$	$T_{M-A} \approx 0,0652$
9	Коэффициент расширения спектра $L$	$L_B=4092$	$L_C=4092$	$L_A=25575$
10	Длительность периода ППС $T_L=L\tau_c$ , мс	$T_{L-B}=4$	$T_{L-C}=4$	$T_{L-A}=10$

Согласно (14) для МПК  $r_{\tau_{M1}}(t)$  и  $r_{\tau_{M2}}(t)$  можем записать (см. табл.1):

$$r_{\tau_{M1}}(t) = \text{sign}[\sin 2\pi f_{M1} t], \quad (27)$$

$$r_{\tau_{M2}}(t) = \text{sign}[\sin 2\pi f_{M2} t] = \text{sign}[\sin 12\pi f_{M1} t], \quad (28)$$

где  $f_{M1} = \frac{1}{2\tau_{M1}}$  и  $f_{M2} = \frac{1}{2\tau_{M2}}$  – частоты МПК ВОС-сигналов с модуляцией типа ВОС (1,1) и ВОС (6,1) соответственно. Видно, что  $f_{M2}=6f_{M1}$ .

Далее выразим составные МПК  $r_{E1-B}(t)$  и  $r_{E1-C}(t)$  через составные МС.

Коэффициенты кратности меандровых импульсов  $N_{M1}$  и  $N_{M2}$  ВОС-сигналов с модуляцией типа ВОС (1,1) и ВОС (6,1) соответственно равны:

$$N_{M1} = \frac{\tau_c}{\tau_{M1}} = \frac{2f_{M1}}{f_c} = \frac{2\alpha_1}{\beta}, \quad (29)$$

$$N_{M2} = \frac{\tau_c}{\tau_{M2}} = \frac{2f_{M2}}{f_c} = \frac{2\alpha_2}{\beta}, \quad (30)$$

где  $\tau_c=1/f_c$  – длительность элемента ППС  $g_{E1-B}(t)$  и  $g_{E1-C}(t)$  компонент E1-B и E1-C;

$\alpha_1=f_{M1}/f_{on}$ ,  $\alpha_2=f_{M2}/f_{on}$  и  $\beta=f_c/f_{on}$  – параметры меандровой модуляции ВОС-сигналов,

$f_{on} = 1,023$  МГц – опорная (базовая) частота. Согласно (29) и (30) имеем:

$$N_{M1}=2 \text{ и } N_{M2}=12. \quad (31)$$

Учитывая, что  $N_{M1}$  и  $N_{M2}$  – чётные числа, запишем [5, 20, 21]:

$$r_{E1-B}(t) = \sum_{k=0}^{L-1} \mu_{\text{СВОС-ИС}}(t - k\tau_c), \quad (32)$$

$$r_{E1-C}(t) = \sum_{k=0}^{L-1} \mu_{\text{СВОС-ПС}}(t - k\tau_c), \quad (33)$$

где  $L$  – коэффициент расширения спектра (число элементов на периоде ППС),  $\mu_{\text{СВОС-ИС}}$  – составной МС составного МПК  $r_{E1-B}(t)$ ,  $\mu_{\text{СВОС-ПС}}$  – составной МС составного МПК  $r_{E1-C}(t)$ .

На основании (24) и (25) составные МС  $\mu_{\text{СВОС-ИС}}$  и  $\mu_{\text{СВОС-ПС}}$  имеют вид:

$$\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t) = a_1 \mu_{\sin-2}(t) + a_2 \mu_{\sin-12}(t), \quad (34)$$

$$\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t) = a_1 \mu_{\sin-2}(t) - a_2 \mu_{\sin-12}(t), \quad (35)$$

где  $\mu_{\sin-2}(t)$  и  $\mu_{\sin-12}(t)$  – МС ВОС-сигналов с модуляцией типа ВОС (1,1) и ВОС (6,1).

Как известно, например, [6], МС  $\mu_{\sin-2}(t)$  и  $\mu_{\sin-12}(t)$  равны:

$$\mu_{\sin-2}(t) = \text{rect}_{\tau_{M1}}[t] - \text{rect}_{\tau_{M1}}[t - \tau_{M1}], \quad (36)$$

$$\mu_{\sin-12}(t) = \sum_{m=0}^{11} (-1)^m \text{rect}_{\tau_{M2}}[t - m\tau_{M2}], \quad (37)$$

где  $\tau_{M1}$  и  $\tau_{M2}$  – длительности меандровых импульсов ВОС-сигналов с модуляцией типов ВОС (1,1) и ВОС (6,1). Для СРНС Galileo и GPS в (34) и (35) долевые коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$  обычно выбирают равными [1,14]:

$$a_1 = \sqrt{\frac{10}{11}} \text{ и } a_2 = \sqrt{\frac{1}{11}}. \quad (38)$$

Учитывая (26) и (38), построим графики составных МПК  $r_{E1-B}(t)$  и  $r_{E1-C}(t)$  компонент E1-B и E1-C, характеризующих информационный и пилот-сигнал полного СВОС-сигнала E1 OS.

Выполнив преобразования в (32) и (33), на основании (34–37) с учётом (26) и (38) получим:

$$r_{E1-B}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} B_k |k|_{12} \cdot \text{rect}_{\tau_{M2}}[t - k \cdot \tau_{M2}], \quad (39)$$

$$r_{E1-C}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k |k|_{12} \cdot \text{rect}_{\tau_{M2}}[t - k \cdot \tau_{M2}], \quad (40)$$

где символ  $|k|_{12}$  означает индекс « $k$ » по модулю 12, коэффициенты  $B_k$  и  $C_k$ , а также их значения в сигнале E1 OS представлены в табл. 2 и табл.3 [5].

Графики составных МПК  $r_{E1-B}(t)$  и  $r_{E1-C}(t)$ , выполненные согласно (39) и (40), изображены на рис. 2. и рис. 3. Соответствующие МС  $\mu_{\text{СВОС-ИС}}$  и  $\mu_{\text{СВОС-ПС}}$  на рис. 2 и рис.3 выделены в виде заштрихованных фигур. Расчёты графиков на рис. 2 и рис. 3 выполнены применительно к дискретному времени  $t_k = k\tau_{M2}$ , где  $k = 0, 1, 2, \dots$  – номер шага дискретизации по времени;  $\tau_{M2} \approx 0,08146$  мкс – длительность меандрового импульса ВОС-сигналов с модуляцией типа ВОС (6,1) (см. табл. 1). На любом шаге дискретизации, т. е. полуинтервалах  $\Delta_k = t_{k+1} - t_k = [k\tau_{M2}, (k+1)\tau_{M2})$ , где  $k = 0, 1, 2, \dots$ , все функции компонент  $r_{E1-B}(t)$  и  $r_{E1-C}(t)$  сохраняют свои значения неизменными.

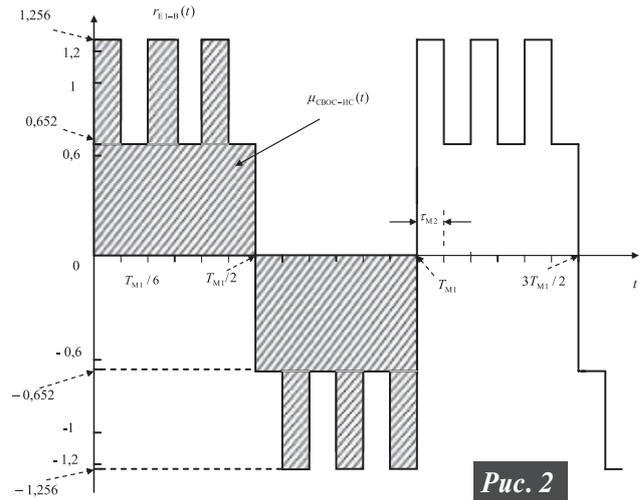


Рис. 2

МС  $\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t)$  и  $\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t)$  (см. (34) и (35), а также рис. 2 и рис. 3).

Тогда с учётом (43) одиночный элемент  $d_{\tau_C-\text{СВОС-1}}(t)$  МФ полного СВОС-сигнала  $d_{\text{СВОС-1}}(t)$  определяется формулой (44):

Таблица 2.

Коэффициенты  $B_k$  и  $C_k$  составных МПК  $r_{E1-B}(t)$  и  $r_{E1-C}(t)$

$k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$B_k$	$a_1+a_2$	$a_1-a_2$	$a_1+a_2$	$a_1-a_2$	$a_1+a_2$	$a_1-a_2$	$-a_1+a_2$	$-a_1-a_2$	$-a_1+a_2$	$-a_1-a_2$	$-a_1+a_2$	$-a_1-a_2$
$C_k$	$a_1-a_2$	$a_1+a_2$	$a_1-a_2$	$a_1+a_2$	$a_1-a_2$	$a_1+a_2$	$-a_1-a_2$	$-a_1+a_2$	$-a_1-a_2$	$-a_1+a_2$	$-a_1-a_2$	$-a_1+a_2$

Таблица 3.

Коэффициенты  $B_k$  и  $C_k$  составных МПК  $r_{E1-B}(t)$  и  $r_{E1-C}(t)$  сигнала E1 GALILEO

$k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$B_k$	1,255	0,652	1,255	0,652	1,255	0,652	-0,652	-1,255	-0,652	-1,255	-0,652	-1,255
$C_k$	0,652	1,255	0,652	1,255	0,652	1,255	-1,255	-0,652	-1,255	-0,652	-1,255	-0,652

### 3. Энергетические спектры одиночных элементов модулирующих функций полных СВОС-сигналов при различных значениях долевых коэффициентов

Модулирующая функция полного СВОС-сигнала представляет собой синфазную часть  $d_{\text{СВОС-1}}(t)$  всей МФ  $d_{\text{СВОС}}(t)$  сигнала E1 CPNC Galileo (см. выражения (5) и (10)). Согласно (5), (18) и (19) МФ полного СВОС-сигнала имеет вид:

$$d_{\text{СВОС-1}}(t) = C_1 [d_{E1-B}(t) - d_{E1-C}(t)] = C_1 [g_{E1-B,\Sigma}(t)r_{E1-B}(t) - g_{E1-C}(t)r_{E1-C}(t)], \quad (41)$$

$$\text{где обозначено } g_{E1-B,\Sigma}(t) = g_{E1-B}(t)g_{E1-B}(t). \quad (42)$$

Рассмотрим одиночный элемент  $d_{\tau_C-\text{СВОС-1}}(t)$  МФ полного СВОС-сигнала  $d_{\text{СВОС-1}}(t)$ . Длительность элемента МФ  $d_{\tau_C-\text{СВОС-1}}(t)$  равна  $\tau_C \triangleq \tau_{C-B} = \tau_{C-C} \approx 0,9775$  мкс (см. табл.1).

Входящие в (41) ППС  $g_{E1-B}(t)$  и  $g_{E1-C}(t)$  на произвольном  $k$ -м элементе согласно (20) и (21) равны  $v_k^B$  и  $v_k^C$ . (43)

Составные МПК  $r_{E1-B}(t)$  и  $r_{E1-C}(t)$  на одиночном элементе  $d_{\tau_C-\text{СВОС-1}}(t)$  представляют собой составные

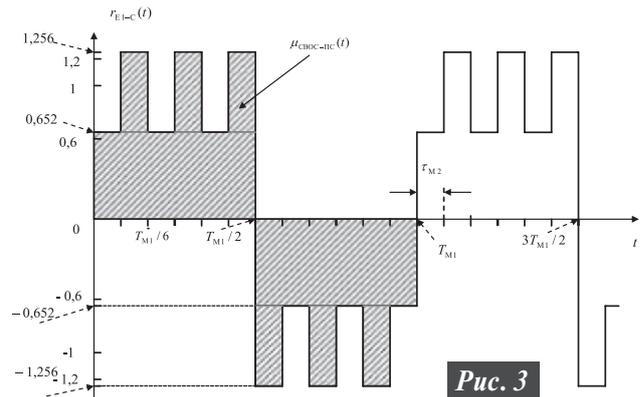


Рис. 3

$$d_{\tau_C-\text{СВОС-1}}(t) = C_1 [v_k^B \mu_{\text{СВОС-ИС}}(t) - v_k^C \mu_{\text{СВОС-ПС}}(t)], \quad (44)$$

где коэффициент  $C_1$ , учитывая (8), равен:  $C_1 = \sqrt{2}/3$ .

На основании (39) и (40) для составных МС  $\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t)$  (см. (34)) и  $\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t)$  (см. (35)) приходим к следующим выражениям:

$$\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t) = \sum_{k=0}^{12} B_k \cdot \text{rect}_{\tau_{M2}}[t - k \cdot \tau_{M2}], \quad (45)$$

$$\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t) = \sum_{k=0}^{12} C_k \cdot \text{rect}_{\tau_{M2}} [t - k \cdot \tau_{M2}], \quad (46)$$

где  $\tau_{M2} \approx 0,08146$  мкс – длительность меандрового импульса ВОС-сигналов с модуляцией типа ВОС (6,1) (см. табл. 1). Значения коэффициентов  $B_k$  и  $C_k$  в (48) и (49) приведены в табл.3.

Спектральная плотность (спектральная функция)  $G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega)$  одиночного элемента МФ  $d_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(t)$  полного СВОС-сигнала Е1 OS представляет собой преобразование Фурье от этой МФ:

$$G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega) = \text{FT} \left\{ d_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(t) \right\} = \int_{-\infty}^{\infty} d_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(t) \cdot \exp\{-i\omega t\} dt, \quad (47)$$

где  $\text{FT}\{*\}$  – символ прямого преобразования Фурье.

Подставив (44) в (47), находим:

$$G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega) = C_1 [v_k^B \text{FT}\{\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t)\} - v_k^C \text{FT}\{\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t)\}]. \quad (48)$$

С учётом (34) и (35) формула (48) принимает вид:

$$G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega) = C_1 \{ v_k^B [a_1 \text{FT}\{\mu_{\text{sin-2}}(t)\} + a_2 \text{FT}\{\mu_{\text{sin-12}}(t)\}] - v_k^C [a_1 \text{FT}\{\mu_{\text{sin-2}}(t)\} - a_2 \text{FT}\{\mu_{\text{sin-12}}(t)\}] \} = C_1 \{ v_k^B [a_1 F_{\text{sin-2}}(\omega) + a_2 F_{\text{sin-12}}(\omega)] - v_k^C [a_1 F_{\text{sin-2}}(\omega) - a_2 F_{\text{sin-12}}(\omega)] \}, \quad (49)$$

где обозначено:

$$F_{\text{sin-2}}(\omega) \triangleq \text{FT}\{\mu_{\text{sin-2}}(t)\} - \quad (50)$$

– спектральная плотность одиночного МС ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (1,1);

$$F_{\text{sin-12}}(\omega) \triangleq \text{FT}\{\mu_{\text{sin-12}}(t)\} - \quad (51)$$

– спектральная плотность одиночного МС ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (6,1).

Общая формула спектральной плотности одиночного МС ВОС-сигналов при произвольном значении коэффициента кратности  $N_M$  известна (см., например, [22], ф-ла (31)). Тогда применительно к соотношению (49) для  $F_{\text{sin-2}}(\omega)$  (т. е. при  $N_M=2$ ) и  $F_{\text{sin-12}}(\omega)$  (т. е. при  $N_M=12$ ) имеем:

$$F_{\text{sin-2}}(\omega) = i \frac{2}{\omega} e^{-i\omega\tau_{M1}} \sin(\omega\tau_{M1}) \text{tg}(0,5\omega\tau_{M1}), \quad (52)$$

$$F_{\text{sin-12}}(\omega) = i \frac{2}{\omega} e^{-i6\omega\tau_{M2}} \sin(6\omega\tau_{M2}) \text{tg}(0,5\omega\tau_{M2}), \quad (53)$$

где  $\tau_{M1}$  – длительность меандрового импульса ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (1,1) (см. табл.1);  $\tau_{M2}$  – длительность меандрового импульса ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (6,1) (см. табл.1).

Энергетический спектр (спектральная плотность мощности)  $S_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega)$  одиночного элемента МФ  $d_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(t)$  полного СВОС-сигнала Е1 OS может быть вычислен на основании известной спектральной плотности  $G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega)$  в соответствии с формулой [28–31]

$$S_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega) \triangleq \frac{1}{\tau_{\text{C}}} \left[ G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega) G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}^*(\omega) \right], \quad (54)$$

где  $G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}^*(\omega)$  – комплексно-сопряжённая спектральная плотность от  $G_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega)$ .

Подставив (48) в (54), получим

$$S_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega) = C_1^2 \frac{1}{\tau_{\text{C}}} [v_k^B \text{FT}\{\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t)\} - v_k^C \text{FT}\{\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t)\}] [v_k^B \text{FT}^*\{\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t)\} - v_k^C \text{FT}^*\{\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t)\}]. \quad (55)$$

В соответствии с (20) и (21) применительно к любому  $k$ -му элементу ППСП дальномерных кодов  $g_{\text{Е1-В}}(t)$  и  $g_{\text{Е1-С}}(t)$  имеем, что выполняется равенство  $(v_k^B)^2 = (v_k^C)^2 = 1$ .

Кроме того, полагаем, что кодовые коэффициенты  $v_k^B$  и  $v_k^C$  разных последовательностей  $g_{\text{Е1-В}}(t)$  и  $g_{\text{Е1-С}}(t)$  представляют собой взаимно независимые случайные величины, которые принимают на каждом элементе соответствующей ППСП значение +1 или –1 согласно тому или иному коду. В таком случае в соотношении (55) перекрёстные члены различных ППСП

СВОС-сигнала при статистическом усреднении по ансамблю значений равны нулю:  $\langle v_k^B v_k^C \rangle = 0$ , где символ  $\langle \cdot \rangle$  означает статистическое усреднение по ансамблю значений.

Тогда (55) принимает вид:

$$S_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega) = C_1^2 \frac{1}{\tau_{\text{C}}} [ \text{FT}\{\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t)\} \cdot \text{FT}^*\{\mu_{\text{СВОС-ИС}}(t)\} + \text{FT}\{\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t)\} \cdot \text{FT}^*\{\mu_{\text{СВОС-ПС}}(t)\} ]. \quad (56)$$

Выполнив в (56) преобразования с учётом (34), (35) и (49) – (51), находим

$$S_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega) = 2 C_1^2 \frac{1}{\tau_{\text{C}}} [ a_1^2 F_{\text{sin-2}}(\omega) F_{\text{sin-2}}^*(\omega) + a_2^2 F_{\text{sin-12}}(\omega) F_{\text{sin-12}}^*(\omega) ] = 2 C_1^2 [ a_1^2 S_{\text{sin-2}}(\omega) + a_2^2 S_{\text{sin-12}}(\omega) ], \quad (57)$$

где обозначено:

$$S_{\text{sin-2}}(\omega) \triangleq \frac{1}{\tau_{\text{C}}} \cdot [ F_{\text{sin-2}}(\omega) F_{\text{sin-2}}^*(\omega) ] - \quad (58)$$

– энергетический спектр одиночного МС ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (1,1);

$$S_{\text{sin-12}}(\omega) \triangleq \frac{1}{\tau_{\text{C}}} \cdot [ F_{\text{sin-12}}(\omega) F_{\text{sin-12}}^*(\omega) ] - \quad (59)$$

– энергетический спектр одиночного МС ВОС-сигнала с модуляцией типа ВОС (6,1).

Выполнив применительно к энергетическому спектру  $S_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega)$ , характеризуемому выражением (57), нормировку

$$S_{\tau_{\text{C-СВОС}}}(\omega) \triangleq \frac{1}{2 C_1^2} S_{\tau_{\text{C-СВОС-1}}}(\omega), \quad (60)$$

Таблица 4.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ЧАСТИЧНОЙ СУММЫ СТЕПЕННОГО РЯДА, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР  $S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f)$

Номер члена $i$ частичной суммы степенного ряда, представляющей энергетический спектр $S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f)$	Коэффициент $i$ -го члена частичной суммы степенного ряда, $h_i$
0	$a_1^2$
1	0
2	$-18a_1^2+9a_2^2$
3	$-18a_2^2$
4	$129a_1^2-87a_2^2$
5	$192a_2^2$
6	$-464a_1^2+256a_2^2$
7	$-704a_2^2$
8	$864a_1^2-160a_2^2$
9	$1024a_2^2$
10	$-768a_1^2-256a_2^2$
11	$-512a_2^2$
12	256

получим, что нормированный энергетический спектр  $S_{\tau_c\text{-СВОС-1}}(f)$  одиночного элемента МФ полного СВОС-сигнала имеет вид

$$S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f) = a_1^2 S_{\sin-2}(f) + a_2^2 S_{\sin-12}(f), \quad (61)$$

где  $\omega=2\pi f$ .

Формулы энергетических спектров МС ВОС-сигналов  $S_{\sin-2}(\omega)$  и  $S_{\sin-12}(\omega)$  известны (например, [22]) и соответственно равны:

$$S_{\sin-2}(f) = \frac{1}{f_c} \left[ \frac{\sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi f}{2f_c}\right) \right]^2 - \quad (62)$$

– для ВОС-сигналов с модуляцией типа ВОС (1,1);

$$S_{\sin-12}(f) = \frac{1}{f_c} \left[ \frac{\sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi f}{12f_c}\right) \right]^2 - \quad (63)$$

– для ВОС-сигналов с модуляцией типа ВОС (6,1), где  $f_c$  – частота следования элементов ППСП  $g_{E1-B}(t)$  и  $g_{E1-C}(t)$  компонент E1–B и E1–C (см. табл.1).

Подставив (62) и (63) в (61), находим, что выражение нормированного энергетического спектра  $S_{\tau_c\text{-СВОС-1}}(f)$  одиночного элемента МФ полного СВОС-сигнала принимает вид

$$S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f) = \frac{1}{f_c} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2} \cdot \left[ a_1^2 \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi f}{2f_c}\right) + a_2^2 \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi f}{12f_c}\right) \right], \quad (64)$$

где долевые коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$  удовлетворяют нормировочному соотношению (26).

В ряде случаев формулу энергетического спектра  $S_{\tau_c\text{-СВОС-1}}(f)$  удобно представлять в виде частичной суммы степенного ряда косинусов угла  $\gamma$ , который равен:

$$\gamma \triangleq \omega\tau_{M2} = \frac{\pi f}{6f_c}. \quad (65)$$

После тригонометрических преобразований выражения (64) приходим к следующему соотношению

$$S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f) = \frac{4f_c}{\pi^2 f^2} \sum_{i=0}^{12} h_i \cos^i \gamma, \quad (66)$$

где коэффициенты  $h_i$  частичной суммы степенного ряда косинусов угла  $\gamma$  представлены в табл.4. Естественно, что формулы (64) и (66) эквивалентны.

В частном случае СРНС Galileo применительно к полному СВОС-сигналу E1 OS (а также в случае китайской системы BeiDou/Compass для полного СВОС-сигнала B1-C [32–34]) с модуляцией типа СВОС (6,1,1/11) при значениях долевых коэффициентов  $a_1=\sqrt{10/11}$  и  $a_2=\sqrt{1/11}$  на основании (61) получим [2, 5]

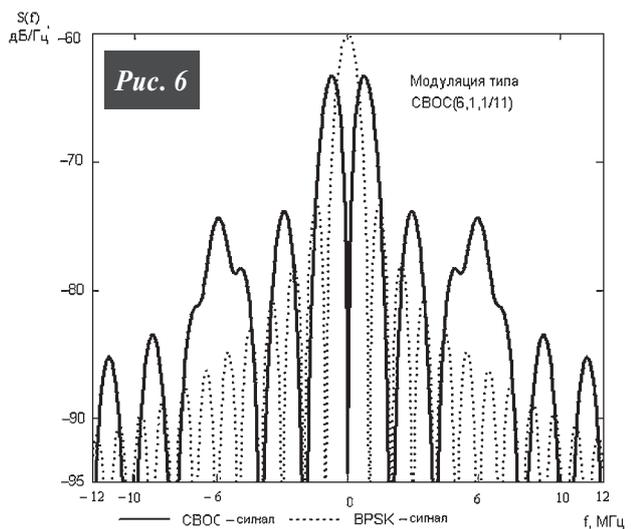
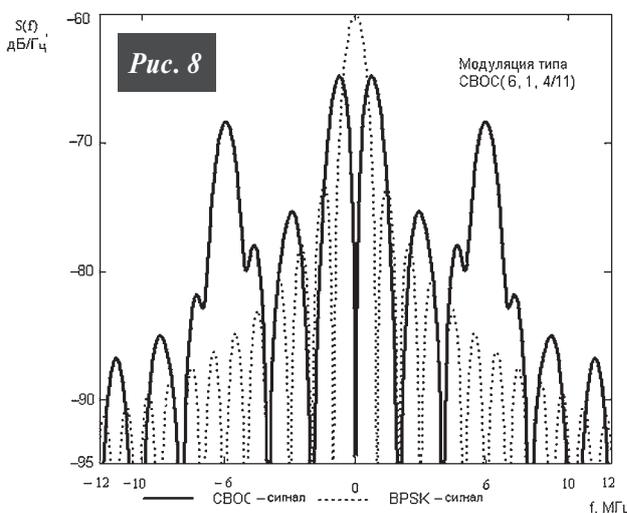
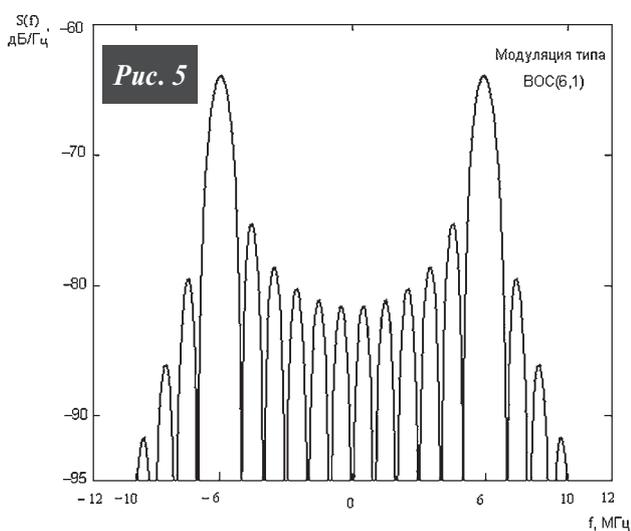
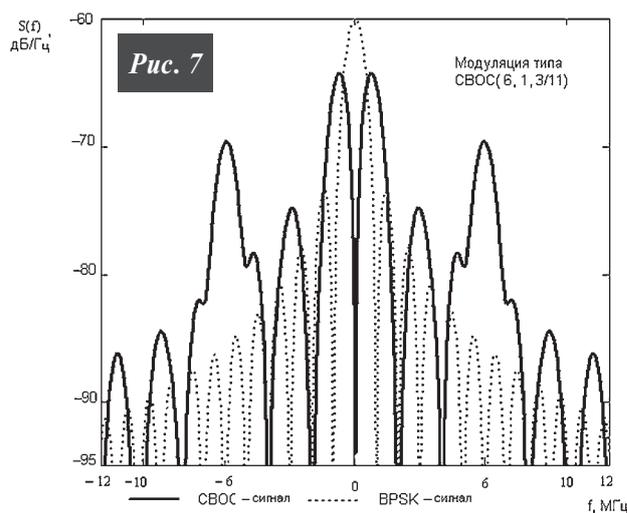
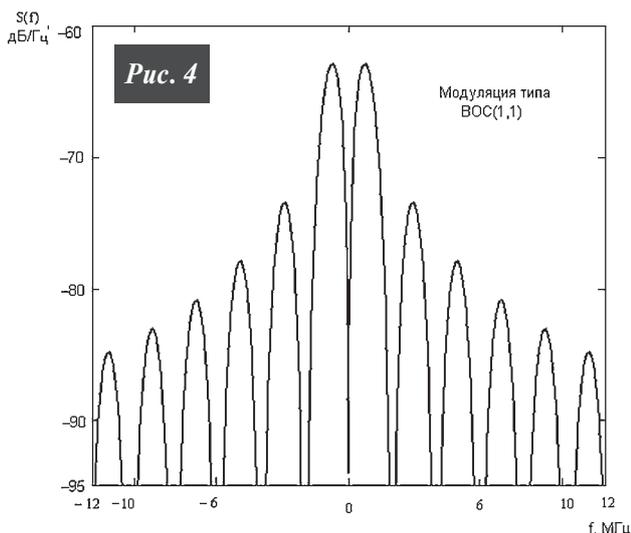
$$S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f) = \frac{10}{11} S_{\sin-2}(f) + \frac{1}{11} S_{\sin-12}(f) = \frac{1}{11f_c} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2} \left[ 10 \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi f}{2f_c}\right) + \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi f}{12f_c}\right) \right]. \quad (67)$$

В таком случае формула энергетического спектра  $S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f)$  (66) при значениях долевых коэффициентов  $a_1=\sqrt{10/11}$  и  $a_2=\sqrt{1/11}$  принимает вид:

$$S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f) = \frac{4f_c}{11\pi^2 f^2} (10 - 171 \cos^2 \gamma - 18 \cos^3 \gamma + 1203 \cos^4 \gamma + 192 \cos^5 \gamma - 4384 \cos^6 \gamma - 704 \cos^7 \gamma + 8480 \cos^8 \gamma + 1024 \cos^9 \gamma - 7936 \cos^{10} \gamma - 512 \cos^{11} \gamma + 2816 \cos^{12} \gamma). \quad (68)$$

На рис. 4–6 соответственно представлены графики энергетических спектров  $S_{\sin-2}(f)$ ,  $S_{\sin-12}(f)$  и  $S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f)$ , построенные с помощью пакета программ MathCAD согласно (62), (63) и (67) (или (68)). Спектр  $S_{\tau_c\text{-СВОС}}(f)$ , изображенный на рис.6, представляет собой энергетический спектр одиночного элемента МФ  $d_{\tau_c\text{-СВОС-1}}(t)$  полного СВОС-сигнала E1 OS с модуляцией типа СВОС (6,1,1/11). Для сравнения на рис. 6 штриховой линией изображен график энергетического спектра  $S_{\text{BPSK}}(f)$  одиночного символа двоичной фазоманипулированной ПСП (BPSK – сигнала), формула  $S_{\text{BPSK}}(f)$  которого имеет вид [22]:

$$S_{\text{BPSK}}(f) = \frac{1}{f_c} \left[ \frac{\sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)} \right]^2. \quad (69)$$



При расчётах принято, что частота следования элементов ППСР  $g_{E1-B}(t)$  и  $g_{E1-C}(t)$   $f_c=1,023$  МГц. Графики выполнены в логарифмическом масштабе, когда по оси ординат отложены значения  $S_{дБ}(f)=10\log S(f)$ . Ширина полосы частот, изображенных на рис.4–6 участков энергетических спектров  $S_{sin-2}(f)$ ,  $S_{sin-12}(f)$  и  $S_{TC-CBOS}(f)$ , составляет 24 МГц, что соответствует ширине полосы сигнала E1 OS, которая равна 24,552 МГц [27].

На рис. 7 и рис.8 показаны построенные с помощью пакета программ MathCAD графики энергетического спектра  $S_{TC-CBOS}(f)$  одиночного элемента МФ  $d_{TC-CBOS-1}(t)$  полных СВООС-сигналов в случаях модуляции типов СВООС (6,1,3/11) и СВООС (6,1, 4/11), что соответствует значениям долевых коэффициентов:  $a_1=\sqrt{8/11}$  и  $a_2=\sqrt{3/11}$  (рис. 7);  $a_1=\sqrt{8/11}$  и  $a_2=\sqrt{4/11}$  (рис. 8). Штриховой линией на рис.7 и рис.8 для сравнения изображен график спектра  $S_{BPSK}(f)$ .

Из сопоставления графиков энергетических спектров  $S_{TC-CBOS}(f)$ ,  $S_{sin-2}(f)$ ,  $S_{sin-12}(f)$  и  $S_{BPSK}(f)$  на рис. 4–8 видно заметное увеличение доли мощности составляющих энергетического спектра  $S_{TC-CBOS}(f)$  около частот  $\pm 6$  МГц, что и предопределяет преимущества СВООС-сигналов по сравнению с обычными ВОС-сигналами и BPSK – сигналами. Изменение значений долевых коэффициентов  $a_1$  и  $a_2$  предоставляет дополнительную возможность варьирования мощностью составляющих энергетического спектра  $S_{TC-CBOS}(f)$  около частот  $\pm 6$  МГц для МФ (или для соответствующего радиоимпульса – в области частот  $f_H \pm 6$  МГц).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно (см. (10), (23)), модулирующая функция  $d_{CBOS}(t)$  (10) сигнала типа E1 CPHC Galileo, состоит

из четырёх компонент. Компоненты  $d_{E1-B}(t)$  и  $d_{E1-C}(t)$ , образующие МФ полного CBOC-сигнала, представляют собой синфазную часть МФ  $d_{CBOC-I}(t)$  (5), а компоненты  $d_{E1-A}(t)$  и  $d_{E1-K}(t)$  – квадратурную часть МФ  $d_{CBOC-Q}(t)$  (6) МФ  $d_{CBOC}(t)$  сигнала типа E1 CPNC Galileo. Компонента  $d_{E1-B}(t)$  определяет информационный сигнал с модуляцией типа CBOC (6,1,1/11,+), а компонента  $d_{E1-C}(t)$  характеризует пилот-сигнал с модуляцией типа CBOC (6,1,1/11,-) полного CBOC-сигнала. Компонента  $d_{E1-A}(t)$  образует cosBOC-сигнал с модуляцией типа cosBOC (15, 2.5).

Компонента  $d_{E1-K}(t)$  является корректирующей (комбинационной), которая предназначена для обеспечения постоянства во времени огибающей  $A(t)$  (42) МФ  $d_{CBOC}(t)$ .

Сравнивая аналитические выражения (62) – (67) энергетических спектров  $S_{\tau_C-CBOC}(f)$ ,  $S_{\sin-2}(f)$ ,  $S_{\sin-12}(f)$  и  $S_{BPSK}(f)$ , а также графики на рис.4–8, можно заключить, что в энергетическом спектре  $S_{\tau_C-CBOC}(f)$  имеет место значительное увеличение доли мощности составляющих спектра около частот  $\pm 6$  МГц для МФ

(или для соответствующего радиоимпульса – в области частот  $f_H \pm 6$  МГц). Изменение значений долевых коэффициентов  $a_1$  и  $a_2$  МФ полных CBOC-сигналов (10), (23) – (25) предоставляет дополнительную возможность варьирования мощностью составляющих энергетического спектра  $S_{\tau_C-CBOC}(f)$  около частот  $\pm 6$  МГц для МФ (или для соответствующего радиоимпульса – в области частот  $f_H \pm 6$  МГц). Эти особенности и обуславливают преимущества приёмников CBOC-сигналов по характеристикам слежения за ПСП дальномерного кода в точности и помехоустойчивости, особенно в условиях помех и при многолучёвости по сравнению с обычными ВОС-сигналами (в частности ВОС-сигналами с модуляцией типа ВОС (1,1)).

Кроме того, сопоставление формул и графиков для спектров  $S_{\tau_C-CBOC}(f)$  и  $S_{BPSK}(f)$  (см. рис. 6) показывает существенное различие этих спектров, что позволяет обеспечить хорошую электромагнитную совместимость CBOC-сигналов и массовых BPSK-сигналов C/A – кода, хотя оба типа сигналов используют одну и ту же несущую частоту  $f_H = 1575,42$  МГц.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hein G. W., Avila-Rodriguez J. A., Wallner S. et al. MBOC: The New Optimized Spreading Modulation Recommended for Galileo L1OS and GPS L1C. – Proceedings of the Position, Location and Navigation Symposium of the Institute of Navigation, April 2006. p.883.
2. Avila-Rodriguez J.-A., Wallner S., Hein G. W., et al. CBOC-an Implementation of MBOC. – Proceedings of the First Centre National D'Etudes Spatiales (CNES) Workshop on Galileo Signals and Signal Processing, Toulouse, France, 12–13 October 2006. CD ROM.
3. Avila-Rodriguez J.-A., Hein G. W., Wallner S., et al. The MBOC Modulation. A Final Touch for the Galileo Frequency and Signal Plan. – Inside GNSS, 2007, September/October, Vol. 2, Number 5, p.43.
4. Ярлыков М. С. Меандровые радиосигналы (ВОС-сигналы) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения. – Новости навигации, 2007, №3. С.12.
5. Ярлыков М. С. Составные меандровые шумоподобные сигналы (CBOC-сигналы) в перспективных спутниковых радионавигационных системах. – Радиотехника, 2014, № 7. С. 33.
6. Ярлыков М. С. Характеристики меандровых сигналов (ВОС-сигналов) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения. – Радиотехника, 2008, №8. С. 61.
7. Global Positioning Systems Directorate. Systems Engineering and Integration. Interface Specification IS-GPS-800. – Navstar GPS Space Segment/User Segment L1C Interface, IS-GPS-800C, 05 September 2012.
8. Wallner S., Hein G. W., Avila-Rodriguez J.-A. Interference Computations between Several GNSS Systems. – Proceedings of European Space Agency, Navitec 2006, Noordwijk, the Netherlands, Dec. 2006. CD ROM.
9. Julien O., Macabiau Ch., Issler J.-L. Ries L. Two for One: Tracking Galileo CBOC Signal with TMBOC. – Inside GNSS. Spring 2007. V.2. №3. p.50.
10. Lohan E., Renfors M. Correlation Properties of Multiplexed Binary Offset Carrier (MBOC) Modulation. – Proceedings of 13th European Wireless Conference 2007 (EW 2007), Paris, France, 1–4 April 2007. CD ROM.
11. European GNSS (Galileo) Open Service Signal In Space Interface Control Document (OS SIS ICD), Issue 1.1. Revision 1. Paris: European Space Agency, September 2010.
12. Ярлыков М. С., Ярлыкова С. М. Корреляционные функции AltBOC-сигналов перспективных спутниковых радионавигационных систем. – Новости навигации. 2013, №4. С.19.
13. L1 band part of Galileo Signal in Space (SIS ICD). – 2005 by Galileo Joint Undertaking.
14. Gao G. X., Akos D. M., Walter T., Enge P. GIOVE – B on the Air. Understanding Galileo's New Signals. – Inside GNSS. 2008. V.3. №4. p. 34.
15. Betz J. W., Blanco M. A., Cahn Ch. R., et al. Description of the L1C Signal. – Proceedings of the 19th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2006), Fort Worth, TX. September 2006. p.2080.
16. Borre K. The Galileo signals with emphasis on L1 OS. – Proceedings of the 12th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC '06), Portico, Slovenia, August 2006, p. 2025.
17. Borre K., Akos D. M., Bertelsen N., et al. A Software-Defined GPS and Galileo Receiver: Single-Frequency Approach. – Birkhäuser, Boston, MA, USA. 2006.
18. Lemanczyk M., Demkowicz J. Galileo Satellite Navigation System Receiver Concept. – International Journal on Marine Navigation and Sea Transportation, Vol.1, №4, December 2007, p.375.
19. Rebeyrol E., Macabiau C., Ries L., et al. Interplex Modulation for Navigation Systems at the L1 band. – Proceedings of the National Technical Meeting of the Institute of Navigation, 2006 (ION NTM 2006), 18–20 January 2006, Monterey, CA, p.100.

20. Lachapelle G., Petovello M. GNSS Solutions: New GNSS Frequencies, Advantages of M-Code, and Benefits of a Solitary Galileo Satellite. Inside GNSS, May/June 2006, Vol. 1, № 4, p.22.
21. Betz J. W. The Offset Carrier Modulation for GPS Modernization.— Proceeding of the National Technical Meeting of the Institute of Navigation (ION – NTM'99), January 1999, p.639.
22. Ярлыков М. С. Меандровые шумоподобные сигналы (ВОС-сигналы) в новых спутниковых радионавигационных системах.— Радиотехника. 2007. № 8. С. 3.
23. Тузов Г. И. Статистическая теория приёма сложных сигналов.— М.: Сов. радио, 1977, 400 с.
24. Шебшаевич В. С., Дмитриев П. П., Иванцевич Н. В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. 2 – е изд.— М.: Радио и связь, 1993, 408 с.
25. Ярлыков М. С. Статистические характеристики навигационных косинусных меандровых шумоподобных сигналов (cosВОС-сигналов).— РЭ.— 2010. Т.55. -№ 9. С.1056.
26. Ярлыков М. С. Косинусные меандровые шумоподобные сигналы (CosВОС-сигналы) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения.— Радиотехника. 2009. № 7. С. 20.
27. Elhawarg M., Gomah G., Zekry A., Hafez I. Simulation of the E1 and E6 Galileo Signals using SIMULINK.— International Journal of Computer Applications. February 2014. Vol.88, № 15, p.41.
28. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1973.
29. Betz J. W. Binary Offset Carrier Modulations for Radionavigation.— Navigation, Journal of ION, Vol. 48, № 4, Winter 2001–2002, p.227.
30. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника, 2-е изд.— М.: Сов. радио, 1982.
31. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации /Под ред. В. Б. Пестрякова.— М.: Сов. радио, 1973.
32. Соловьёв Ю. А., Царёв В. М. Создание и развитие китайской спутниковой радионавигационной системы BeiDou/Compass.— Радиотехника. 2014. № 7. С. 65.
33. BeiDou Navigation Satellite System. Signal in Space. Interface Control Document. Open Service Signal B1I (Version1.0). China Satellite Navigation Office. December 2012.
34. Grace Xingxin GAO for Mingquan LU (Stanford University //Tsinghua University) //Status of Compass Development. Stanford PNT Symposium. 2010.11.09. CD ROM.



УДК 629.78

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО СИГНАЛАМ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ<sup>1</sup>

*А.А. Поваляев<sup>2</sup>*

*Приводится краткий обзор вариантов построения аппаратуры определения ориентации объектов по измерениям псевдодальностей и псевдофаз в ГНСС. Предложены математические модели измерений, их первых и вторых разностей. Рассматриваются особенности статистических свойств неоднозначных фазовых измерений. Предлагается алгоритм оценивания базовых векторов, соединяющих фазовые центры антенн измерителя с учетом априорной информации о длинах этих векторов. Приводятся результаты, демонстрирующие высокую вероятность правильного разрешения неоднозначности псевдофазовых измерений при использовании предлагаемого алгоритма. Рассматриваются алгоритмы оценивания матрицы ориентации и углов Крылова (курса, крена и тангажа) по оценкам базовых векторов измерителя.*

**Ключевые слова:** ГЛОНАСС, курса, крен, ориентация, псевдодальность, псевдофаза, тангаж, GPS.

## OBJECT ATTITUDE DETERMINATION ON SIGNALS OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS

*A. A. Povalyaev*

*A brief review of equipment design alternatives of finding object orientation on pseudo-range and pseudo-phase measurements in GNSS is provided. Mathematical models of measurements, their first-order and second-order differences are given. The features of static properties of ambiguous phase measurements are considered. The estimation algorithm of the basic vectors connecting the phase centers of the measuring device antennas with account of a priory information on the lengths of these vectors is offered. The results showing a high probability of the correct ambiguity solution of pseudo-phase measurements with application of the proposed algorithm are given. The estimation algorithms of orientation matrix and Krylov's angles (heading, roll and pitch) by estimates of basic vectors of the measuring device are considered.*

**Key Words:** GLONASS, GPS, heading, object attitude determination, orientation matrix, pitch, pseudophase, pseudorange, roll.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит интенсивное развитие глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). По мере развития технологий ГНСС происходит расширение областей их применения. Особо значительно этот процесс стал проявляться с начала 90-х годов прошлого века, когда навигационным сообществом была осознана возможность осуществления и практического использования так называемых псевдофазовых измерений. Благодаря этим измерениям, позволяющим осуществлять высокоточные относительные определения, технологии ГНСС проникли в геодезию, строительство, мониторинг различных строительных и технических объектов. Одной из новых областей использования псевдофазовых измерений в ГНСС является определение ориентации объектов.

Сложность задачи определения ориентации по псевдофазовым измерениям в ГНСС не позволяет изложить ее решение в рамках одной журнальной статьи. Поэтому данная статья посвящена определению ориентации по измерениям, осуществляемым в один момент времени (по одномоментным измерениям). Фильтрация параметров ориентации объектов во времени будет изложена автором в следующей публикации.

### 1. Обзор методов определения ориентации по псевдофазовым измерениям в ГНСС

Вопросам определения ориентации по псевдофазовым измерениям в ГНСС посвящена определенная монографическая литература [1, 2]. Однако определение

<sup>1</sup> Материалы статьи доложены на 9-й международной научно-технической конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», 20.11.2014г.

<sup>2</sup> Поваляев Александр Александрович - заместитель начальника отделения ОАО "Российские космические системы", профессор Московского авиационного института (Национального исследовательского университета). Доктор технических наук, профессор. Россия, Москва. +7 495-673-99-62; povalyaev\_aa@spacecorp.ru

ориентации в этой литературе рассматривается в отрыве от реальных проблем рассматриваемой области. Не рассматриваются возможные схемы аппаратного построения измерителя, не рассматривается преодоление трудностей, вызываемых целочисленной неоднозначностью псевдофазовых измерений, не рассматривается возможность использования в обработке дополнительной априорной информации о взаимном положении антенн измерителя, заключающейся в фиксированных расстояниях между их фазовыми центрами. Привлечение такой информации в обработку приводит к значительному росту вероятности правильного разрешения неоднозначности псевдофазовых измерений.

Измеритель определения ориентации по сигналам ГНСС конструктивно образуется из нескольких антенн, располагающихся на поверхности объекта. Совместная обработка измерений псевдодальностей и псевдофаз, формируемых по сигналам этих антенн, либо измерений разностей этих псевдодальностей и псевдофаз, позволяет определить ориентацию объекта. При этом минимально необходимое количество антенн равно трем. Однако в большинстве случаев в измерителе используются 4 антенны, рис. 1. Добавление четвертой «избыточной» антенны позволяет значительно увеличить вероятность правильного разрешения неоднозначности псевдофазовых измерений. В этой связи в статье рассматривается случай обработки измерений, сформированных измерителем из 4-х антенн, хотя общая методика обработки может быть распространена на случай измерителя из трех, пяти и большего числа «избыточных» антенн. Рост числа антенн повышает вероятность правильного разрешения неоднозначности псевдофазовых измерений, но приводит к значительному усложнению алгоритмов обработки и удорожанию аппаратуры.

Из обзора литературы можно выделить два метода определения ориентации:

Определение углов Крылова (курса, крена и тангажа) по предварительно найденным базовым векторам, соединяющим фазовые центры антенн измерителя (рис. 1). При этом из шести базовых векторов, показанных на рис. 1, три вектора выбираются в качестве основных, остальные определяются как замыкающие.

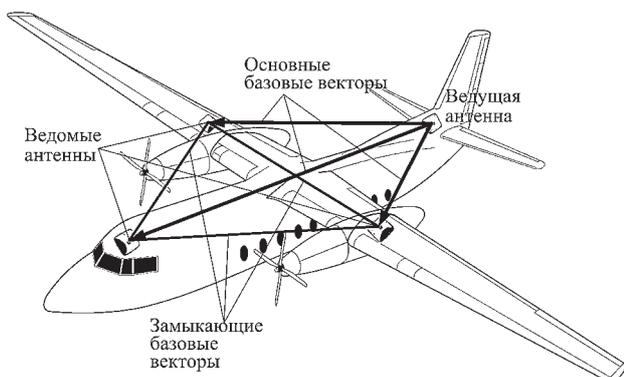


Рис. 1. Пример размещения антенн на самолете

Непосредственное определение углов Крылова.

В первом методе решение разбивается на три этапа. На первом этапе по псевдодальномерным и псевдофазовым измерениям отдельно для каждого  $p$ -го,  $p = 1, 3$ , либо совместно для всех трех основных базовых векторов разрешают целочисленные неоднозначности псевдофазовых измерений и определяют проекции  $x_p^{ЗСК}, y_p^{ЗСК}, z_p^{ЗСК}, p = 1, 3$ , этих векторов на оси вращающейся земной геоцентрической системы координат (ЗСК). Такая задача очень близка к линейной и решается с помощью хорошо развитых в настоящее время для линейных систем методов разрешения целочисленных неоднозначностей [3]. Затем, путем пересчета из ЗСК в нормальную земную систему координат (НЗС), привязанную к плоскости местного горизонта, определяют проекции  $x_p^{НЗС}, y_p^{НЗС}, z_p^{НЗС}, p = 1, 3$ , основных базовых векторов на оси НЗС. Далее образуют  $(3 \times 3)$  – матрицу  $\mathbf{x}^{НЗС}$ , элементами столбцов которой являются проекции  $x_p^{НЗС}, y_p^{НЗС}, z_p^{НЗС}, p = 1, 3$ .

Проекции  $x_p^{БСК}, y_p^{БСК}, z_p^{БСК}, p = 1, 3$ , основных базовых векторов в бортовой системе координат (БСК) не меняются при изменении ориентации объекта, т. е. остаются постоянными. Это позволяет определить их заранее на неподвижном объекте и далее полагать априорно известными. Тогда  $(3 \times 3)$  – матрицу  $\mathbf{x}^{БСК}$ , элементами столбцов которой являются проекции  $x_p^{БСК}, y_p^{БСК}, z_p^{БСК}, p = 1, 3$ , также можно полагать априорно известной.

В общем случае произвольного числа антенн, матрицы  $\mathbf{x}^{НЗС}$  и  $\mathbf{x}^{БСК}$  связаны очевидным соотношением:  $\mathbf{x}^{НЗС} = \mathbf{T} \cdot \mathbf{x}^{БСК}$ , где  $\mathbf{T}$  – матрица, определяющая ориентацию объекта. Опираясь на эту связь, на втором этапе вычисляется оценка  $\hat{\mathbf{T}}$  матрицы, определяющей ориентацию объекта: для случая четырех антенн (трех основных базовых векторов)  $\hat{\mathbf{T}} = \mathbf{x}^{НЗС} \cdot (\mathbf{x}^{БСК})^{-1}$  и для случая числа антенн, большего четырех:  $\hat{\mathbf{T}} = \mathbf{x}^{НЗС} \cdot (\mathbf{x}^{БСК})^T \cdot (\mathbf{x}^{БСК} \cdot (\mathbf{x}^{БСК})^T)^{-1}$ .

На третьем этапе по формулам связи элементов матрицы ориентации  $\hat{\mathbf{T}}$  с углами Крылова, осуществляется вычисление этих углов.

Основное достоинство первого метода состоит в его простоте. Все вычисления (в том числе и процедура разрешения неоднозначности), за исключением третьего этапа, являются линейными.

Основной недостаток первого метода состоит в том, что в нем не используется избыточность измерений. Матрица ориентации  $\mathbf{T}$  является ортогональной. При вычислении оценки  $\hat{\mathbf{T}}$  этой матрицы не проверяется, является ли оценка  $\hat{\mathbf{T}}$  ортогональной матрицей. Естественно, что это вносит в решение дополнительные ошибки. Кроме того, как показывает практика, надежное разрешение целочисленной неоднозначности одномоментных измерений псевдофазы достигается при использовании двухчастотных измерений не менее чем по 6-ти спутникам, либо при использовании одночастотных измерений по двум системам (GPS+ГЛОНАСС) не менее чем по 12 спутникам. Таким образом, для надежного разрешения неоднозначности число одномоментных измерений псевдофаз, включаемых в обработку, в первом методе должно

быть не менее 12, что не всегда достижимо в реальных условиях.

Для снижения требований к числу измерений, в работах [4–6] в обработку вовлекают сведения об априорно известных длинах базовых векторов измерителя. Для этого, с помощью вычислительно очень эффективной процедуры разрешения неоднозначности, находят несколько десятков (обычно 20) наиболее правдоподобных оценок основных базовых векторов с последовательно убывающей степенью правдоподобия, и затем среди них отбирают те максимально правдоподобные вектора, длины которых равны априорно известным значениям. Однако при малом числе спутников среди этих десятков наиболее правдоподобных базовых векторов может не оказаться тех, длины которых удовлетворяют априорно известным значениям. В этом случае неоднозначность считается неразрешенной и оценка ориентации объекта переносится на следующий момент измерений.

Во втором методе определения пространственной ориентации оценке подвергаются непосредственно углы Крылова (углы курса, крена и тангажа) [7, 8]. При необходимости ортогональная матрица ориентации вычисляется через углы Крылова. Уменьшение количества оцениваемых параметров с девяти (количество элементов матрицы ориентации) до трех углов Крылова позволяет значительно повысить надежность правильного разрешения неоднозначности. Однако параметризация через углы Крылова приводит к задаче разрешения неоднозначности в нелинейной постановке, для которой отсутствуют какие-либо эффективные вычислительные алгоритмы.

При тангаже, близком к  $\pm\pi/2$ , курс и крен плохо разделяются и, как следствие, оцениваются с низкой точностью. Поэтому вместо углов Крылова иногда применяют кватернион вращения, который является математическим объектом, определяемым четырьмя параметрами. Сумма квадратов этих параметров должна быть равна 1. Это ограничение также приводит к нелинейной задаче разрешения целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений.

## 2. Обзор вариантов построения аппаратуры измерителя

Одной из главных проблем, которые приходится преодолевать в процессе решения задачи определения ориентации, является компенсация различных фазовых искажений сигналов разных антенн, возникающих в аппаратуре измерителя. Можно указать на три источника, порождающих такие различия:

- различия в фазах гетеродинных сигналов, используемых для преобразования сигналов разных

Варианты построения аппаратуры определения ориентации объекта по сигналам ГНСС

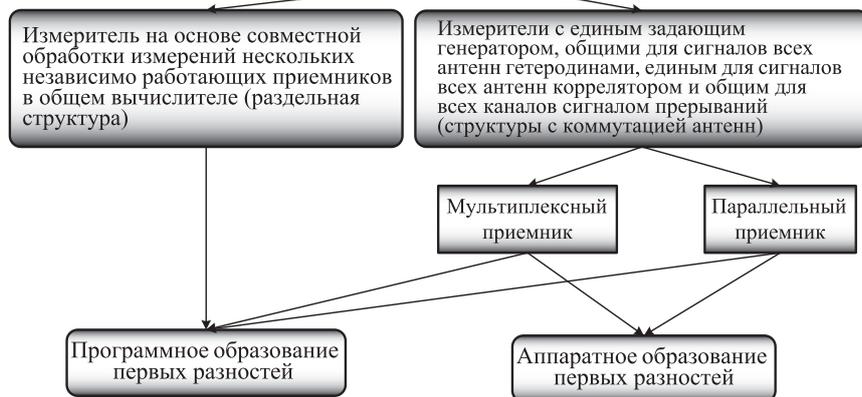


Рис. 2. Классификация вариантов аппаратного построения измерителя определения ориентации объекта по сигналам ГНСС

антенн на промежуточную частоту в разных радиочастотных цепях измерителя;

- различия фазовых искажений сигналов в разных радиочастотных цепях измерителя;
- различия в моментах времени формирования измерений псевдодальностей и псевдофаз по сигналам разных антенн.

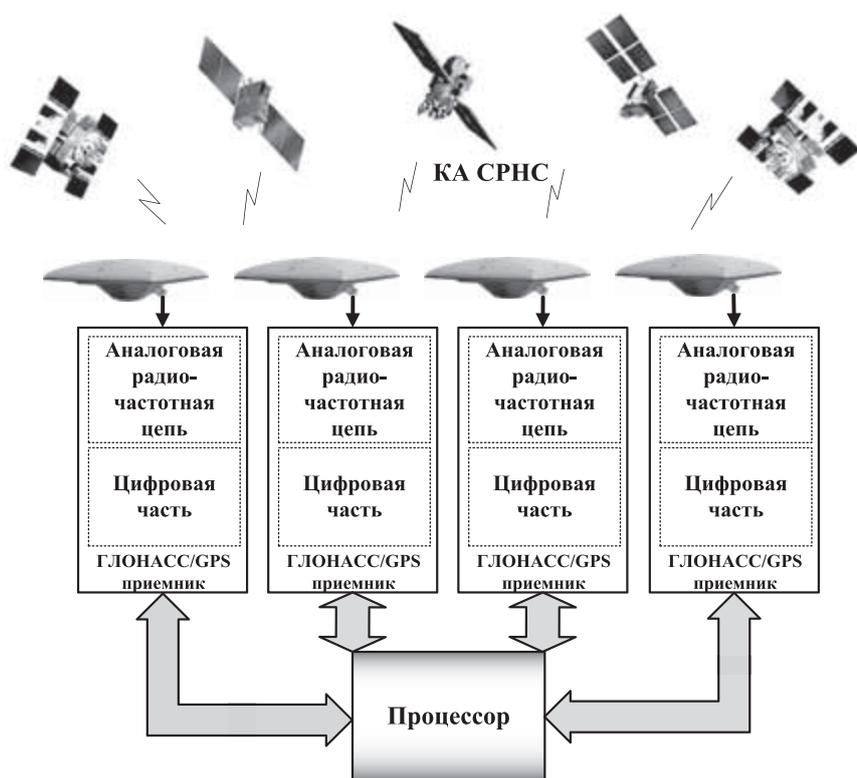
Вклад того или иного источника в фазовые искажения сигналов разных антенн зависит от способа аппаратного построения измерителя. Классификация этих способов представлена на рис. 2.

### 2.1. РАЗДЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА ИЗМЕРИТЕЛЯ

Первый, наиболее простой и дешевый способ построения аппаратуры заключается в использовании нескольких обычных, независимо работающих навигационных приемников, измерения которых совместно обрабатываются в общем вычислителе. Такое решение, хотя и является наиболее простым, приводит к наименьшим весовым и габаритным характеристикам аппаратуры. Функциональная схема построения измерителя на основе раздельной структуры приведена на рис. 3.

Каждый из независимо работающих приемников имеет свой задающий генератор и свою радиочастотную цепь. Из сигналов задающих генераторов в каждом из приемников формируются гетеродинные сигналы. Как следствие, фазы этих сигналов могут различаться произвольным образом. Фазовые искажения сигналов в радиочастотных цепях разных приемников будут различными. Вследствие того, что каждый из приемников использует свой задающий генератор, моменты времени, к которым привязываются первичные измерения псевдодальностей и псевдофаз, в разных приемниках будут разными.

Таким образом, в измерителе с раздельной структурой фазовые искажения сигналов разных антенн порождаются всеми тремя источниками. Это приводит, помимо повышенных массогабаритных показателей и энергопотребления, к наибольшим различиям в величине фазовых искажений сигналов разных антенн.



**Рис. 3. Функциональная схема построения измерителя на основе раздельной структуры**

По этой причине компенсация фазовых искажений в измерителе с раздельной структурой осуществляется путем образования вторых разностей псевдодалностей и псевдофаз.

Спутники GPS излучают сигналы на одинаковых несущих частотах и поэтому различия фазовых искажений в кабелях, соединяющих измеритель с антеннами, и в радиочастотных цепях независимых приемников во вторых разностях псевдофаз почти полностью компенсируются. В ГЛОНАСС, где спутники излучают на разных несущих частотах, фазовые искажения во вторых разностях псевдофаз компенсируются только частично. Применяя гипотезу о линейной зависимости фазовых искажений в ГЛОНАСС от частоты, можно построить математические модели для вторых разностей псевдофаз ГЛОНАСС, которые не будут содержать в своем составе некомпенсированных фазовых искажений.

### 2.2. СТРУКТУРА ИЗМЕРИТЕЛЯ С КОММУТАЦИЕЙ АНТЕНН

Если временно оставить в стороне проблему компенсации фазовых искажений в кабелях и радиочастотных цепях, то вся информация, необходимая для определения ориентации, находится уже в первых разностях псевдофаз. Образование вторых разностей уменьшает число уравнений системы, которую необходимо решать для определения ориентации, на величину  $P$ , где  $P$  – число базовых векторов измерителя. Поэтому построение измерителя, позволяющего использовать для определения ориентации первые разности псевдофаз, означает привлечение в обработку дополнительных

измерений по  $P$  спутникам. В типичном случае четырех антенн  $P=3$ . Добавление в обработку трех дополнительных спутников позволяет значительно повысить качество оценок определения ориентации (прежде всего, вероятности правильного разрешения псевдофазовой неоднозначности).

Возможность использования для определения ориентации первых разностей открывается, если измеритель построить по схеме с единым задающим генератором, общим для сигналов разных антенн коррелятором, общими гетеродинными сигналами, общим сигналом прерываний и одинаковыми длинами кабелей, соединяющих измеритель с антеннами. Построение измерителя по такой схеме позволяет пренебречь ошибками взаимной синхронизации моментов проведения измерений по сигналам разных антенн. Исключить фазовые искажения, порождаемые другими источни-

ками, можно применяя мультиплексную либо параллельную структуру измерителя с коммутацией антенн.

**В мультиплексной структуре с коммутацией антенн**, показанной на рис. 4, применяется единая радиочастотная цепь, которая с помощью высокочастотного мультиплексора периодически переключается между разными антеннами измерителя. Одинаковые фазовые искажения в этой радиочастотной цепи вычитаются при образовании первых разностей. В результате получаются несмещенные, т. е. не содержащие систематических ошибок, первые разности псевдодалностей и псевдофаз. По мультиплексной схеме построена, например, аппаратура определения ориентации TANS Vector фирмы Trimble [9].

Основным недостатком мультиплексной структуры является значительное ухудшение отношения сигнал/шум в каналах обработки спутниковых сигналов по сравнению с приемниками, в которых антенны к спутниковым каналам подключены постоянно. Как следствие, падают основные характеристики качества мультиплексных приемников: время поиска сигнала, порог его обнаружения, качество измерений. Для отслеживания ожидаемой динамики изменения разностей псевдофаз сигналов, соответствующих разным антеннам, в мультиплексной структуре необходимо использовать достаточно высокую частоту переключения антенн измерителя, что приводит к усложнению и удорожанию микросхемы коррелятора.

Достоинством мультиплексного приемника является минимизация аппаратурных затрат, что приводит к минимизации его массогабаритных характеристик.

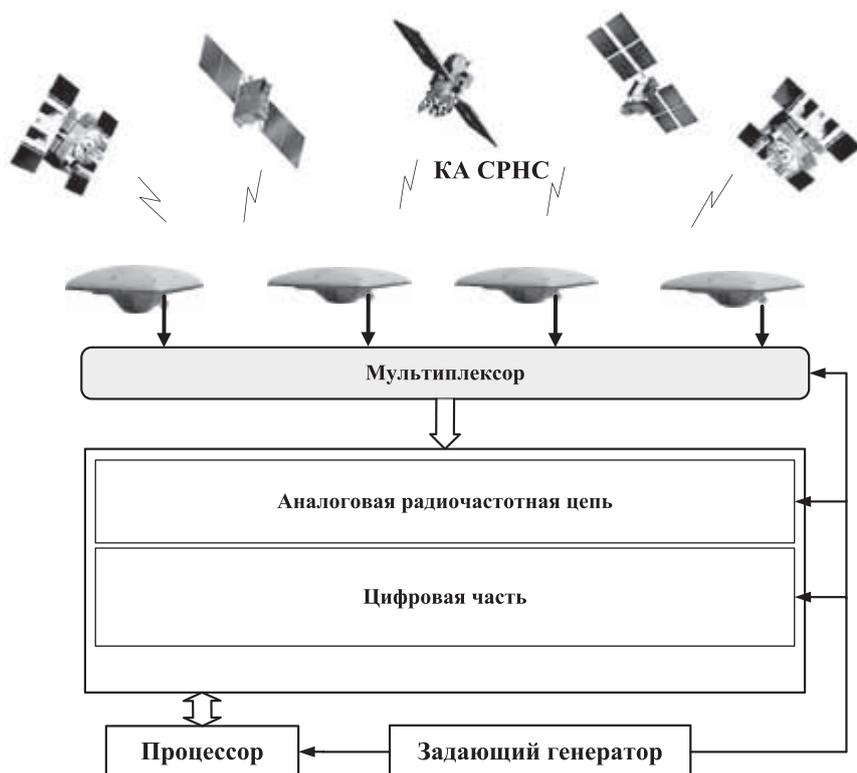


Рис. 4. Функциональная схема аппаратуры с мультиплексной структурой и коммутацией антенн

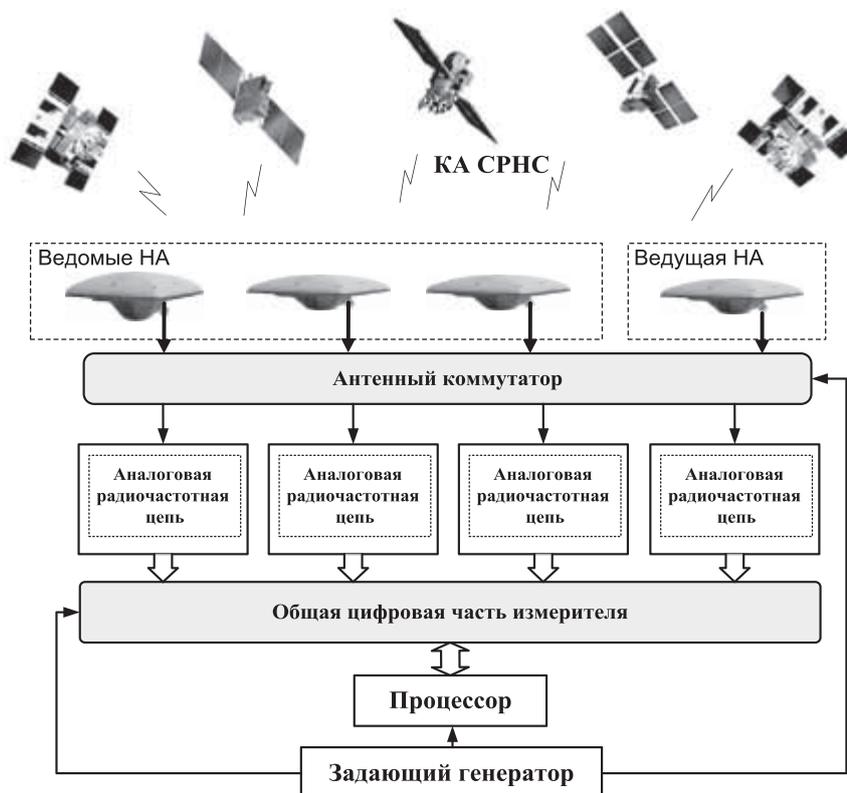


Рис. 5. Функциональная схема аппаратуры с параллельной структурой и коммутацией антенн

В параллельной структуре с коммутацией антенн, показанной на рис. 5, каждой антенне соответствует своя аналоговая радиочастотная цепь. Одна из этих цепей постоянно подключена к антенне, которую

называют ведущей. Остальные антенны являются ведомыми. Кабели, соединяющие антенны с измерителем, имеют одинаковую длину. Сигналы с выхода ведомых антенн периодически отключаются на короткое время для осуществления калибровки, и на входы соответствующих им аналоговых радиочастотных цепей подается сигнал с выхода ведущей антенны. На интервале калибровки ведущие и ведомые каналы будут измерять параметры одних и тех же сигналов, принимаемых ведущей антенной, но прошедших разные аналоговые радиочастотные цепи. Необходимые калибровочные поправки по псевдодальномерным и псевдофазовым измерениям для каждого спутника могут быть вычислены в процессоре путем образования первых разностей фаз измерений, полученных на интервале калибровки в ведущем и ведомых каналах. Внесение калибровочных поправок в первые разности измерений псевдодальномерных и псевдофаз, образует их несмещенные значения, т. е. значения, не содержащие систематических ошибок.

Измеряемые при калибровке разности фазовых аппаратурных искажений являются очень медленными функциями времени. Поэтому темп проведения калибровочных измерений в параллельном приемнике может быть очень низким. Например, один раз в несколько секунд, при прогреве приемника после включения питания, и один раз в несколько минут, после установления в приемнике стационарного температурного режима.

### 3. Линеаризованные математические модели первых и вторых разностей псевдодальномерных и псевдофаз

В строгом смысле, математические модели связи основных базовых векторов с исходными измерениями псевдодальномерных и псевдофаз являются нелинейными. Однако с учетом ничтожно малой длины базовых векторов по сравнению с дальностями до спутников, эти модели

очень хорошо линейризуются. Для несмещенных первых разностей псевдодальностей и псевдофаз, сформированных по сигналам  $J$  спутников, принимаемых антеннами, образующими основные базовые вектора, эта модель в матричном виде записывается так:

$$\begin{bmatrix} \gamma \mathbf{1} \\ \boldsymbol{\varphi} \mathbf{1} + \mathbf{k} \mathbf{1} \end{bmatrix} = \mathbf{H} \mathbf{1} \cdot \boldsymbol{\Theta} + \boldsymbol{\Xi} \mathbf{1}, \quad (1)$$

где  $\gamma \mathbf{1} = [\gamma \mathbf{1}_1^T \ \gamma \mathbf{1}_2^T \ \gamma \mathbf{1}_3^T]^T$  и  $\boldsymbol{\varphi} \mathbf{1} = [\boldsymbol{\varphi} \mathbf{1}_1^T \ \boldsymbol{\varphi} \mathbf{1}_2^T \ \boldsymbol{\varphi} \mathbf{1}_3^T]^T$  – составные  $3J$  – вектора первых разностей псевдодальностей и псевдофаз, соответствующие трем основным базовым векторам,  $\mathbf{k} \mathbf{1} = [\mathbf{k} \mathbf{1}_1^T \ \mathbf{k} \mathbf{1}_2^T \ \mathbf{k} \mathbf{1}_3^T]^T$  – составной  $3J$  – вектор первых разностей целочисленных неоднозначностей, для первого, второго и третьего основных базовых векторов соответственно,  $\mathbf{H} \mathbf{1} = [\mathbf{H} \mathbf{1} \gamma^T \ \mathbf{H} \mathbf{1} \boldsymbol{\varphi}^T]^T$  – составная  $(6J \times 9)$  – матрица линейризованной связи вектора оцениваемых параметров

$$\boldsymbol{\Theta} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\theta}_1^T & \boldsymbol{\theta}_2^T & \boldsymbol{\theta}_3^T \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \theta_{1,x} & \theta_{1,y} & \theta_{1,z} & \theta_{2,x} & \theta_{2,y} & \theta_{2,z} & \theta_{3,x} & \theta_{3,y} & \theta_{3,z} \end{bmatrix}^T \quad (2)$$

с первыми разностями  $\gamma \mathbf{1}$  и  $\boldsymbol{\varphi} \mathbf{1}$ ,  $\boldsymbol{\Xi} \mathbf{1} = [\boldsymbol{\Xi} \mathbf{1} \gamma^T \ \boldsymbol{\Xi} \mathbf{1} \boldsymbol{\varphi}^T]^T$  – составной  $6J$  – вектор ошибок измерения первых разностей. Элементами вектора оцениваемых параметров  $\boldsymbol{\theta}$  являются основные базовые вектора  $\boldsymbol{\theta}_p = [\theta_{p,x} \ \theta_{p,y} \ \theta_{p,z}]$  с компонентами  $\theta_{p,x}, \theta_{p,y}, \theta_{p,z}$ ,  $p = \overline{1, 3}$  в ЗСК.

Для вторых разностей псевдодальностей и псевдофаз, сформированных по сигналам  $J$  спутников, принимаемых антеннами, образующими основные базовые вектора, математическая модель связи вторых разностей псевдодальностей  $\gamma \mathbf{2}$  и псевдофаз  $\boldsymbol{\varphi} \mathbf{2}$  с вектором оцениваемых параметров  $\boldsymbol{\Theta}$  (2) в матричном виде записывается аналогично (1)

$$\begin{bmatrix} \gamma \mathbf{2} \\ \boldsymbol{\varphi} \mathbf{2} + \mathbf{k} \mathbf{2} \end{bmatrix} = \mathbf{H} \mathbf{2} \cdot \boldsymbol{\Theta} + \boldsymbol{\Xi} \mathbf{2}, \quad (3)$$

где вектора и матрицы, входящие в (3), имеют смысл, совпадающий со смыслом аналогичных величин в (1), но относятся ко вторым разностям псевдодальностей и псевдофаз.

Далее для удобства, количество неоднозначных первых либо вторых разностей, соответствующих каждому из трех основных базовых векторов, при разных вариантах состава измерений, будем обозначать единым символом  $q$ .

#### 4. Статистические свойства неоднозначных фазовых измерений. Оценивание основных базовых векторов измерителя в линейной постановке без привлечения априорной информации о длинах базовых векторов

При обработке неоднозначных псевдофазовых измерений, следует учитывать их циклическую природу и вытекающие из нее особенности обработки этих измерений. Например, плотность вероятности  $f(\varphi)$  циклической скалярной случайной величины  $\varphi$  должна быть представима на поверхности цилиндра, длина

окружности основания которого равна одному циклу ( $2\pi$  радиан), рис. 6.

В общем случае для многомерного вектора неоднозначных фазовых измерений  $\boldsymbol{\varphi}$  плотность вероятности, удовлетворяющая требованию цикличности, может быть представлена в виде усеченной свернутой гауссовой аппроксимации [3]:

$$f(\boldsymbol{\varphi}) = C \max_{\mathbf{k}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\boldsymbol{\varphi} + \mathbf{k} - \mathbf{H} \boldsymbol{\Theta})^T \mathbf{V}_{\boldsymbol{\varphi}} (\boldsymbol{\varphi} + \mathbf{k} - \mathbf{H} \boldsymbol{\Theta}) \right\}, \quad (4)$$

где  $\mathbf{k}$  – целочисленный вектор, по которому осуществляется максимизация экспоненты, или минимизация выражения, стоящего в фигурных скобках в (4),  $\mathbf{V}_{\boldsymbol{\varphi}} = \mathbf{R}_{\boldsymbol{\varphi}}^{-1}$  – матрица, обратная к ковариационной матрице  $\mathbf{R}_{\boldsymbol{\varphi}}$  ошибок вектора неоднозначных измерений  $\boldsymbol{\varphi}$ ,  $\mathbf{H}$  – матрица связи вектора неоднозначных измерений  $\boldsymbol{\varphi}$  с вектором оцениваемых параметров  $\boldsymbol{\Theta}$ ,  $C$  – нормирующий множитель.

Для наглядности на рис. 7, 8 жирными линиями показаны примеры построения усеченных свернутых гауссовых аппроксимаций для одномерного и двумерного вектора неоднозначных измерений  $\boldsymbol{\varphi}$ . Символом  $\Psi$  на этих рисунках обозначены компоненты вектора  $\mathbf{H} \boldsymbol{\Theta}$  после вычитания содержащихся в них целого числа циклов.

Нетрудно видеть, что жирная кривая, показанная на рис. 7, может быть получена путем разрезания цилиндра, показанного на рис. 6, вдоль его

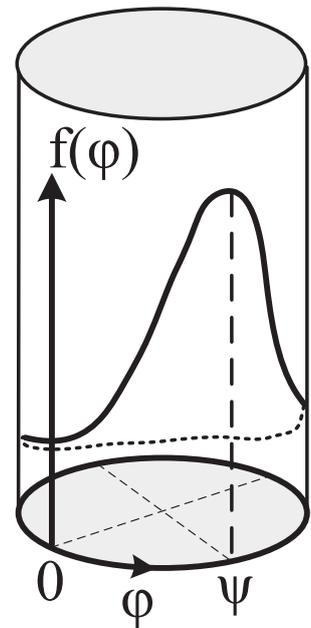


Рис. 6. Представление одномерного закона распределения циклической величины на поверхности цилиндра

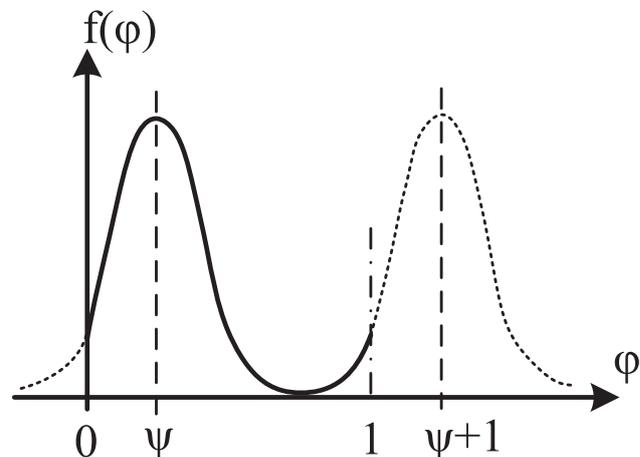


Рис. 7. Пример одномерной усеченной свернутой гауссовой аппроксимации

образующей, проходящей через точку 0. Плотность вероятности для произвольного значения аргумента  $0 \leq \varphi < 1$  принимается равной значению одной из периодически повторяющихся гауссовых функций. В качестве таковой выбирается функция, значение которой для выбранного аргумента  $\varphi$  максимальна. Положение максимума каждой гауссовой функции определяется соответствующим ей целочисленным вектором  $\mathbf{k}$ . Поэтому выбор гауссовой функции, значение которой для выбранного аргумента  $\varphi$  максимально, эквивалентен выбору целочисленного вектора  $\mathbf{k}$ , минимизирующего показатель степени экспоненты в (4).

Выражение (4) с высокой точностью аппроксимирует все известные законы распределения фазы при условии, что среднеквадратические ошибки измерений не превышают 1/6 цикла. Последнее условие всегда выполняется на практике.

Совместная плотность вероятности однозначных псевдодальномерных  $\gamma$  и псевдофазовых измерений  $\varphi$  с учетом (4) может быть записана в виде

$$f(\gamma, \varphi) = C \max_{\mathbf{k}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \begin{bmatrix} \gamma \\ \varphi + \mathbf{k} \end{bmatrix} - \mathbf{H}\Theta \right)^T \times \mathbf{B} \left( \begin{bmatrix} \gamma \\ \varphi + \mathbf{k} \end{bmatrix} - \mathbf{H}\Theta \right) \right\}, \quad (5)$$

где  $\mathbf{H}$  составная матрица  $\mathbf{H} = [\mathbf{H}_\gamma^T \quad \mathbf{H}_\varphi^T]^T$ ,  $\mathbf{B} = \mathbf{R}^{-1}$  – матрица обратная к ковариационной матрице  $\mathbf{R}$  ошибок совмещенного вектора измерений  $[\gamma^T \quad \varphi^T + \mathbf{k}^T]^T$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_\gamma & \mathbf{R}_{\gamma\varphi} \\ \mathbf{R}_{\varphi\gamma} & \mathbf{R}_\varphi \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_\gamma & \mathbf{B}_{\gamma\varphi} \\ \mathbf{B}_{\varphi\gamma} & \mathbf{B}_\varphi \end{bmatrix}, \quad C - \text{нормирующий множитель.}$$

Если аппроксимацию (5) рассматривать как функцию вектора оцениваемых параметров  $\Theta$ , то она превращается в функцию правдоподобия  $W(\Theta)$  этого вектора. Элементарными матричными преобразованиями эта функция приводится к виду [3]

$$W(\Theta) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \min_{\mathbf{k}} \left[ (\Theta - \Theta_{\mathbf{k}})^T \mathbf{H}^T \mathbf{B} \mathbf{H} (\Theta - \Theta_{\mathbf{k}}) \right] + KVF(\mathbf{k}) \right\}, \quad (6)$$

где

$$\Theta_{\mathbf{k}} = (\mathbf{H}^T \mathbf{B} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{B} \begin{bmatrix} \gamma \\ \varphi + \mathbf{k} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$KVF(\mathbf{k}) = (\mathbf{k} - \mathbf{k}^*)^T \mathbf{D}_\varphi (\mathbf{k} - \mathbf{k}^*), \quad (8)$$

$$\mathbf{k}^* = -\mathbf{D}_\varphi^{-1} \mathbf{D}_{\varphi\gamma} \gamma - \varphi, \quad (9)$$

$\mathbf{D}_\varphi$  и  $\mathbf{D}_{\varphi\gamma}$  – подматрицы матрицы  $\mathbf{D}$

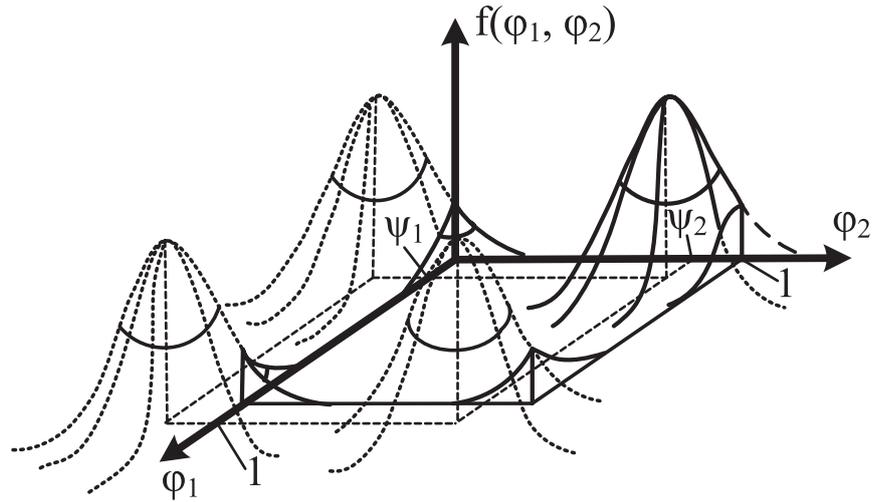


Рис. 8. Пример двумерной усеченной свернутой гауссовой аппроксимации

$$\mathbf{D} = \mathbf{B} - \mathbf{B} \mathbf{H} (\mathbf{H}^T \mathbf{B} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{B} \quad (10)$$

Из (6) видим, что функция правдоподобия  $W(\Theta)$  при неоднозначных измерениях представляет собою многомодальную функцию с максимумами мод, располагающимися в точках  $\Theta_{\mathbf{k}}$  (7). Форма этих мод определяется матрицей  $(\mathbf{H}^T \mathbf{B} \mathbf{H})^{-1}$ , а величина задается квадратичной формой  $KVF(\mathbf{k})$  (8), которая является функцией целочисленного вектора  $\mathbf{k}$ . Следовательно, нахождение максимальной моды функции правдоподобия (6) математически сводится к поиску целочисленного вектора  $\hat{\mathbf{k}}$ , минимизирующего квадратичную форму  $KVF(\mathbf{k})$  (8).

Если квадратичную форму  $KVF(\mathbf{k})$  (8) приравнять к некоторой константе  $Z$ , то возникающее уравнение:

$$(\mathbf{k} - \mathbf{k}^*)^T \mathbf{D}_\varphi (\mathbf{k} - \mathbf{k}^*) = Z \quad (11)$$

будет определять собою в пространстве целых чисел  $\mathbf{k}$   $q$ -мерный эллипсоид правдоподобия с центром в точке  $\mathbf{k}^*$  (9). На левом рис. 9 показан простейший двумерный случай такого эллипсоида. Возможные целочисленные вектора  $\mathbf{k}$  показаны на этом рисунке точками с целочисленными координатами (ТЦК). Координаты точек, не обязательно целочисленные, которые лежат на поверхности рассматриваемого эллипсоида, будут удовлетворять уравнению (11) или, иными словами, вектора с координатами этих точек порождают значение квадратичной формы  $KVF(\mathbf{k})$  (8), равное  $Z$ . Координаты всех точек, так же не обязательно целочисленные, лежащие внутри эллипсоида (8), будут порождать значение квадратичной формы  $KVF(\mathbf{k})$  (8), меньшее  $Z$ , и координаты точек, лежащие вне эллипсоида (8), будут порождать значение квадратичной формы  $KVF(\mathbf{k})$  (8), большее  $Z$ . Таким образом, поиск целочисленного минимума квадратичной формы  $KVF(\mathbf{k})$  (8) сводится к нахождению ТЦК, лежащей внутри эллипсоида минимального размера. На левом рис. 9 эта точка имеет координаты  $k_1=1, k_2=2$ , а эллипсоид минимального размера показан пунктирной линией.

На правом рис. 9 та же процедура представлена в виде поиска по уровням. Каждый уровень

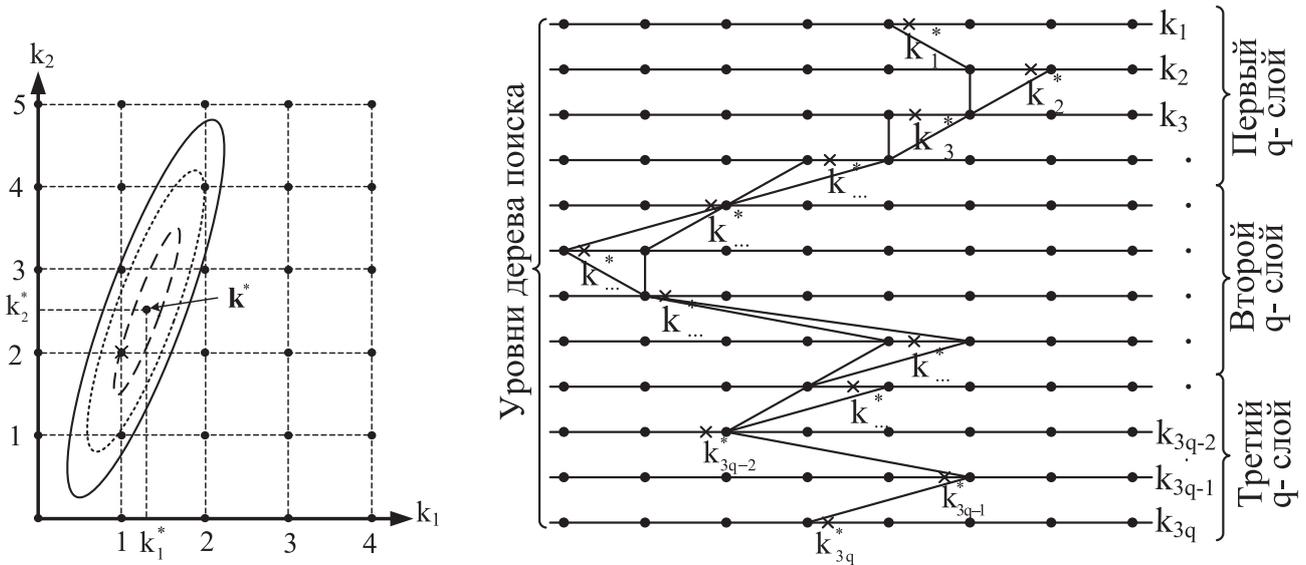


Рис. 9. Геометрическая интерпретация алгоритма поиска целочисленного минимума квадратичной формы (9)

соответствует определенному целому числу в искомом векторе  $\mathbf{k}$ , которое минимизирует квадратичную форму (8). Все множество уровней разделено на три слоя, каждый из которых соответствует своему основному базовому вектору измерителя.

Отсюда вытекает следующий алгоритм вычисления максимально правдоподобной оценки  $\hat{\Theta}$  вектора, образуемого тремя основными базовыми векторами, без привлечения априорной информации о длинах основных и замыкающих базовых векторов.

1. По формуле (10) вычисляется матрица  $\mathbf{D}$ , которая затем разбивается на четыре блока  $\mathbf{D}_\gamma, \mathbf{D}_{\gamma\varphi}, \mathbf{D}_{\varphi\gamma}, \mathbf{D}_\varphi$ ;
  2. По формуле (9) вычисляется вектор действительных чисел  $\mathbf{k}^*$ ;
  3. Находится целочисленный вектор  $\hat{\mathbf{k}}$ , минимизирующий в целых числах положительно определенную квадратичную форму  $KVF(\mathbf{k})$  (8). Алгоритм минимизации квадратичной формы с текстами программ на языке MATLAB подробно описан в [3].
  4. По формуле (7), в которой неопределенный целочисленный  $q$ -вектор  $\mathbf{k}$  заменен на оценку  $\hat{\mathbf{k}}$ , вычисляется максимально правдоподобное значение  $\hat{\Theta}$  оцениваемого вектора. Компонентами вектора  $\hat{\Theta}$  являются точные оценки трех основных базовых векторов измерителя  $\hat{\theta}_p, p = \overline{1, 3}, (2)$ .
  5. По точным оценкам  $\hat{\theta}_p, p = \overline{1, 3}$ , трех основных базовых векторов измерителя вычисляется ориентация объекта. Алгоритмы соответствующих вычислений рассматриваются далее.
- 5. Оценка основных базовых векторов с учетом априорной информации о длинах основных и замыкающих базовых векторов**

Алгоритм, рассмотренный в разделе 4, обеспечивает высокую вероятность правильного разрешения неоднозначности одномоментных измерений псевдофаз только при наличии достаточно большого числа таких измерений ( $\geq 12$ ). Для повышения надежности

правильного разрешения неоднозначности при относительно небольшом числе спутников необходимо привлекать априорную информацию о длинах всех базовых векторах измерителя. Эту информацию необходимо представить в виде ограничений на область поиска целочисленных векторов  $\mathbf{k}$ , при которых достигается минимум квадратичной формы (8).

Можно показать, что фиксация длины  $L_p$   $p$ -го основного базового вектора,  $p = \overline{1, 3}$ , порождает ограничение на область определения соответствующего ему целочисленного вектора  $\mathbf{k}_p$  в виде  $q$ -мерного эллиптического цилиндра:

$$\mathbf{k}_p^T \mathbf{A} \mathbf{q} \mathbf{k}_p + 2\mathbf{b}_p^T \mathbf{k}_p + Z_p = 0, \quad (12)$$

$$p = \overline{1, 3},$$

с  $(q-3)$ -мерной осью, в основании которого лежит 3-х мерный эллипсоид, где  $q$  – количество спутников при работе по первым разностям и количество спутников без единицы, при работе по вторым разностям,

$$\mathbf{A} \mathbf{q} = \left( (\mathbf{H}^T \mathbf{V} \mathbf{H})^{-1} (\mathbf{H}_\gamma^T \mathbf{V}_{\gamma\varphi} + \mathbf{H}_\varphi^T \mathbf{V}_\varphi) \right)^T \times$$

$$\times (\mathbf{H}^T \mathbf{V} \mathbf{H})^{-1} (\mathbf{H}_\gamma^T \mathbf{V}_{\gamma\varphi} + \mathbf{H}_\varphi^T \mathbf{V}_\varphi),$$

$$\mathbf{b}_p = (\mathbf{H}_\gamma^T \mathbf{V}_{\gamma\varphi} + \mathbf{H}_\varphi^T \mathbf{V}_\varphi)^T (\mathbf{H}^T \mathbf{V} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{e}_p,$$

$$\mathbf{e}_p = (\mathbf{H}^T \mathbf{V} \mathbf{H})^{-1} \left( (\mathbf{H}_\gamma^T \mathbf{V}_\gamma + \mathbf{H}_\varphi^T \mathbf{V}_{\varphi\gamma}) \gamma_p + (\mathbf{H}_\gamma^T \mathbf{V}_{\gamma\varphi} + \mathbf{H}_\varphi^T \mathbf{V}_\varphi) \varphi_p \right),$$

$Z_p = \mathbf{e}_p^T \mathbf{e}_p - L_p^2$  – константа, зависящая от длины  $L_p$  и векторов измерений  $\gamma_p, \varphi_p$ , соответствующих  $p$ -му основному базовому вектору.

Фиксация длины  $L_{p/m}$  вектора, замыкающего  $p$ -й и  $m$ -й основные базовые вектора, порождает ограничение на область определения целочисленных векторов  $\mathbf{k}_p$  и  $\mathbf{k}_m$ , соответствующих замыкаемым основным базовым векторам  $p$  и  $m$ , в виде  $2q$ -мерного эллиптического цилиндра

$$\mathbf{k}_{p/m}^T \mathbf{A}2\mathbf{q} \mathbf{k}_{p/m} + 2\mathbf{b}_{p/m}^T \mathbf{k}_{p/m} + Z_{p/m} = 0, \quad (13)$$

$$p = 1, 2, m = p + 1, 3$$

с (2q-3) – мерной осью, в основании которого лежит 3-мерный эллипсоид, где

$$\mathbf{A}2\mathbf{q} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}q & -\mathbf{A}q \\ -\mathbf{A}q & \mathbf{A}q \end{bmatrix}, \quad \mathbf{k}_{p/m} = \begin{bmatrix} \mathbf{k}_p^T & \mathbf{k}_m^T \end{bmatrix}^T,$$

$$\mathbf{b}_{p/m} = \begin{bmatrix} (\mathbf{H}_\gamma^T \mathbf{B}_{\gamma\phi} + \mathbf{H}_\phi^T \mathbf{B}_\phi)^T (\mathbf{H}^T \mathbf{B} \mathbf{H})^{-1} \\ -(\mathbf{H}_\gamma^T \mathbf{B}_{\gamma\phi} + \mathbf{H}_\phi^T \mathbf{B}_\phi)^T (\mathbf{H}^T \mathbf{B} \mathbf{H})^{-1} \end{bmatrix} \mathbf{e}_{p/m},$$

$$\mathbf{e}_{p/m} = \mathbf{e}_p - \mathbf{e}_m,$$

$Z_{p/m} = \mathbf{e}_{p/m}^T \mathbf{e}_{p/m} - L_{p/m}^2$  – константа, зависящая от длины  $L_{p/m}$  вектора, замыкающего p-й и m-й основные базовые вектора и измерений  $\gamma_p, \gamma_m, \phi_p, \phi_m$ , соответствующих p-му и m-му основным базовым векторам.

Таким образом, задача разрешения неоднозначности при учете ограничений на длины основных и замыкающих базовых векторов сводится к поиску составного целочисленного вектора  $\mathbf{k} = [\mathbf{k}_1 \mathbf{k}_2 \mathbf{k}_3]^T$ , размерности 3q, минимизирующего квадратичную форму  $KVF(\mathbf{k})$  (8), при условии, что ТЦК q-мерных подпространств с координатами  $\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2, \mathbf{k}_3$  лежат вблизи поверхностей, соответствующих им эллиптических цилиндров (12), а точки 2q-мерных подпространств с координатами  $\mathbf{k}_{1/2} = [\mathbf{k}_1^T \mathbf{k}_2^T]^T, \mathbf{k}_{1/3} = [\mathbf{k}_1^T \mathbf{k}_3^T]^T, \mathbf{k}_{2/3} = [\mathbf{k}_2^T \mathbf{k}_3^T]^T$  лежат вблизи поверхностей, соответствующих им эллиптических цилиндров (13), рис. 10.

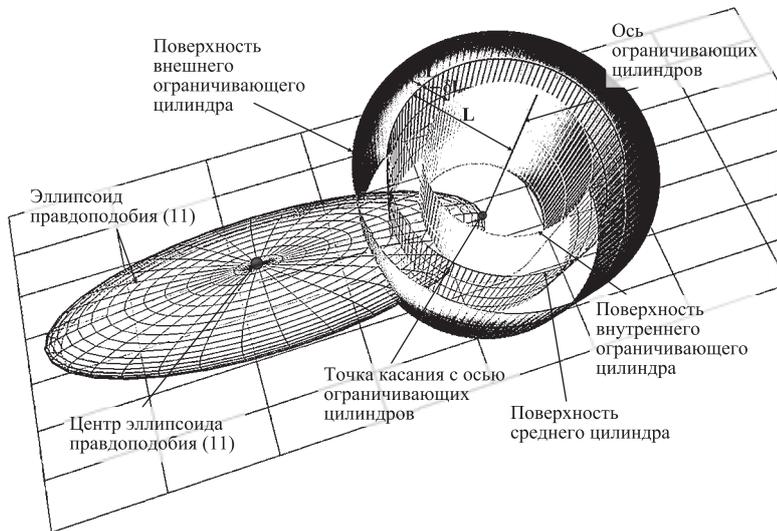


Рис. 10. Расположение эллипсоида правдоподобия (11) относительно одного из внутренних и внешних ограничивающих цилиндров

### 6. Алгоритм минимизации положительно определенной квадратичной формы в целых числах с учетом априорной информации о длинах базовых векторов

Процедура поиска целочисленного вектора  $\mathbf{k}$ , минимизирующего квадратичную форму  $KVF(\mathbf{k}) = (\mathbf{k} - \mathbf{k}^*)^T \mathbf{D}_\phi (\mathbf{k} - \mathbf{k}^*)$  (8), в соответствии с изложенными выше особенностями ограничений,

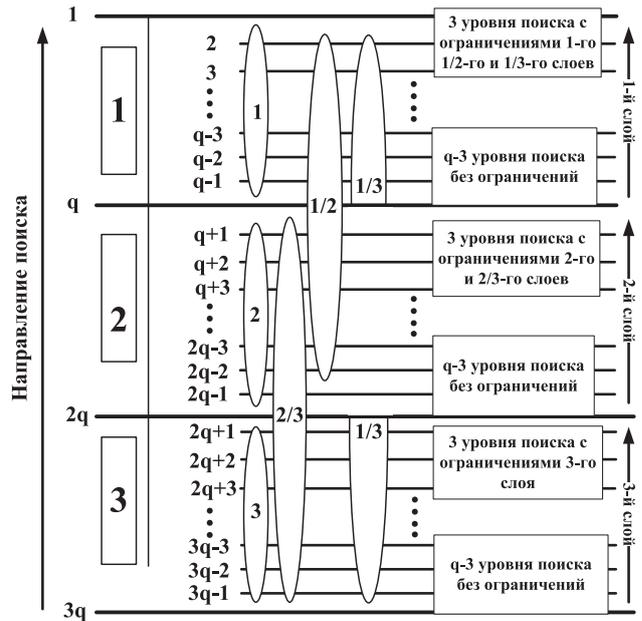


Рис. 11. Слои и уровни поиска ТЦК

порождаемых знанием длин основных и замыкающих базовых векторов, иллюстрируется с помощью рис. 11.

Поиск проводится в направлении снизу вверх от уровня 3q к уровню с номером 1 (с нижнего третьего слоя к верхнему первому), рис. 11.

При движении снизу вверх на рис. 11 в третьем слое для поиска используется область, лежащая внутри эллипсоида правдоподобия (11), и границ, порождаемых внешним ограничивающим цилиндром (12) третьего слоя. На самом верхнем уровне третьего слоя (уровень с номером 2q+1 на рис. 11) осуществляется дополнительная проверка расположения ТЦК, координаты которой найдены в третьем слое, вне соответствующего третьему слою внутреннего ограничивающего цилиндра.

При движении снизу вверх на рис. 11 во втором слое для поиска используется область, лежащая внутри эллипсоида правдоподобия (11), границ, порождаемых внешним ограничивающим цилиндром (12) второго слоя, и границ, порождаемых внешним ограничивающим цилиндром (13) второго/третьего слоя. На самом верхнем уровне второго слоя (уровень с номером q+1 на рис. 11) осуществляется дополнительная проверка расположения ТЦК, координаты которой найдены во втором и третьем слое, вне внутреннего ограничивающего цилиндра (12) второго слоя, и вне внутреннего ограничивающего цилиндра (13) второго/третьего слоя.

При движении снизу вверх на рис. 11 в первом слое для поиска используется область, лежащая внутри эллипсоида правдоподобия (11), границ, порождаемых внешним ограничивающим цилиндром (12) первого слоя, границ, порождаемых внешними

ограничивающими цилиндрами (13) первого/второго и первого/третьего слоев. На самом верхнем уровне первого слоя (уровень с номером 1 на рис. 11) осуществляется дополнительная проверка расположения ТЦК, координаты которой найдены во всех трех слоях, вне внутреннего ограничивающего цилиндра (12) первого слоя, и вне внутренних ограничивающих цилиндров (13) первого/второго и первого/третьего слоев.

### 7. Оценка достоверности правильного разрешения неоднозначности

Вследствие неоднозначности псевдофазовых измерений, закон распределения оценки  $\hat{\Theta}$  (7) вектора  $\Theta$  (2), образуемого из трех основных базовых векторов измерителя  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ , является многомодальным, т. е. состоит из некоторого множества локальных максимумов (мод).

Это означает, что для характеристики точности оценки  $\hat{\Theta}$  необходимо дополнительно ввести некоторую степень ее надежности, задающую количественную меру того, что оценка  $\hat{\Theta}$  находится в пределах наибольшей моды ее закона распределения. С этой целью вычисляется так называемое контрастное отношение:

$$KNTR(\hat{\Theta}) = \frac{KVF(\hat{\mathbf{k}}_{свед})}{KVF(\hat{\mathbf{k}})}, \quad (14)$$

где  $KVF(\hat{\mathbf{k}})$  – значение квадратичной формы  $KVF(\mathbf{k})$  (8) в точке  $\hat{\mathbf{k}}$  ее минимума,  $KVF(\hat{\mathbf{k}}_{свед})$  – значение той же квадратичной формы в следующей точке  $\hat{\mathbf{k}}_{свед}$ , в которой  $KVF(\hat{\mathbf{k}}_{свед})$  больше чем  $KVF(\hat{\mathbf{k}})$ , но меньше чем  $KVF(\mathbf{k})$  для всех остальных возможных значений целочисленного вектора  $\mathbf{k}$ . Контрастное отношение  $KVF(\hat{\mathbf{k}})$  сравнивают с порогом, и если порог превышен, то принимается решение о том, что оценка  $\hat{\Theta}$  достаточно надежна, т. е. она с достаточно высокой вероятностью лежит в пределах главной моды закона распределения. Иными словами, вероятность правильного разрешения неоднозначности в процессе вычисления оценки  $\hat{\Theta}$  высока. В противном случае принимается решение о недостаточной надежности оценки  $\hat{\Theta}$ .

### 8. Примеры оценки вероятности правильного разрешения неоднозначности при определении ориентации с учетом априорной информации о длинах базовых векторов

На рис. 12 показаны вероятности правильного разрешения неоднозначности с использованием ограничений на длины основных и замыкающих базовых векторов, в зависимости от числа навигационных спутников, находящихся в зоне видимости. Вероятности, представленные на рис. 12, получены при обработке одномоментных реальных измерений псевдодальностей и псевдофаз. Основные базовые



Рис. 12. Вероятность правильного разрешения неоднозначности несмещенных первых и вторых разностей псевдофаз в зависимости от числа КА в зоне видимости

вектора измерителя имели длину 0,958, 1,337, 0,958 м, замыкающие 0,935, 1,34, 0,941 м. СКО ошибок измерений псевдодальностей и псевдофаз при обработке принимались равными соответственно 5 м и 0,158 цикла. Измерения формировались раз в секунду. Измерения по сигналам ГЛОНАСС и GPS обрабатывались отдельно. Длительность сеанса измерений для ГЛОНАСС составляла ~ 40 мин., для GPS 2 ч.

Из рис. 12 видно, что в случае работы с 4 НКА по несмещенным первым разностям в ГЛОНАСС достигнута вероятность правильного разрешения ~0,97, а по вторым – ~0,39 при прочих равных условиях. По несмещенным первым разностям в GPS при тех же условиях достигнута вероятность правильного разрешения ~0,93, а по вторым ~0,45. В случае работы по 5-ти и более НКА вероятности правильного разрешения неоднозначности несмещенных первых и вторых разностей псевдофаз практически выравниваются и близки к 1. Таким образом, при малом числе НКА обработка несмещенных первых разностей дает существенные преимущества по сравнению с обработкой вторых разностей.

На верхних графиках, представленных на рис. 13–19, показано изменение во времени контрастного отношения (14) при обработке одномоментных несмещенных первых и вторых разностей GPS для разного числа НКА, учитываемых в обработке, а на нижних графиках уровне, равным 1, помечены моменты времени, в которые неоднозначность была разрешена правильно.

Как видно из рис. 13, 15, вероятность правильного разрешения неоднозначности несмещенных первых разностей одномоментных измерений по 3-м НКА и вторых разностей по 4-м НКА является низкой, и поэтому такое сочетание разностей и числа НКА неприемлемо для одномоментных практических приложений. Как видно из рис. 14 и 17, положение дел с правильным

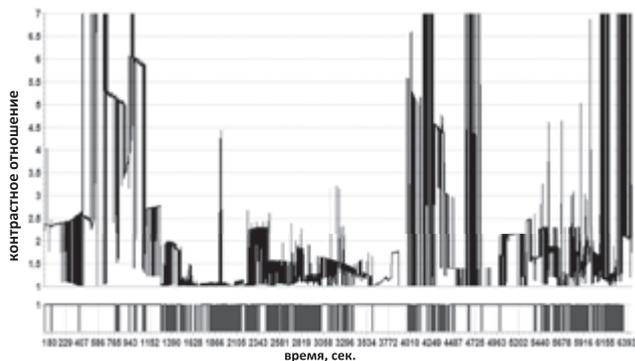


Рис. 13. Контрастное отношение для первых одномоментных разностей GPS при 3-х НКА

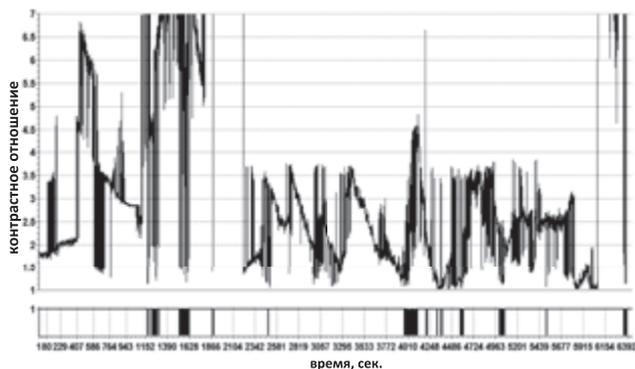


Рис. 14. Контрастное отношение для первых одномоментных разностей GPS при 4-х НКА

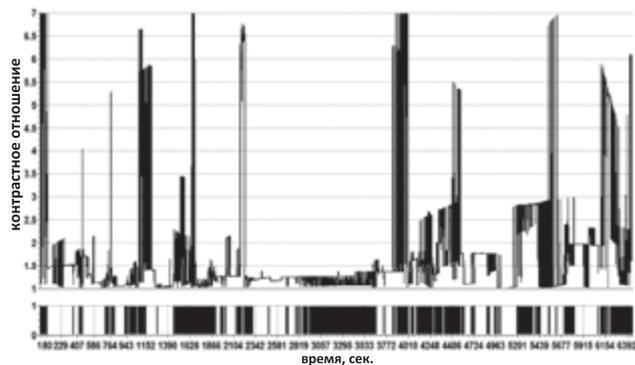


Рис. 15. Контрастное отношение для вторых одномоментных разностей GPS при 4-х НКА

разрешением неоднозначности заметно улучшается при обработке несмещенных первых разностей одномоментных измерений по 4-м НКА и вторых разностей по 5-ти НКА. В этом случае достижение вероятности правильного разрешения неоднозначности близкого к 1, можно будет достичь путем совместной обработки нескольких измерений, осуществляемых последовательно во времени.

Рисунки 16, 18, 19 демонстрируют, что при обработке несмещенных первых разностей одномоментных измерений по 5-ти и более НКА и вторых разностей по 6-ти и более НКА вероятность правильного разрешения неоднозначности практически равна 1. Это означает, что при указанных сочетаниях разностей и числа НКА становится возможным мгновенное определение ориентации, т. е. определение ориентации по одномоментным измерениям.

На основе анализа графиков, представленных на рис. 13–19, можно предложить следующие рекомендации для пороговых значений контрастного отношения (14). При обработке несмещенных первых разностей и числе НКА, равном 3-м и 4-м, можно рекомендовать пороговое значение контрастного отношения (14), равное 1,75. При числе НКА, равном либо большем 5, пороговое значение контрастного отношения (14) можно снизить до 1,25.

При обработке вторых разностей и числе НКА 3-м и 4-м, следует рекомендовать пороговое значение контрастного отношения (14), равное 1,75. При числе НКА, равном 5, оно может быть снижено до 1,5, при числе НКА большем 5, пороговое значение контрастного отношения (14) можно еще снизить до 1,25.

### 9. Оценка матрицы ориентации и вычисление углов Крылова (курса, крена и тангажа)

Максимально правдоподобная оценка  $\hat{\Theta}$  вектора  $\Theta = [\theta_1^T \ \theta_2^T \ \theta_3^T]^T$  (2), образуемого из трех основных базовых векторов измерителя  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ , удовлетворяющая ограничениям на длины основных и замыкающих базовых векторов измерителя, вычисляется по формуле (7), в которой следует положить  $\mathbf{k} = \hat{\mathbf{k}}$ , где  $\hat{\mathbf{k}}$  – целочисленный вектор, минимизирующий квадратичную форму  $KVF(\mathbf{k})$  (8). Умножая вектора  $\hat{\theta}_p$ ,  $p = \overline{1, 3}$ , слева на матрицу  $\mathbf{T}_{ЗСК \rightarrow НЗС}$ ,

$$\mathbf{T}_{ЗСК \rightarrow НЗС} = \begin{bmatrix} -\cos L \sin B & -\sin L \sin B & \cos B \\ \cos L \cos B & \sin L \cos B & \sin B \\ -\sin L & \cos L & 0 \end{bmatrix}, \quad (15)$$

где  $L$  и  $B$  – геодезическая долгота и широта соответственно, получаем оценки  $\hat{\mathbf{f}}_p$ ,  $p = \overline{1, 3}$ , трех основных базовых векторов измерителя в нормальной земной системе координат (НЗС), удовлетворяющие ограничениям на длины основных и замыкающих базовых векторов:

Оценка ортогональной матрицы ориентации  $\hat{\mathbf{T}}_{БСК \rightarrow НЗС}$ , описывающей переход из БСК в НЗС, которая минимизирует следующую квадратичную функцию

$$L(\mathbf{T}_{БСК \rightarrow НЗС}) = \sum_{p=1}^3 \left| \hat{\mathbf{f}}_p - \mathbf{T}_{БСК \rightarrow НЗС} \mathbf{e}_p \right|^2,$$

является оценкой наименьших квадратов. В функции  $L(\mathbf{T}_{БСК \rightarrow НЗС})$   $\mathbf{e}_p$ ,  $p = \overline{1, 3}$ , – основные базовые векторы (см. рис. 1) в системе координат БСК, связанной с объектом, которые предполагаются априорно известными.

В [10] доказывается, что минимум квадратичной функции  $L(\mathbf{T}_{БСК \rightarrow НЗС})$  среди всех ортогональных матриц  $\mathbf{T}_{БСК \rightarrow НЗС}$  достигается при

$$\hat{\mathbf{T}}_{БСК \rightarrow НЗС} = \mathbf{U} \mathbf{V}^T, \quad (16)$$

где  $\mathbf{U}$  и  $\mathbf{V}$  – ортогональные матрицы, входящие в сингулярное разложение  $\mathbf{N} = \mathbf{U} \mathbf{S} \mathbf{V}^T$  матрицы

$$\mathbf{N} = \sum_{p=1}^3 \hat{\mathbf{f}}_p \mathbf{e}_p^T \quad [11].$$

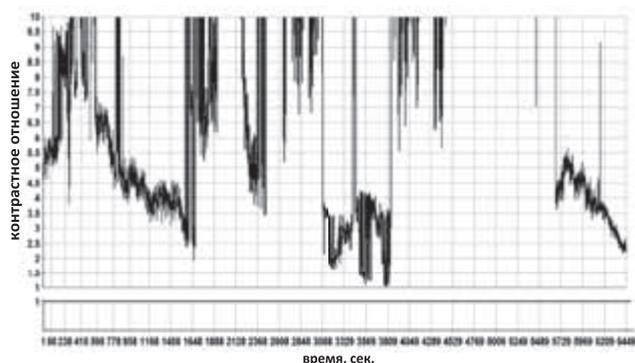


Рис. 16. Контрастное отношение для первых одномоментных разностей GPS при 5-ти НКА

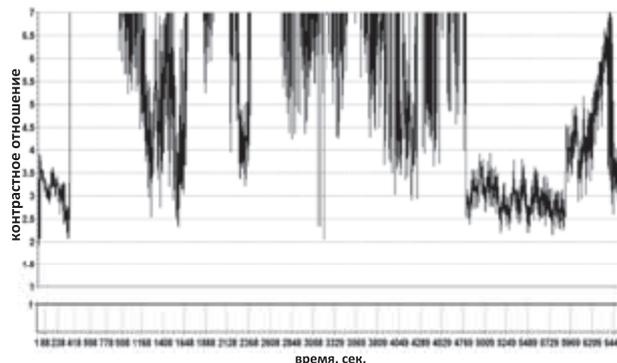


Рис. 18. Контрастное отношение для первых одномоментных разностей GPS при 6-ти НКА

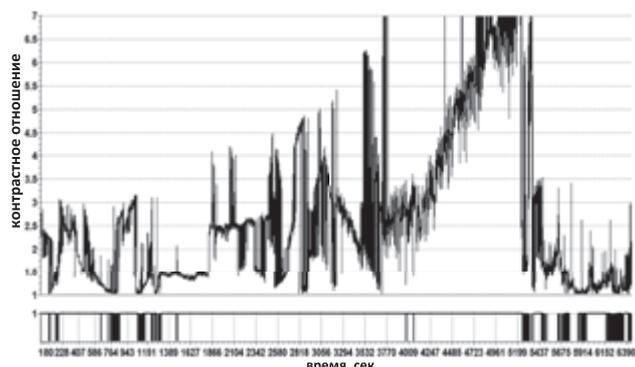


Рис. 17. Контрастное отношение для вторых одномоментных разностей GPS при 5-ти НКА

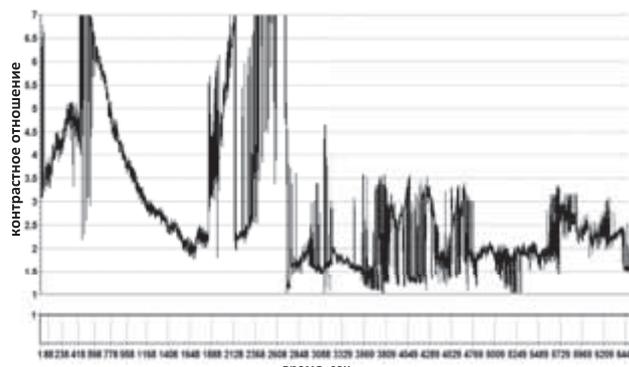


Рис. 19. Контрастное отношение для вторых одномоментных разностей GPS при 6-ти НКА

Вычислив оптимальную оценку ортогональной матрицы  $\hat{T}_{БСК \rightarrow НЗС}^{np}$  (16), нетрудно вычислить оптимальные оценки углов Крылова – курса  $\hat{\psi}$ , крена  $\hat{\gamma}$  и тангажа  $\hat{\eta}$ , удовлетворяющие ограничениям на длины основных и замыкающих базовых векторов измерителя  $\hat{\psi} = a \tan 2(-t(3,1), t(1,1))$   
 $\hat{\gamma} = a \tan 2(-t(2,3), t(2,2))$   
 $\hat{\eta} = a \tan 2(t(2,1), t(2,2)) \cos \hat{\gamma} - t(2,3) \sin \hat{\gamma}$ , (17)  
 где  $t(i,j)$  – элементы матрицы  $\hat{T}_{БСК \rightarrow НЗС}$  (16),  $a \tan 2(X,Y)$  – функция вычисления полного арктангенса в пределах  $\pm\pi$  [12].

На основе опыта обработки реальных измерений псевдодалностей и псевдофаз с помощью алгоритмов, описанных в данной статье, можно сделать следующий вывод. При ошибках псевдофазовых измерений порядка 0,01 цикла и длинах базовых векторов измерителя около 1 м ошибки определения углов Крылова (курса крена и тангажа) имеют величину  $\approx 7$  угловых минут. При этом точность определения ориентации возрастает пропорционально увеличению длины базовых векторов измерителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. 800 с, ил.
2. Global Positioning System: Theory and Applications. Volume I, and II. Edited by Parkinson B. W. and Spilker J. J. PROGRESS IN ASTRONAUTICS AND AERONAUTICS Volume 163. Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. 370 L'Enfant Promenade, SW, Washington, DC 20024–2518, 1996.
3. Поваляев А. А. Спутниковые радионавигационные системы: время, показания часов, формирование измерений и определение координат. – М.: «Радиотехника», 2008.
4. Rapoport L., Varabanov I., Khvalkov A., Kutuzov A., Javad A. Octopus: Multi antennae GPS/GLONASS RTK System. ION GPS-1999, p. 797–804.
5. Rapoport L., Varabanov I., Khvalkov A., Kutuzov A., Javad A. Octopus: Multi antennae GPS/GLONASS RTK System. ION GPS, 2000. p. 2972–2979.
6. Марков С. С., Сорокина И. А. Одномоментная система определения ориентации подвижных объектов по сигналам СРНС ГЛОНАСС и GPS. – М.: межвузовский сборник научных трудов «Методы и устройства помехоустойчивого приема радиосигналов», М.: МИРЭА, 2005.
7. Qin X., Gourevitch S., Ferguson K., Kuhl M., Ladd J. Dynamic Short Baseline Calibration and Attitude Determination Using Ashtech 3DF System. Presented at the Sixth International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Columbus, Ohio, March 17–20, 1992. p. 1–10.
8. Nadler A., Bar-Itzhack I. Y. An Efficient Algorithm For Attitude Determination Using GPS. ION GPS, 1998. p. 1783–1789.
9. Власов И. Б., Пудловский В. Б., Тарахнов С. Н. Точностные характеристики спутниковой навигационной аппаратуры с угломерным каналом. – ISSN 0236–3941. Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение, 1997, № 1, с. 12
10. Markley F. Landis. Attitude Determination using Vector Observation and the Singular Value Decomposition. – The Journal of the Astronautical Sciences, vol. 3, № 3, 1988, pp. 245–258.
11. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. – М., «МИР», 1999. 549 с.
12. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1964. 608 с.



УДК 621.396.98

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ ГЛОНАСС/GPS В ИНТЕРЕСАХ МВД РОССИИ

*А. А. Бермишев, В. Л. Лапшин<sup>1</sup>, О. В. Абрамов, И. А. Ефимов<sup>2</sup>*

*В статье рассматриваются результаты сравнительных испытаний образцов навигационных модулей, используемых для разработки НАП, применяемой в органах внутренних дел и внутренних войсках МВД России. Испытания проводились на базе Калужского филиала Федерального казенного учреждения научно-производственного объединения «Специальная техника и связь» МВД России в июне 2014 года с применением мобильной измерительно-диагностической лаборатории ЦНИИмаш. Приводятся условия проведения испытаний, количественные показатели параметров и характеристики, полученные в ходе испытаний.*

*Ключевые слова:* ГЛОНАСС, МВД России, мобильная измерительно-диагностическая лаборатория, навигационные модули, НАП, GPS.

## THE RESULTS OF COMPARATIVE TESTS OF GLONASS/GPS NAVIGATION MODULES IN THE INTERESTS OF THE MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS OF RUSSIA

*A. A. Bermishev, V. L. Lapshin, O. V. Abramov, I. A. Efimov*

*The article discusses the results of comparative tests of navigation modules that are used to develop a voltage applied to the bodies of internal Affairs and the internal troops of the MIA of Russia. The tests were carried out on the basis of the Kaluga branch of the Federal state institution scientific-production Association «Special equipment and communications», Ministry of internal Affairs of Russia in June 2014 with the use of mobile measuring diagnostic laboratory. Lists the test conditions and results obtained during the test.*

*Key Words:* CND, GLONASS/GPS, mobile measuring diagnostic laboratory, navigation modules, the Russian interior Ministry.

### ВВЕДЕНИЕ

Перспективные технологии спутниковой навигации находят в настоящее время все более широкое применение в различных областях народного хозяйства — авиации, судовождении, на транспорте, в геодезии, а также в сфере обороны и безопасности. Основу спутниковой навигации составляет определение местоположения, скорости и времени потребителя по сигналам спутников космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS с помощью навигационной аппаратуры потребителей (НАП).

Постоянно расширяющийся парк зарубежных и отечественных образцов НАП ставит перед потребителем задачу выбора наиболее приемлемого образца для решения конкретных задач. Критерием для выбора необходимого образца НАП является оптимальное сочетание таких факторов, как точность

навигационных определений, массогабаритные характеристики, устойчивость к воздействию внешних факторов, энергопотребление и, в значительной степени, его стоимость. Правильный выбор образца НАП потребитель может сделать на основе сравнительных испытаний нескольких образцов НАП в одинаковых условиях их функционирования.

Все вышесказанное целиком относится и к вопросам выбора НАП для применения в органах внутренних дел (ОВД) и внутренних войсках (ВВ) МВД России.

НАП и системы на её основе помогают сотрудникам ОВД и военнослужащим ВВ МВД России решать диспетчерские задачи по контролю за транспортными средствами (ТС) и управлению вверенными силами. Это позволяет сотрудникам полиции сокращать время прибытия нарядов на места преступлений

<sup>1</sup> Бермишев Алексей Андреевич — начальник сектора, к.т.н., с.н.с.; e-mail: bermishev@glonass-iac.ru; Лапшин Владимир Леонидович — главный специалист, e-mail: v.lapshin@glonass-iac.ru; оба из ИАЦ КВНО ФГУП «ЦНИИмаш», тел.: (495) 513-58-33, Россия, Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, 4.

<sup>2</sup> Абрамов Олег Владимирович, научный сотрудник; Ефимов Игорь Алексеевич — младший научный сотрудник; оба из Калужского филиала ФКУ НПО «СТиС» МВД России, Россия, 248033, г. Калуга, ул. Генерала Попова, 5. тел./факс: (4842) 502-332, e-mail: stisklg@bk.ru.



*Рис. 1. Мобильная измерительно-диагностическая лаборатория*

и происшествий, контролировать перевозку личного состава и спецконтингента, транспортировку ценных и особо опасных грузов.

Помимо решения диспетчерских задач НАП можно использовать в оперативно-разыскной деятельности для контроля за перемещением объектов (автономные малогабаритные трекаеры), при документировании мест аварий и дорожно-транспортных происшествий (персональные приемоиндикаторы), при «привязке» объектов на местности без видимых ориентиров (геодезическая НАП), а также для решения служебно-боевых задач (НАП, встраиваемая в системы целеуказания, разведывательные комплексы и вооружение).

Важной составной частью НАП является навигационный приемник, изготовленный на основе OEM-модуля (Original equipment manufacturer). От того, как он работает и решает навигационную задачу, будет зависеть и работа бортового оборудования, и работа системы в целом.

Под навигационным модулем (НМ) в аппаратуре спутниковой навигации понимается радиотехническое устройство, основными функциями которого являются прием, обработка радионавигационных сигналов навигационных космических аппаратов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и определение пространственных координат и составляющих вектора скорости движения потребителя (объекта навигации).

Навигационные модули, предлагаемые к использованию в составе НАП для МВД России, должны работать по сигналам ГНСС ГЛОНАСС или в совмещенном режиме ГЛОНАСС/GPS, воспринимать и обрабатывать ВТ-код ГЛОНАСС (сигнал с санкционированным доступом), а также обладать рядом функциональных возможностей, обеспечивающих необходимую точность определения местоположения объекта. Кроме того, в соответствии с действующими в Российской Федерации нормативными правовыми актами, предпочтение должно отдаваться отечественным изделиям, т. к. это связано с безопасностью и качеством продукции.

Для проведения сравнительных испытаний НАП в Информационно-аналитическом центре координатно-временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО) ФГУП ЦНИИмаш использовалась мобильная измерительно-диагностическая лаборатория (МИДЛ), которая изображена на рис. 1.

Основное назначение МИДЛ – проведение испытаний образцов НАП в мобильном режиме для определения их рабочих характеристик в реальных условиях эксплуатации, в частности, в условиях плотной городской/индустриальной застройки. Возможно одновременное тестирование нескольких образцов НАП в одинаковых навигационных условиях.

Кроме того, МИДЛ позволяет проводить:

- оценку локальных потребительских характеристик ГНСС;
- построение высокоточной контрольной траектории движения;
- мониторинг радионавигационной обстановки, в т. ч. в диапазоне частот ГЛОНАСС/GPS.

Контрольная траектория движения строится в апостериорном режиме на основе обработки синхронных кодовых и фазовых измерений двух эталонных приемников ГЛОНАСС/GPS, один из которых является стационарным и играет роль контрольно-корректирующей станции, а второй установлен на ТС. Она представляет собой траекторию движения фазового центра антенны эталонного мобильного приемника, установленной на крыше ТС. Точностные характеристики испытываемого образца НАП определяются по отношению к эталонной траектории в синхронные моменты времени.

Особенностью МИДЛ является возможность строить траекторию движения на участках, где прием сигналов навигационных спутников затруднен или полностью отсутствует («городские колодцы», густые кроны деревьев, тоннели). Траектория на этих участках строится с привлечением данных средств автономного счисления координат, которыми оснащен автомобиль.

В состав контрольно-измерительного оборудования МИДЛ при проведении испытаний входили:

- мобильный контрольный навигационный приемник основной – Javad Sigma (TRE G3TH);
- мобильный контрольный навигационный приемник вспомогательный – Javad Legacy (EGGDT);
- гироскоп CRS09–12 и одометрическая система E6C2–CWZ6C;
- данные наблюдений с референчных пунктов – станций IGS Международной службы ГНСС – mdvj, mobk, zwe2.

Руководящим документом при проведении испытаний являлась «Программа и методики натурных испытаний навигационных модулей (приемников) с использованием мобильной измерительно-диагностической лаборатории (МИДЛ)», далее – ПМИ.

Испытания проводились лабораторией 3010 ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш совместно с Калужским филиалом ФКУ НПО «СТиС» МВД России при участии представителей фирм-производителей навигационных модулей.

На испытания были представлены следующие навигационные модули и приемники:

- навигационный приемник МНП-М7 (СТ-код), ЦВИЯ.468157.113 (ООО «ИРЗ-Связь», г. Ижевск), далее – МНП-М7 (СТ);
- навигационный приемник МНП-М7 (ВТ-код), ЦВИЯ.468157.113 (ООО «ИРЗ-Связь», г. Ижевск), далее – МНП-М7 (ВТ);
- макетный образец навигационного приемника МНП-М9.1 (ООО «ИРЗ-Связь», г. Ижевск), далее – МНП-М9.1;
- навигационный модуль MGGS 2217, КЛРЕ.464316.001 (ГК «ГЛОНАСС Нева», г. Санкт-Петербург), далее – MGGS 2217;
- навигационный модуль «НАВ-01», МКЖЕ.468157.001 (ЗАО «СОКБ «Вектор», г. Москва), далее – НАВ-01;
- приемник NV08C–CSM, ТДЦК.468137.004–01 (ЗАО «КБ Навис», г. Москва), далее – NV08C;
- высокоинтегрированный модуль СН-5701, ТДЦК.468173.047–01 (ЗАО «КБ Навис», г. Москва) – 2 экз., далее СН-5701 (1) и СН-5701 (2).

Фотографии испытываемых навигационных модулей представлены на рис. 2.

Определяемыми показателями при проведении испытаний НМ являлись:

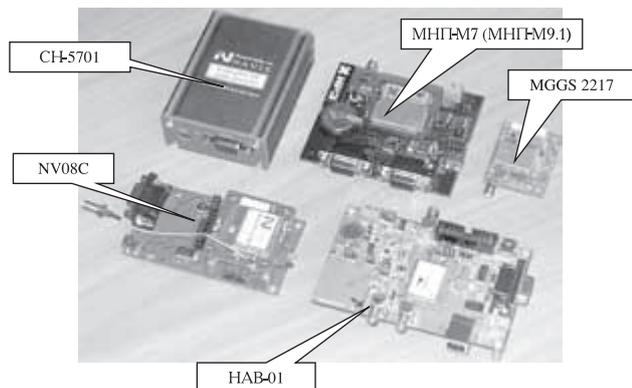


Рис. 2. Испытываемые образцы НМ

- время получения первого достоверного навигационного решения с заданной точностью для «холодного» старта;
- статистические характеристики погрешности определения местоположения (по уровню вероятности 0,5; 0,95; 0,997), в т.ч.: по долготе и широте – выборочное среднее, по высоте и в плане – выборочное среднее  $\sigma$ , максимальная ошибка, СКО, среднеквадратическая погрешность (СКП).

Условия навигации и помеховая обстановка при проведении испытаний для всех НМ были одинаковыми.

### Основные результаты испытаний

Испытания проводились НМ с целью определения ошибок местоопределений при движении МИДЛ по двум заранее выбранным маршрутам – по маршруту № 1, проложенному на открытой местности, и по маршруту № 2 с плотной городской застройкой.

Незамкнутый маршрут № 1 проходящий на открытой местности, содержал прямолинейные участки и повороты. В процессе испытаний происходило переключение режимов работы НМ в последовательности: GPS, ГЛОНАСС+GPS, ГЛОНАСС. Протяженность маршрута 5,8 км. Среднее значение геометрического фактора PDOP, характеризующего точность позиционирования, составило на данном маршруте 1,45. Это указывает на весьма благоприятные навигационные условия. Все тестируемые образцы НМ показали достаточно высокую точность позиционирования. Так, для лучших образцов НМ СН 5701, NV08C производства ЗАО «КБ Навис», максимальные отклонения от контрольной траектории в плане не превышали двух метров. Сколь-нибудь заметного улучшения результатов позиционирования при работе по ВТ и СТ кодам не наблюдалось. Также не дало заметного улучшения по точности использование макетного двухчастотного образца приемника МНП М9.1 (ООО «ИРЗ-Связь»). Результаты испытаний НМ на маршруте № 1 представлены в табл. 1.

Маршрут № 2 (рис. 2), который был выбран для проведения испытаний НМ в условиях городской застройки – кольцевой, проходил по местности со значительным затенением спутниковых сигналов, содержал круговое движение, проезд через закрытую арку, короткие прямолинейные участки и частые повороты. Протяженность маршрута – 2,2 км.

Как и следовало ожидать, точность позиционирования НМ при движении по данному маршруту заметно ухудшилась. Для некоторых образцов НМ наблюдались заметные отклонения от контрольной траектории, которые носят систематический характер. Отклонения от контрольной траектории в плане при движении по данному маршруту для некоторых НМ достигали 40 метров.

На рис. 3 показана одна из контрольных траекторий на маршруте № 2, а на рис. 4–6, как пример, – результаты испытаний одного из НМ на этом маршруте.

Таблица 1.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОШИБОК ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НМ НА МАРШРУТЕ №1

НМ	По высоте, м				В плане, м				Количество удачных местопределений	Средний PDOP
	СКП	Погрешность с вероятностью:			СКП	Погрешность с вероятностью:				
		P=0,5	P=0,95	P=0,997		P=0,5	P=0,95	P=0,997		
Режим - ГЛОНАСС										
МНП-М7 (СТ)	2,26	1,86	4,25	4,58	3,23	2,98	4,52	5,57	460	1,45
МНП-М7 (ВТ)	1,51	1,33	2,56	5,18	2,93	2,69	4,15	5,53	460	1,47
MGGS 2217	4,83	2,79	10,21	10,77	4,84	5,21	6,12	6,66	460	1,44
НАВ-01	4,00	1,40	7,30	14,78	8,68	8,29	12,25	14,73	459	1,59
СН-5701 (1)	5,70	5,76	7,55	9,18	5,53	4,48	9,78	13,06	460	1,44
СН-5701 (2)	4,94	4,81	6,82	8,43	5,66	4,29	9,65	12,64	460	1,42
NV08C	3,00	1,88	6,18	7,43	2,41	2,02	4,13	4,89	460	1,41
Режим - GPS										
МНП-М7 (СТ)	5,07	5,37	6,19	7,05	1,25	1,15	1,79	2,25	501	1,55
МНП-М7 (ВТ)	4,71	4,74	5,60	6,55	1,09	1,06	1,49	2,19	501	1,55
MGGS 2217	2,80	2,43	4,57	5,04	1,63	1,51	2,60	2,74	465	1,55
НАВ-01	7,20	6,76	9,54	12,25	1,71	1,25	3,42	4,55	500	1,71
СН-5701 (1)	3,43	3,14	5,80	6,60	0,79	0,64	1,45	1,88	501	1,61
СН-5701 (2)	3,39	3,18	5,90	6,60	0,86	0,65	1,80	2,11	501	1,61
NV08C	3,01	2,21	6,28	7,05	1,15	0,62	2,62	3,88	501	1,83
Режим - ГЛОНАСС+GPS										
МНП-М7 (СТ)	1,22	0,76	2,82	3,64	2,09	2,03	2,73	2,85	379	1,02
МНП-М7 (ВТ)	1,78	1,48	3,39	4,24	2,18	2,12	2,74	3,15	379	1,02
MGGS 2217	1,55	1,48	2,63	3,45	3,85	2,39	6,38	6,48	379	1,02
НАВ-01	4,55	4,73	5,46	6,47	4,71	4,60	6,04	7,58	378	1,23
СН-5701 (1)	2,93	2,49	5,41	5,95	0,77	0,72	1,14	1,51	379	1,08
СН-5701 (2)	2,71	2,21	5,02	5,74	0,71	0,62	1,20	1,74	379	1,08
NV08C	4,03	3,68	5,98	7,21	0,77	0,73	1,20	1,56	379	1,06

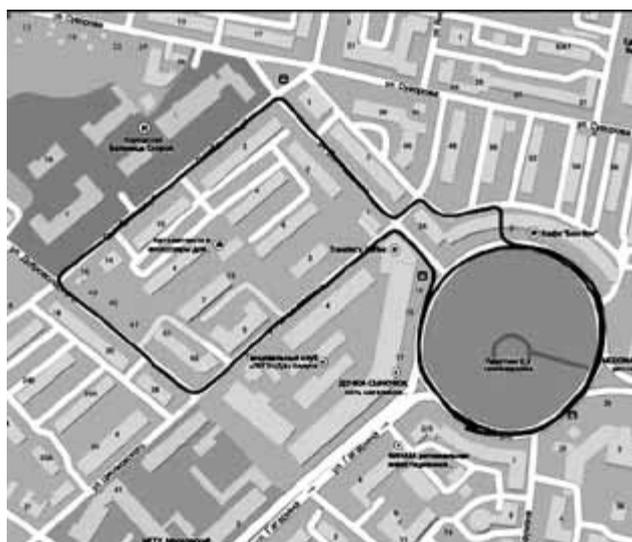


Рис. 3. Контрольная траектория на маршруте №2

Сводные результаты испытаний образцов НМ при движении на маршруте № 2 приведены в табл. 2.

На основе результатов сравнительных испытаний можно сделать следующие выводы:

- время получения первого достоверного навигационного решения с заданной точностью

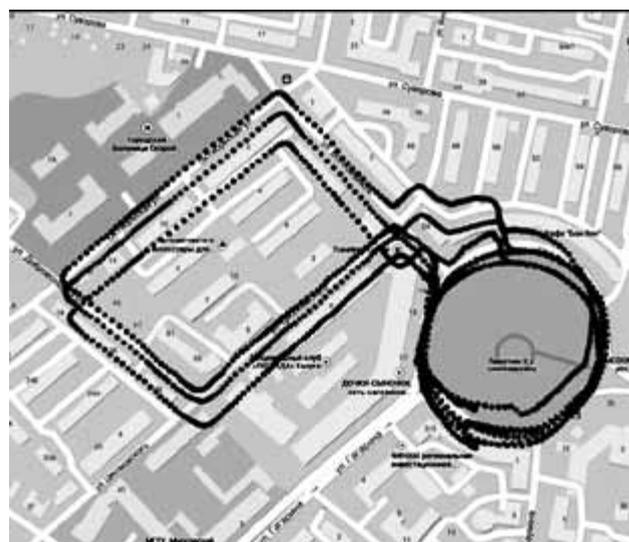


Рис. 4. Траектории по показаниям НМ в режимах ГЛОНАСС, GPS, ГЛОНАСС+GPS

для «холодного» старта всех НМ находится в допустимых пределах и удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 55539-2013;

- на открытой местности (маршрут № 1) лучшие образцы НМ в совмещенном режиме показали высокие точности определения координат

Таблица 2.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОШИБОК ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НМ НА МАРШРУТЕ №2

НМ	По высоте, м				В плане, м				Количество удачных местопределений	Средний PDOP
	СКП	Погрешность с вероятностью			СКП	Погрешность с вероятностью				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
Режим - ГЛОНАСС										
МНП-М7 (СТ)	9.23	7.39	15.66	17.85	11.76	6.96	21.34	27.73	463	1.81
МНП-М7 (ВТ)	53.25	45.69	99.99	110.33	17.35	13.74	31.46	32.75	463	2.06
МНП-М9.1*	37.20	31.89	64.37	69.09	17.12	16.05	29.27	35.50	463	1.73
MGGS 2217	6.30	5.80	10.35	12.23	5.49	2.92	10.10	14.03	463	1.76
НАВ-01	9.55	8.26	16.11	20.51	10.86	7.22	21.37	36.48	413	3.44
СН-5701 (СТ)	16.97	13.95	32.20	40.02	10.19	7.08	20.27	30.11	459	1.76
СН-5701 (ВТ)	14.86	6.81	33.94	40.96	7.65	5.35	13.55	18.05	459	1.83
Режим - GPS										
МНП-М7 (СТ)	46.91	34.20	92.61	98.51	27.56	19.49	46.39	50.30	478	2.01
МНП-М7 (ВТ)	50.70	45.83	88.02	93.24	22.01	17.82	35.07	38.41	478	2.00
МНП-М9.1*	109.79	49.89	305.45	400.38	170.32	11.75	476.91	807.01	223	2.19
MGGS 2217	6.29	2.88	13.46	18.32	3.57	2.53	8.41	11.48	478	1.93
НАВ-01	31.94	13.81	84.04	95.26	4.88	2.88	11.78	13.96	469	2.21
СН-5701 (СТ)	13.83	11.18	25.89	34.80	4.50	2.71	8.60	14.76	477	2.02
СН-5701 (ВТ)	12.82	9.63	24.85	33.67	3.98	3.00	7.27	14.53	476	2.02
Режим - ГЛОНАСС+GPS										
МНП-М7 (СТ)	13.36	9.21	22.23	23.25	9.79	6.73	16.07	16.78	484	1.25
МНП-М7 (ВТ)	7.14	4.37	14.09	15.52	13.02	11.80	19.39	20.20	484	1.31
МНП-М9.1*	7.74	3.41	12.08	41.43	12.19	2.99	9.03	108.46	319	1.39
MGGS 2217	3.84	2.54	6.62	14.76	4.02	2.79	7.33	8.96	483	1.29
НАВ-01	8.14	3.67	16.69	25.05	4.61	3.44	9.06	13.24	483	1.47
СН-5701 (СТ)	7.30	5.99	14.09	18.37	4.21	2.28	7.41	19.75	484	1.29
СН-5701 (ВТ)	6.59	3.95	14.64	18.58	3.83	2.35	7.66	12.15	484	1.33

\* - макетный образец

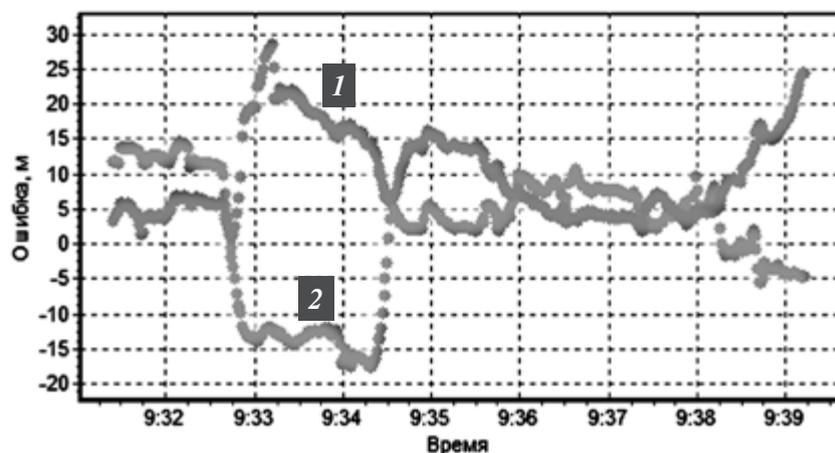


Рис. 5. Ошибки позиционирования НМ в плане (1) и по высоте (2)

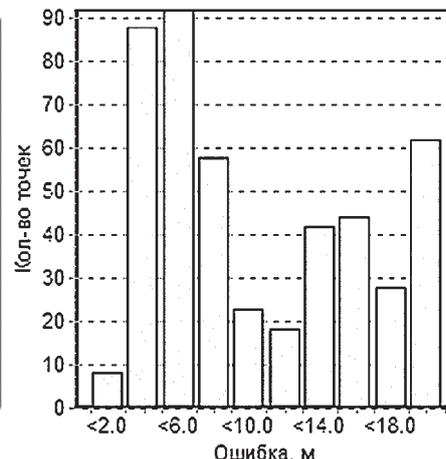


Рис. 6. Гистограмма распределения ошибок НМ в плане

в плане – немногим более одного метра (по уровню вероятности 0,95); при этом в условиях плотной городской застройки (маршрут № 2) точность ухудшалась в несколько раз;

- на открытой местности в совмещенном режиме ГЛОНАСС+GPS практически все НМ работали лучше, чем в режиме ГЛОНАСС; при этом НМ производства ЗАО «КБ НАВИС»

в совмещенном режиме работали лучше, чем в режиме GPS. В режиме ГЛОНАСС НМ демонстрировали точность в 2...6 раз хуже, чем в режиме GPS;

- в условиях плотной городской застройки практически все НМ в совмещенном режиме показали лучшую точность, чем отдельно в режимах по ГЛОНАСС или по GPS;

Таблица 3.

**МЕСТО, ЗАНЯТОЕ НМ  
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ**

НМ	Маршрут № 1	Маршрут № 2
МНП-М7 (СТ)	4	5
МНП-М7 (ВТ)	3	7
МНП-М9.1	-	6
MGGS 2217	5	1
НАВ-01	6	4
СН-5701 (СТ)	2	3
СН-5701 (ВТ)	-	2
NV08C	1	-

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Сравнительные испытания, проведенные МВД России совместно с ЦНИИмаш, наглядно показали необходимость учёта функциональных возможностей OEM-модулей, предлагаемых для использования в НАП спецпотребителей. Не все из используемых в МВД России навигационных модулей выполняют обязательные требования по обеспечению необходимой точности и надежности, помехоустойчивости, а также работы по высокоточному навигационному сигналу (ВТ-коду).

При создании НАП и систем на её основе для органов внутренних дел и Внутренних войск МВД России необходимо использовать навигационные модули, обеспечивающие выполнение указанных требований. Это позволит обеспечить работоспособность аппаратуры спутниковой навигации в условиях обострения военно-политической обстановки, в том числе при намеренном загроблении точности сигнала GPS и обстановке помех.

В ходе испытаний получен уникальный опыт, который поможет сотрудникам МВД России правильно выбирать навигационные модули при создании НАП и систем на ее основе<sup>1</sup>.



- работа по ВТ-коду не дала существенного повышения точности по сравнению с СТ-кодом для НМ МНП-М7; для НМ СН-5701 было зафиксировано улучшение точности в 1,5 раза при работе по ВТ-коду в режиме ГЛОНАСС;
- МНП-М7 показал достаточно хорошие результаты при испытаниях на открытой местности (Маршрут № 1); в условиях плотной городской застройки (маршрут № 2) этот модуль работал значительно хуже. При этом следует отметить, что в данных испытаниях приемник работал с обновленной прошивкой – 3.4 build 1095 и таких систематических сдвигов траектории не наблюдалось при ранее проводимых испытаниях с предыдущей версией прошивки;
- заявленные производителями инструментальные погрешности местоопределений НМ, в том числе подтвержденные испытаниями на имитаторах сигналов, могут значительно отличаться от получаемых в реальных эксплуатационных условиях навигации; натурные испытания существенно расширяют представление о потребительских характеристиках НМ по сравнению с имитационными испытаниями;
- если брать в качестве критерия ранжирования сумму мест, полученных по результатам испытаний на маршрутах в различных режимах (с равными весами), НМ расположатся по местам в соответствии с табл. 3.

В итоге лучшими по результатам испытаний можно считать НМ производства ЗАО «КБ Навис»:

- СН-5701 – занял высокие места на обоих маршрутах, имеет возможность работы по ВТ-коду;
- NV08C – занял первое место по результатам испытаний на маршруте № 1, не участвовал в испытаниях на маршруте № 2.

Отдельно стоит отметить НМ MGGS 2217 производства «ГЛОНАСС Нева», показавший лучшие результаты на маршруте № 2, но занявший лишь 5-е место на маршруте № 1.

<sup>1</sup>. Примечания редакции: Некоторые результаты табл. 1 и 2 требуют дальнейшего анализа.

## СОСТОЯНИЕ КА ГРУППИРОВКИ КНС ГЛОНАСС НА 09.12.2014 г.

(по анализу альманаха от 14:00 09.12.14 (UTC)  
и текущих эфемеридных сообщений, принятых в ИАЦ)

№ точки	№ пл.	№ лит.	НКУ	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Факт. сущ. (мес.)	Пригодность КА по сообщениям		Примечание
								альманаха	эфемерид (UTC)	
1	1	01	730	14.12.09	30.01.10		59,9	+	+ 14:0109.12.14	Используется по ЦН
2	1	-4	747	26.04.13	04.07.13		19,5	+	+ 14:0009.12.14	Используется по ЦН
3	1	05	744	04.11.11	08.12.11		37,2	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
4	1	06	742	02.10.11	25.10.11		38,3	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
5	1	01	734	14.12.09	10.01.10		59,9	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
6	1	-4	733	14.12.09	24.01.10		59,9	+	+ 12:1509.12.14	Используется по ЦН
7	1	05	745	04.11.11	18.12.11		37,2	+	+ 14:0109.12.14	Используется по ЦН
8	1	06	743	04.11.11	20.09.12		37,2	+	+ 14:0109.12.14	Используется по ЦН
9	2	-2	736	02.09.10	04.10.10		51,3	+	+ 14:0009.12.14	Используется по ЦН
10	2	-7	717	25.12.06	03.04.07		95,5	+	+ 14:0009.12.14	Используется по ЦН
11	2	00	723	25.12.07	22.01.08		83,5	+	+ 14:0009.12.14	Используется по ЦН
12	2	-1	737	02.09.10	12.10.10		51,3	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
13	2	-2	721	25.12.07	08.02.08		83,5	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
14	2	-7	715	25.12.06	03.04.07		95,5	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
15	2	00	716	25.12.06	12.10.07		95,5	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
16	2	-1	738	02.09.10	11.10.10		51,3	+	+ 13:0009.12.14	Используется по ЦН
17	3	04	746	28.11.11	23.12.11		36,4	+	+ 14:0109.12.14	Используется по ЦН
18	3	-3	754	24.03.14	14.04.14		8,5	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
19	3	03	720	26.10.07	25.11.07		85,5	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
20	3	02	719	26.10.07	27.11.07		85,5	+	+ 11:5909.12.14	Используется по ЦН
21	3	04	755	14.06.14	03.08.14		5,9	+	+ 14:0109.12.14	Используется по ЦН
22	3	-3	731	02.03.10	28.03.10		57,3	+	+ 12:0009.12.14	Используется по ЦН
23	3	03	732	02.03.10	28.03.10		57,3	+	+ 13:3109.12.14	Используется по ЦН
24	3	02	735	02.03.10	28.03.10		57,3	+	+ 14:0109.12.14	Используется по ЦН
09	2		702	01.12.14			0,3			На этапе ЛИ
20	3	-5	701	26.02.11			45,4			На этапе ЛИ
17	3		714	25.12.05	31.08.06	11.04.14	107,5			Орбитальный резерв
21	3		725	25.09.08	05.11.08	02.08.14	74,5			На исследовании ГК
8	1		712	26.12.04	07.10.05	22.11.12	119,5			Орбитальный резерв

Всего в составе ОГ ГЛОНАСС на 09.12.2014 г. 29 КА. Используются по целевому назначению 24 КА. На исследовании Главного конструктора – 1 КА. Орбитальный резерв – 2 КА. На этапе летных испытаний – 2 КА.

## СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ КНС GPS НА 09.12.14 г.

по анализу альманаха, принятого в ИАЦ КВНО

№ пл.	№ точки	ПСП	Номер NORAD	Тип КА	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Факт. сущ. (мес)	Примечания
А	2	31	29486	ИИ-М	25.09.06	13.10.06		97,9	
	4	7	32711	ИИ-М	15.03.08	24.03.08		80,6	
	5	24	38833	ИИ-Ф	04.10.12	14.11.12		24,8	
	6	30	39533	ИИ-Ф	21.02.14	30.05.14		6,3	
В	1	16	27663	ИИ-Р	29.01.03	18.02.03		141,8	
	2	25	36585	ИИ-Ф	28.05.10	27.08.10		51,5	
	3	28	26407	ИИ-Р	16.07.00	17.08.00		171,8	

B	4	12	29601	ИИ-R-M	17.11.06	13.12.06		95,9	
	6		34661	ИИ-R-M	24.03.09				На этапе ЛКИ
C	1	29	32384	ИИ-R-M	20.12.07	02.01.08		83,3	
	3	19	28190	ИИ-R	20.03.04	05.04.04		128,2	
	4	17	28874	ИИ-R-M	26.09.05	13.11.05		108,9	
	5	27	39166	ИИ-F	15.05.13	21.06.13		17,6	
D	1	2	28474	ИИ-R	06.11.04	22.11.04		120,6	
	2	1	37753	ИИ-F	16.07.11	14.10.11		37,9	
	3	21	27704	ИИ-R	31.03.03	12.04.03		140,0	
	4	4	22877	ИИ-A	26.10.93	22.11.93		252,7	
	5	11	25933	ИИ-R	07.10.99	03.01.00		179,3	
	6	6	39741	ИИ-F	17.05.14	10.06.14		6,0	
E	1	20	26360	ИИ-R	11.05.00	01.06.00		174,4	
	2	22	28129	ИИ-R	21.12.03	12.01.04		131,0	
	3	5	35752	ИИ-R-M	17.08.09	27.08.09		63,5	
	4	18	26690	ИИ-R	30.01.01	15.02.01		165,9	
	5	32	20959	ИИ-A	26.11.90	10.12.90		288,2	
	6	10	23953	ИИ-A	16.07.96	15.08.96		219,9	
F	1	14	26605	ИИ-R	10.11.00	10.12.00		168,1	
	2	15	32260	ИИ-R-M	17.10.07	31.10.07		85,3	
	3	13	24876	ИИ-R	23.07.97	31.01.98		202,4	
	4	23	28361	ИИ-R	23.06.04	09.07.04		125,1	
	5	26	22014	ИИ-A	07.07.92	23.07.92		268,7	
	6	9	40105	ИИ-F	02.08.14	17.09.14		2,7	

Всего в составе ОГ GPS\* на 09.12.14г. 32 КА (4 КА ИИ-A, 12 КА ИИ-R, 8 КА ИИ-R-M, 8 КА ИИ-F). Используются по целевому назначению - 30 КА. На этапе ввода в систему - 1 КА. Временно выведены на техобслуживание - 1 КА.

## Опубликован интерфейсный контрольный документ индийской региональной спутниковой системы IRNSS

Индийское управление космических исследований (ISRO) опубликовало интерфейсный контрольный документ индийской региональной спутниковой системы IRNSS (IRNSS SIS ICD). В 70-страничном документе представлена информация о сигнальных модуляциях, полосах частот, уровнях мощности приемников, структурах данных и о других характеристиках открытого сигнала IRNSS.

С июня 2014 документ IRNSS SIS ICD открыт для общедоступности в информационных целях, а также, для исследований, разработок и коммерческого использования сигналов IRNSS в навигационных приложениях.

Для скачивания IRNSS SIS ICD необходимо зарегистрироваться на сайте ISRO.

Первый спутник (IRNSS-1A) был запущен в июле 2013, второй (IRNSS-1B) – 4 апреля 2014. Следующий запуск ожидается в октябре 2014 года. По данным ISRO, полное развертывание орбитальной группировки запланировано к середине 2015 года.

Штатная орбитальная группировка индийской региональной навигационной спутниковой системы IRNSS будет состоять из 7 космических аппаратов (КА):

- 3 КА на геостационарной орбите в орбитальных позициях 34° в.д., 83° в.д. и 131,5° в.д.;

- 4 спутника на геосинхронной орбите с параметрами наклона 29°. Два из них пересекают плоскость экватора в точке 55° в.д., а другие два – в точке 111,5° в.д. Зона покрытия системы IRNSS будет включать в себя всю материковую часть Индии и территорию, простирающуюся на 1500 км за ее пределами, в том числе большую часть бассейна Индийского океана.

Первый КА системы IRNSS, выведенный на круговую геосинхронную орбиту наклоном 29° с точкой пересечения экватора 55° в.д. Предполагается предоставление двух видов услуг – услуги стандартного позиционирования SPS (Standard Positioning Service) для гражданских пользователей на безвозмездной основе (модуляция BPSK 1 МГц) и специальной услуги RS (Restricted Service) для авторизованных пользователей (модуляция BOC (5,2)) в каждом из диапазонов.

Работа IRNSS будет осуществляться в радионавигационном L5 диапазоне (1176.45 МГц) and S диапазоне (2492.028 МГц).

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=9203.10.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=9203.10.2014)

<http://www.insidegnss.com/node/4236>

## Европа признала «Союз» непричастным к срыву запуска спутников Galileo

Экспертная группа, в состав которой входили представители Agianespace, Европейского космического агентства (ЕКА) и Европейской комиссии, пришла

к выводу, что сбои в запуске спутников Galileo связаны с неполадками в разгонном блоке «Фрегат», а не ракете-носителе «Союз», сообщается на сайте аэрокосмической компании Arianespace.

Результаты независимого расследования комиссия огласила после совещания в штаб-квартире космического перевозчика в округе Эври, недалеко от Парижа. Комиссия разбиралась в причинах неудачи запуска двух спутников европейской системы навигации Galileo. Неполадки в разгонном блоке возникли из-за замерзания гидразина — ракетного топлива.

Выводы комиссии основаны на данных, предоставленных российской стороной и согласуются с итогами расследования Роскосмоса. Европейские эксперты также отметили, что ракета-носитель сработала в штатном режиме и сбои в запуске спутников никак не связаны с работой российских систем «Союза».

22 августа с космодрома Куру во Французской Гвиане стартовала российская ракета-носитель «Союз-СТ-Б» с разгонным блоком «Фрегат-МТ» и парой европейских спутников, которые через 35 минут после старта с Земли не вышли на запланированную орбиту.

<http://lenta.ru/news/2014/10/08/esa/>

### **Китайская система экстренного реагирования при авариях будет введена в эксплуатацию в 2016 году**

Аналогичная европейской eCall китайская система экстренного реагирования при авариях в настоящее время тестируется в четырех регионах КНР, сообщил помощник генсека Ассоциации китайских производителей и пользователей телематического оборудования ТИАА Кевин Ли. «Планируется, что в 2015 году стандарты системы будут представлены в министерства и ведомства для согласования. В 2016 году сможем ввести эту систему в промышленную эксплуатацию», — сказал Кевин Ли на IV международном конгрессе «ЭРА-ГЛОНАСС» в Москве.

Ранее сообщалось, что российская система экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС» вводится в промышленную эксплуатацию с 1 января 2015 года.

<http://vestnik-ghonass.ru/news/corp/kitayskaya-sistema-ekstrennogo-reagirovaniya-pri-avariyakh-budet-vvedena-v-ekspluatatsiyu-cherez-god/09.10.2014>

### **Президент РФ Владимир Путин об эксплуатации и содержании системы «ЭРА-ГЛОНАСС»**

Президент РФ Владимир Путин обратился к правительству с просьбой найти средства на эксплуатацию и содержание в 2015–2016 годах системы «ЭРА-ГЛОНАСС».

«Мы занимались созданием этой системы в течение трех лет, истратили на это дело 3,5–4 млрд. рублей, но на 2015–2016 годы на эксплуатацию, содержание

этой системы денег пока не выделено. Я обращаюсь к своим коллегам из правительства: знаю все бюджетные ограничения... но такие вещи, на которые затрачены миллиарды, мы не можем их бросить на полпути. Это совершенно не по государственному», — заявил В. В. Путин на заседании президиума Госсовета в Новосибирске.

Владимир Путин поддержал предложение Минфина подключить операторов мобильной связи к инвестированию в компанию, формируемую для управления системой экстренного реагирования при авариях.

Система «ЭРА-ГЛОНАСС» включает в себя технологическую инфраструктуру для приема информации от устройств вызова экстренных оперативных служб и дальнейшей передачи этой информации в службы.

Минтранс в рамках поручения президента подготовил и опубликовал проект постановления правительства о создании акционерного общества «ГЛОНАСС» со 100-процентным госучастием. Проект предусматривает, что права акционера ОАО «ГЛОНАСС» с уставным капиталом 100 млн. рублей от имени РФ будет осуществлять Минтранс.

[http://vestnik-ghonass.ru/news/vo\\_vlasti/putin-dal-dobro-na-privlechenie-operatorov-k-investitsiyam-v-kompaniyuoperatora-eraglonass/10.10.2014](http://vestnik-ghonass.ru/news/vo_vlasti/putin-dal-dobro-na-privlechenie-operatorov-k-investitsiyam-v-kompaniyuoperatora-eraglonass/10.10.2014)

### **Индия запустила третий спутник собственной навигационной системы**

Третий из семи спутников Индийской региональной навигационной спутниковой системы (IRNSS) IRNSS-1C был запущен в космос ракетой PSLV-C 26 с космодрома Шрихарикота, расположенного на одноименном острове в Бенгальском заливе.

«PSLV-C26 успешно вывела навигационный спутник IRNSS-1C на планируемую орбиту», — сообщила Индийская организация космических исследований (ISRO) на официальной странице в Twitter. Пуск был осуществлен в 01.32 по местному времени (00.02 мск) 15 октября 2014. После запуска предполагается провести четыре маневра для того, чтобы перевести спутник на геостационарную орбиту с орбитальной позицией 83° в.д. Два первых ранее запущенных спутника IRNSS-1A и 1B находятся на геосинхронных орбитах.

Всего система IRNSS должна состоять из семи спутников. Она предназначена для того, чтобы оказывать с высокой точностью навигационные услуги пользователям в Индии и в других регионах Земли на расстоянии до 1,5 тысячи километров от индийских границ. ISRO намерена разместить в космосе все спутники IRNSS к 2015 году.

Как говорится на сайте организации, система, в частности, предназначена для борьбы с чрезвычайными ситуациями, обеспечения навигации на суше, в воздухе и на море, поиска транспортных средств и судов, обеспечения точного отсчета времени, визуальной и голосовой навигации для водителей, помощи

путешественникам и альпинистам. Система может быть интегрирована с мобильными телефонами.

[http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=93717.10.2014](http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT_ID=93717.10.2014)

<http://ria.ru/world/20141016/1028512962.html>

<http://gpsworld.com/india-launches-third-navigation-satellite-irnss-1c/> 18.10.2014

### Зарубежные автопроизводители оснащают свои автомобили устройствами с ГЛОНАСС-технологиями

Итальянский автоконцерн IVECO в рамках подготовки к вступлению в силу требований технического регламента Таможенного союза, согласно которым с 1 января 2015 года все новые транспортные средства, впервые проходящие оценку одобрения типа, должны быть оснащены устройствами «ЭРА-ГЛОНАСС», протестировал такие устройства на своих автомобилях.



В октябре 2014 года в Санкт-Петербурге компания протестировала работу навигационного оборудования с функцией «ЭРА-ГЛОНАСС» на грузовых автомобилях Daily,

Eurocargo и магистральном тягаче Strails. Тестирование проводилось в испытательном центре «НАМИ».

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=94728.10.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=94728.10.2014)

### В США стартовала ракета с навигационным спутником GPS IIF-8

Американская ракета-носитель Atlas V, на борту которой находится навигационный спутник ВВС США, успешно стартовала в среду, 29 октября, с космодрома на мысе Канаверал. Об этом сообщает Reuters. Пятидесятый по счету старт ракеты Atlas V состоялся в 13:21 по местному времени (20:21 мск) в штатном режиме. Ракета вывела на орбиту третий по счету новейший спутник GPS IIF-8 стоимостью 245 миллионов долларов, который будет использоваться не только в военных, но и в коммерческих целях.

Вывод аппарата, созданного корпорацией Boeing, обеспечивает компания United Launch Alliance. Эта компания, созданная в 2006 году, уже осуществила 89 запусков, 12 из них — в 2014 году.

<http://lenta.ru/news/2014/10/29/atlas/>

### Запуск навигационного спутника нового поколения запланирован на декабрь

Космический аппарат «Глонасс-К» №12Л доставлен на космодром Плесецк для подготовки к запуску,



запланированно на декабрь, сообщает пресс-служба компании «Информационные спутниковые системы» (ИСС) имени академика Решетнёва» (Железногорск). «Доставка нового космического аппарата «Глонасс-К»

грузовым самолётом Ил-76 прошла в штатном режиме. На космодроме «Плесецк» спутник будет подготовлен к запуску, который планируется осуществить в декабре», — говорится в сообщении, размещенном на сайте ИСС.

«Глонасс-К» №12Л — второй навигационный космический аппарат нового поколения. В него в ходе производства были внесены конструктивные изменения, позволяющие расширить функциональные возможности спутника и улучшить его характеристики. Космический аппарат излучает пять навигационных сигналов в трёх диапазонах частот — L1, L2 и L3.

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/zapusk-navigatsionnogo-sputnika-novogo-pokoleniya-zaplanirovan-na-dekabr/>

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=97607.11.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=97607.11.2014)

### Стартовал эксперимент по оценке условий навигации с использованием системы ГЛОНАСС в Антарктике

8 ноября 2014 года стартовала 60-я Российская антарктическая экспедиция. В экспедиции участвуют специалисты Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО) ФГУП «ЦНИИмаш», основной задачей которых является отработка технологий высокоточного позиционирования на основе ГЛОНАСС/ГНСС измерений в высоких широтах с использованием современных методов обработки спутниковых измерений.

Российская Антарктическая экспедиция сезона 2014–2015 гг. проводит работы в южных полярных областях планеты. Научно-экспедиционное судно «Академик Фёдоров» Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (ФГБУ «ААНИИ») Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) вышло в рейс от причала Морского торгового порта г. Санкт-Петербурга. Через порт Бремерхафен судно проследует в порт Кейптаун, а затем выйдет в акваторию Южного океана и возьмёт курс на российскую антарктическую станцию «Прогресс».

В рамках первого этапа экспедиции специалисты ИАЦ КВНО — ведущий инженер Александр Васильевич Чистяков и инженер II категории Николай

Васильевич Заляпин — будут отрабатывать технологии высокоточного позиционирования на основе обработки ГЛОНАСС/ГНСС измерений вдоль трассы перехода до порта Кейптаун.



Научно-экспедиционное судно ледового класса «Академик Фёдоров» построено в 1987 г. и названо в честь академика АН СССР, Героя Советского Союза Е. К. Фёдорова, работавшего на первой отечественной дрейфующей станции «Северный полюс-1». Судно оснащено современным научно-исследовательским оборудованием и проводит широкомасштабные работы в Арктике, Антарктике и других районах Мирового океана.

Предыдущий эксперимент по оценке навигационной обстановки в высоких северных широтах прошёл в 2011 г. по маршруту Мурманск — Петропавловск-Камчатский — Невельск. Эксперимент был организован ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш при содействии департамента Береговой охраны Пограничной службы ФСБ России и проводился на новейшем корабле Береговой охраны — патрульном судне ПС-824. Во время экспедиции проводилось тестирование более десяти образцов одно- и двухчастотной навигационной аппаратуры на основе ГЛОНАСС и GPS. В результате эксперимента были получены оценки реальной навигационной обстановки вдоль трасс Северного морского пути и позиционирования отечественных образцов навигационной потребительской аппаратуры в различных режимах навигации. Наряду с этим, специалистами ИАЦ КВНО был проведён анализ качества работы контрольно-корректирующих станций, расположенных на побережьях Северного Ледовитого и Тихого океанов, отработана технология построения контрольной траектории на основании апостериорной обработки данных различных двухчастотных (L1, L2) ГЛОНАСС/GPS приёмников с оценкой точности, проведена экспериментальная отработка технологии обмена данными между кораблем и ИАЦ КВНО, а также диспетчерским центром ЗАО «КБ «НАВИС» в Санкт-Петербурге.

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=98010.11.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=98010.11.2014)

### **Фирма u-blox выпустила 3-D модуль для местоопределения на открытой и закрытой местности**

Швейцарская фирма u-blox выпустила новый 3-D модуль NEO-M8L автономного счисления

для местоопределения на открытой и закрытой местности. Модуль объединяет и обрабатывает информацию гироскопов и акселерометров на GNSS-платформе u-blox M8 в интересах высокоточного навигационного обеспечения автомобильного транспорта. Он способен работать на открытой местности, а также в городских каньонах, тоннелях, в подземных гаражах и в других подобных условиях. Приемник модуля принимает и обрабатывает сигналы всех видимых спутников навигационных систем GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, QZSS, Galileo (в будущем) и всех SBAS. Модуль имеет габариты 12,2 × 16,0 × 2,5 мм.

<http://gpsworld.com/u-blox-launches-indooroutdoor-positioning-module-with-3d-sensors/>  
11.11.2014

### **ОАО «РКС» готово разместить станции СДКМ ГЛОНАСС в Китае**

ОАО «Российские космические системы» (РКС), входящее в Объединенную ракетно-космическую корпорацию (ОРКК), готово к размещению в Китае станций Системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) российской спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС. РКС представляет новейшие высокотехнологичные разработки в сфере навигации, дистанционного зондирования Земли, связи и безопасности в составе объединенной экспозиции ОРКК на открывшейся сегодня в Чжухае (КНР) Китайской международной авиационно-аэрокосмической выставки (Airshow China 2014). Размещение станций российской Системы дифференциальной коррекции и мониторинга на территории КНР повысит навигационные характеристики для потребителей сигналов ГЛОНАСС. СДКМ — функциональное дополнение к спутниковой навигационной системе ГЛОНАСС; она предоставляет информацию о целостности навигационного поля, корректирующую информацию к эфемеридам (координатам спутников) и частотно-временным параметрам, и данные о величине вертикальной ионосферной задержки.

Новейшие высокоточные навигационные технологии незаменимы на транспорте и в сельском хозяйстве, в поиске и спасении людей, при мониторинге окружающей среды, охране правопорядка и мониторинге сложных инженерных сооружений. Работа служб доставки, управление транспортом банков и инкассаторских организаций, оптимизация логистических процессов, контроль местоположения техники основаны на современных навигационных сервисах.

Спрос на услуги по предоставлению высокоточной навигации (Precision Point Positioning, PPP) растет, и успешная совместная работа с китайскими партнерами по взаимному размещению наземных средств коррекции в России и КНР для ГЛОНАСС и китайской Beidou особенно актуальна.

Генеральный директор ОАО «Российские космические системы» Андрей ТЮЛИН: «Мы с китайскими

коллегами уже осмотрели площадки около городов Урумчи и Чанчунь. И в декабре начнем совместную рекогносцировку для распределения работ на выбранных пунктах размещения СДКМ».

Сегодня на территории России находится 19 станций СДКМ, позволяющих потребителям принимать навигационный сигнал с точностью до одного метра. Три станции – в Антарктиде, одна в Бразилии, две планируются открыть в Казахстане и одну в Белоруссии.

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=98712.11.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=98712.11.2014)

### **Терминал «ЭРА-ГЛОНАСС» с хорошим вестибулярным аппаратом**

В России начались испытания терминалов системы экстренного реагирования при авариях на дорогах. Одним из тестов стали испытания на опрокидывание транспортного средства с установленным на борту терминалом «ЭРА-ГЛОНАСС». Разработчики остались довольны результатами испытаний. В момент спровоцированного ДТП терминал корректно определил местонахождение, степень тяжести и силу удара, тип ДТП (опрокидывание), передал данные в подсистему тестирования «ЭРА-ГЛОНАСС» и установил связь с диспетчером.

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/glonass-s-khoroshim-vestibulyarnym-apparatom/> 13.11.2014

[http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=991](http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT_ID=991)

### **Россия займется совместным с Китаем производством аэродромных систем**

Холдинг «Росэлектроника», входящий в госкорпорацию «Ростех», заключил с китайской компанией Nanjing LES Information Technology соглашение о сотрудничестве. Об этом говорится в пресс-релизе холдинга, поступившем в редакцию «Ленты.ру». Стороны также достигли предварительной договоренности о совместном производстве на территории Китая различных аэродромных систем, которые будут устанавливаться в гражданских и военных аэропортах. В числе оборудования, которое планируется производить совместно с Китаем, – инструментальные системы посадки, автоматические радиопеленгаторы, дальномерные системы навигации, радиомаяки и радиостанции передачи данных. В рамках подписанного соглашения на территории России может быть развернут выпуск систем радиолокации повышенной точности, которые позволят диспетчерам наземного пункта точнее контролировать воздушную обстановку.

Помимо соглашения с LES «Росэлектроника» подписала договор и с китайской компанией SETSI. В рамках этого соглашения стороны будут сотрудничать в области разработки, производства и поставки специальных источников питания и электронно-компонентной базы. По словам генерального директора

российского холдинга Андрея Зверева, соглашения с китайскими предприятиями позволят развить радиоэлектронную отрасль и выйти на новые международные рынки.

Предприятия «Росэлектроники» поставляют в Китай различную продукцию на общую сумму около 15 миллионов долларов в год. Наибольшую долю продаж составляют готовые изделия электронной компонентной базы, включая герконы, коммутаторы, рентгеновские трубки и транзисторы. При этом «Росэлектроника» ежегодно импортирует китайской продукции в среднем на 1,2 миллиона долларов. Речь идет преимущественно о сырье и материалах для компонентной базы.

<http://lenta.ru/news/2014/11/14/joint/>

### **Китайские специалисты подбирают места для размещения станций BeiDou**

Китайская делегация также провела осмотр мест в России, предпочтительных для установки станций дифференциальной коррекции сигнала китайской навигационной системы BeiDou, заявил глава Роскосмоса Олег Остапенко. «Мы договорились ставить их станции коррекции сигнала на территории РФ, и наши станции тоже будут установлены в Китае. Первый шаг уже сделан. На первом этапе их будет немного – от одной до трех, а дальше будем смотреть. Китайские специалисты у нас осмотрели возможные места установки станций дифференциальной коррекции сигнала, а мы – на территории Китая», – рассказал О. Остапенко. Отвечая на вопрос, нужны ли в гаджетах навигационные чипы BeiDou, где уже ставятся чипы американской GPS и российской ГЛОНАСС, глава Роскосмоса сказал: «А почему бы и нет? Посмотрим. В перспективе это возможно».

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=9957.11.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=9957.11.2014)

### **Специалисты компании Topcon принимают новый сигнал L3 ГЛОНАСС**

Компания Topcon Positioning Group объявила о том, что её ГНСС-приёмник NET-G5 может принимать и отслеживать новый сигнал L3 созвездия ГЛОНАСС. Навигационный космический аппарат «Глонасс-М» № 55 был запущен в июне этого года и оборудован экспериментальной нагрузкой, которая передаёт сигнал на частоте L3. В процессе испытаний опорного приёмника в технологическом центре компании в Москве инженеры отследили сигнал. Ожидается, что использование сигнала L3 в дополнение к L1 и L2 повысит конкурентоспособность системы ГЛОНАСС.

«Компания инвестирует в исследования и разработку решений для конечных пользователей и индустрии, – говорит главный директор по стратегии. – Наши инженеры, учёные и дизайнеры выдают на рынки соответствующие продукты и технологии, и возможность

NET-G5 принимать и обрабатывать этот сигнал – пример такой ориентированности».

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/opredelen-novyy-signal-f-nka-glonass/>

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=99718.11.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=99718.11.2014)

### Российский истребитель пятого поколения получил комбинированную систему навигации

Концерн «Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ) госкорпорации Ростех создал модернизированную бесплатформенную инерциальную навигационную систему БИНС-СП2М для истребителя пятого поколения Т-50 (ПАК ФА), сообщается в пресс-релизе КРЭТ. Она автономно обрабатывает навигационную и пилотажную информацию, определяет координаты и параметры движения в отсутствие спутниковой навигации, а также обеспечивает интеграцию с военной орбитальной группировкой России и спутниками ГЛОНАСС.



«Глубокая интеграция БИНС-СП2М с космическими системами сделает ПАК ФА более эффективным в рамках модели сетецентрической войны, требующей

объединения воздушных, наземных и морских сил в единую сеть», – заявил генеральный директор КРЭТ Николай Колесов.

Навигационная система БИНС-СП2М для Т-50 разработана предприятиями Московского института электромеханики и автоматики (МИЭА) и Раменским приборостроительным заводом (РПЗ), входящими в состав КРЭТ. Оборудование построено на базе лазерных гироскопов и кварцевых акселерометров (приборов для измерения ускорений подвижных объектов) российского производства.

Новая система может быть установлена не только на авиационной, но также на морской и наземной технике. Она обеспечивает высокоточную навигацию боевых единиц как по отдельности, так и в группе, при этом спутниковая навигация может использоваться для повышения точности определения координат, но не обязательна для полноценного функционирования системы.

Гарантированный жизненный цикл БИНС-СП2М не менее 10 тысяч часов, что почти в два раза больше, чем у зарубежных аналогов. Кроме того, российская система обладает лучшими техническими характеристиками и является универсальной. Предыдущая версия БИНС-СП2 была установлена на борту истребителя Су-35С.

<http://lenta.ru/news/2014/11/27/kret/>

### Космический аппарат «Глонасс-К» выведен на орбиту

Первого декабря в 00 часов 52 минуты московского времени со стартового комплекса площадки 43 Государственного испытательного космодрома Министерства обороны Российской Федерации (космодром «Плесецк») выполнен пуск ракеты космического назначения «Союз-2.1б» с разгонным блоком (РБ) «Фрегат» и космическим аппаратом (КА) «Глонасс-К». Пуск выполнен совместным расчетом специалистов Минобороны России и предприятий ракетно-космической промышленности. В соответствии с циклограммой полета КА «Глонасс-К» (производство ОАО «Информационные спутниковые системы им. академика М. Ф. Решетнева», г. Железногорск) выведен на целевую орбиту и принят на управление. Он пополнит действующую орбитальную группировку отечественной глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.

Система ГЛОНАСС является системой двойного назначения, обеспечивающая решение задач, как в интересах Минобороны России, так и гражданских пользователей. Доступ к гражданским навигационным сигналам глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС предоставляется российским и иностранным потребителям на безвозмездной основе и без ограничений. Космический аппарат «Глонасс-К» – новый космический аппарат системы ГЛОНАСС, представляющий третье поколение отечественных навигационных спутников. От спутников предыдущего поколения «Глонасс-К» отличается увеличенным до 10 лет сроком функционирования (вместо 7 лет у «Глонасс-М»), уменьшенной массой (935 кг вместо 1415 кг), введением кодового разделения навигационного сигнала за счет вещания в L3-диапазоне. Кроме того, на новом спутнике размещена аппаратура международной системы поиска и спасания КОСПАС-САРСАТ.

Ракета-носитель «Союз-2.1б» создана в РКЦ «Прогресс» (г. Самара), разгонный блок «Фрегат» изготовлен в ФГУП «НПО им. С. А. Лавочкина». Разгонный блок «Фрегат» разработан НПО им. С. А. Лавочкина в рамках Федеральной космической программы России для выведения космических аппаратов различного назначения в составе модернизированных и существующих ракет-носителей типа Р-7А. Разгонный блок позволяет существенно повысить энергетические и эксплуатационные характеристики ракет-носителей. Использование блока делает возможным выведение космических аппаратов практически на любые заданные орбиты искусственных спутников Земли, а также межпланетные траектории.

<http://www.federalspace.ru/21159/ 01.12.2014>

### Американцы испытали корректируемый минометный снаряд

Фирма Raytheon испытала корректируемый минометный снаряд увеличенной дальности PERM (Precision

Extended Range Munition). Как сообщает пресс-служба американской компании, из четырех опытных боеприпасов три поразили заданные цели с высокой точностью. Четвертый снаряд приземлился в нескольких метрах от цели, но в пределах допустимой погрешности.

Все четыре снаряда выпустили из 120-миллиметрового миномета М327 (Rifled Towed Mortar), стоящего на вооружении Корпуса морской пехоты (КМП) США. Испытания признаны успешными.

Корректируемые мины PERM Raytheon разрабатывает совместно с израильской компанией Israeli Military Industries. До конца года, как ожидается, в интересах КМП США испытают еще 42 таких боеприпаса. Завершить разработку проекта планируется в 2015 году. В описании проекта PERM говорится, что высокая эффективность боеприпаса достигается одновременно за счет корректирования траектории мины по GPS и аэродинамических характеристик самого снаряда.

Эффективная дальность PERM по плану вдвое превышает характеристики стандартных минометных боеприпасов М327. Испытания продемонстрировали высокий уровень интеграции систем контроля, навигации и управления боеприпаса.

<http://raytheon.mediaroom.com/index.php?s=43&item=2695>

<http://lenta.ru/news/2014/12/02/perm/>

### **Требования к системе «ЭРА-ГЛОНАСС» выбраны международным стандартом**

Технические требования российской системы экстренного реагирования при авариях на дорогах «ЭРА-ГЛОНАСС» превзошли аналог eCall и выбраны специалистами в качестве стандарта, заявил на конференции «Умное страхование» вице-президент по развитию НП «ГЛОНАСС» Евгений Белянко. «Именно российский стандарт «ЭРА-ГЛОНАСС» сейчас взят техническим комитетом Европейской экономической комиссии ООН по разработке международных правил безопасности автомобильной промышленности в качестве основной модели, а не стандарты eCall», — сказал он. Е. Белянко напомнил, что российская система «ЭРА-ГЛОНАСС» гармонизирована со стандартами европейской системы eCall, что подтверждено многократными тестами. При этом надежность российской системы выше. В частности, этого удалось добиться за счет внедрения резервного канала связи.

<http://vestnik-glonass.ru/news/corp/tekhtrebovaniya-k-rossiyskoy-sisteme-vybrany-mezhdunarodnym-standartom/> 4.11.2014

### **Вооруженные силы оснащаются ГЛОНАСС**

Более 40 тысяч комплектов навигационной аппаратуры поставлено в Вооруженные силы РФ, сообщил начальник Военно-топографического управления

Генерального штаба Вооруженных сил Российской Федерации контр-адмирал Сергей Козлов.

«В войска уже поставлены более 40 тысяч комплектов такой аппаратуры. Причем современная аппаратура спутниковой навигации оснащена системами, позволяющими визуализировать электронные топографические карты на экране навигационного приемника («Орион», «Грот-М»), — говорит он. Навигационная аппаратура не является сейчас предметом экипировки каждого солдата, но это дело весьма не далекого будущего, отметил С. Козлов.

Фактическая обеспеченность Вооруженных сил РФ современными образцами навигационной аппаратуры в 2012 году составляла 50%, в 2014 году составляет 85%. Прогноз обеспеченности Вооруженных сил РФ аппаратурой спутниковой навигации и средствами функциональных дополнений до 2020 года составляет 100%, пояснил он.

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/vooruzhennye-sily-osnashchayutsya-glonass/> 08.12.2014

### **Подписано соглашение о дальнейшем развитии ГЛОНАСС**

5 декабря в рамках традиционной «Транспортной недели», проводимой Министерством транспорта РФ, было заключено межведомственное соглашение по поддержанию, развитию и использованию системы ГЛОНАСС. В подписании соглашения со стороны Роскосмоса участие принял руководитель — Олег Николаевич Остапенко.

Целью заключенного соглашения является повышение эффективности использования объектов гражданской инфраструктуры ГЛОНАСС в интересах развития координатно-временного и навигационного обеспечения Российской Федерации и международного сотрудничества в области спутниковой навигации. Приоритетными направлениями взаимодействия станут:

- интеграция ресурсов ведомственных сетей слежения за сигналами глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в целях улучшения характеристик координатно-временного и навигационного обеспечения на территории Российской Федерации с использованием системы ГЛОНАСС, а также повышения безопасности и эффективности работы различных видов транспорта;
- проведение согласованной технической политики в части программного, технического и информационного обеспечения функционирования наземных комплексов для эффективного использования системы ГЛОНАСС;
- создание распределенного центра сбора, хранения, применения и предоставления заинтересованным потребителям информации о состоянии ГНСС;
- реализация политики Российской Федерации в области создания условий для продвижения отечественных навигационных технологий на основе системы ГЛОНАСС за рубежом.

Благодаря достигнутому межведомственному соглашению будет осуществляться дальнейшее совершенствование отдельных аспектов функционирования ГЛОНАСС, что сделает сервисы российской навигационной системы более привлекательными не только для отечественного, но и международного рынка.

Транспортная неделя — это ежегодное деловое событие, включающее серию общероссийских и международных мероприятий по проблематике транспорта. Это один из крупнейших российских форумов, посвященных проблематике развития и совершенствования транспортной системы страны. Мероприятие проводится на протяжении вот уже семи лет Министерством транспорта Российской Федерации.

<http://www.federalsspace.ru/21176/>

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=102408.12.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=102408.12.2014)

### **Спутник Galileo выведен на целевую орбиту и передаёт навигационные радиосигналы**

Пятый космический аппарат (КА) европейской навигационной спутниковой системы Galileo, один из двух аппаратов, выведенных на неправильную орбиту 22 августа 2014 г., передал свой первый навигационный сигнал 29 ноября 2014 после выхода на целевую орбиту.

По данным Европейского космического агентства (ЕКА) в настоящее время спутник достиг орбиты, на которой он может использоваться в навигационных целях.

Космические аппараты Galileo, запущенные 22 августа 2014 года, получили существенно вытянутые орбиты с большими эксцентриситетами, перигей и апогей которых были соответственно 13713 км и 25900 км. Кроме того, реальные плоскости орбит отклонялись от номинала более, чем на 3000 км. Заметим, что номинальная орбита должна быть круговой, высота которой 23222 км, а наклонение 55°. В течение 17 дней выполнено 11 манёвров, которые постепенно перемещали пятый спутник (Galileo-FOC FM1), поднимая перигей орбиты. В результате, перигей орбиты удалось поднять приблизительно на 3500 км, что сделало орбиту более круговой. Выполнение манёвров осуществлялось в Центре управления Galileo в Оберпфaffenхофене (Германия) по расчётам Европейского центра управления космическими полётами (ESOC), расположенного в Дармштадте и Национального центра космических исследований CNES, Франция.

Команды передавались на борт КА с помощью наземных командных станций, координация которых осуществлялась из CNES. В орбитальных манёврах экспертная помощь была оказана компанией ОНВ, которая вела их заводскую сборку. В процессе работ специалисты ESA-CNES поддерживали ориентацию КА Galileo на Солнце, используя бортовые гироскопы и солнечные датчики. Хотя ориентация объектов была достаточно устойчивой, тем не менее, навигационные задачи они выполняли ненадёжно.

После этапа до выведения на целевую орбиту антенна пятого КА Galileo FOC FM1 была стабильно сориентирована на Землю, а навигационные сигналы этого КА уже могут использоваться в навигационных задачах.

29 ноября был введён в работу блок формирования навигационного сигнала КА, после чего начались лётные испытания, которые проводятся в бельгийском филиале REDU ЕКА. С помощью 20-метровых антенн в этом центре изучат с высоким разрешением силу и форму навигационных сигналов. Первый навигационный сигнал Galileo, передаваемый в трех частотных диапазонах (E5 / E6 / L1) зафиксирован приёмниками, размещёнными в различных местах в Европе, а именно в Redu (B), ESTEC (NL), Weilheim (D) и Рим (I). Качество сигнала хорошее и соответствовало ожиданиям. Такие же манёвры до выведения запланированы для шестого КА из той же орбитальной плоскости в оппозитной точке.

Решение об использовании двух спутников Galileo по целевому назначению в составе орбитальной группировки будет принято Европейской комиссией на основании результатов испытаний.

Следующий запуск двух космических аппаратов Galileo FOC на борту ракеты-носителя Союз может состояться в феврале 2015 года.

В сентябре-октябре 2015 года планируется запуск с помощью ракеты-носителя Ариан 5. Модифицированная ракета-носитель Ариан способна вывести на орбиту до четырех спутников одновременно.

<http://www.insidegnss.com/node/4327>

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=102608.12.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=102608.12.2014)

### **Российские стандарты для устройств «ЭРА-ГЛОНАСС» включены в перечень стандартов Техрегламента Таможенного союза**

Евразийская экономическая комиссия утвердила изменения в перечни стандартов для применения Технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС-018-2011), включающие, в том числе национальные стандарты по системе экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС». Некоммерческое партнерство «ГЛОНАСС» разработало указанные стандарты и ведет активную работу по совершенствованию нормативно-технической базы в сфере применения навигационных технологий.

Новые изменения затронули Перечень стандартов потребностям: в него включены ГОСТ Р 54619-2011 (требования по протоколам обмена данными) и ГОСТ Р 54620-2011 (ОТТ к системам/устройствам вызова экстренных оперативных служб-терминалов «ЭРА-ГЛОНАСС»). При этом ГОСТ Р 54620 применяется за исключением пунктов 8.1.17 и И.2 (приложение И). В Перечень стандартов по методам испытаний включены: ГОСТ Р 54618-2011 (испытания на ЭМС, стойкость к климатическим и механическим

воздействиям), ГОСТ Р 55530-2013 (методы функционального тестирования), ГОСТ Р 55531-2013 (качество звука), ГОСТ Р 55532-2013 (испытания по моменту аварии), ГОСТ Р 55533-2013 (испытания модулей связи), ГОСТ Р 55534-2013 (испытания навигационных модулей) и ГОСТ Р 55533-2013 (испытания модулей связи). При этом ГОСТ Р 55531 и ГОСТ Р 55534 применяются за исключением пунктов, устанавливающих методы испытаний на соответствие требованиям, исключенным из ГОСТ Р 54620. А ГОСТ Р 55533 применяется в объеме требований раздела 6 для испытаний аппаратуры спутниковой навигации.

Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» вступает в силу с 1 января 2015 года. Техническое регулирование в отношении колесных транспортных средств осуществляется в целях обеспечения социально приемлемого уровня их безопасности, а также выполнения государствами — членами Таможенного союза своих обязательств, вытекающих из участия в международных соглашениях в сфере безопасности колесных транспортных средств. Требования технического регламента гармонизированы с требованиями Правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (Правила ЕЭК ООН).

30 января 2013 года внесены изменения в технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011), которые определяют порядок оснащения транспортных средств системами/устройствами вызова экстренных оперативных служб — терминалами «ЭРА-ГЛОНАСС», устанавливают существенные требования к терминалам и определяют форму подтверждения соответствия.

С января 2015 года транспортные средства, впервые проходящие процедуру одобрения типа на соответствие требованиям технического регламента с учетом внесенных изменений, должны быть оснащены терминалами «ЭРА-ГЛОНАСС». С 2016 года терминалами оснащаются транспортные средства, используемые для коммерческой перевозки пассажиров, детей в возрасте от 6 до 16 лет и перевозки опасных грузов, твердых бытовых отходов и мусора (мусоровозы), а также тягачи, используемые для буксировки прицепов, перевозящих опасные грузы, выпускаемые в обращение на территории стран Таможенного союза. С 2017 года терминалами «ЭРА-ГЛОНАСС» должны быть оснащены все транспортные средства, выпускаемые в обращение на территории стран Таможенного союза.

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/rossiyskie-standarty-dlya-ustroystv-eraglonass-vklyucheny-v-perechen-standartov-tekhreglamenta-tamozh/>  
09.12.2014

## Предварительные работы по интеграции систем ЭРА-ГЛОНАСС и «Гонец»

Предварительные работы по интеграции государственной системы экстренного реагирования при авариях ЭРА-ГЛОНАСС и российской спутниковой

системы связи «Гонец» уже проведены. Об этом журналистам сообщил главный аналитик некоммерческого партнерства ГЛОНАСС Андрей Ионин. «Интегрированные терминалы ЭРА-ГЛОНАСС и «Гонец» планируется использовать на транспортных средствах, которые эксплуатируются в основном там, где нет сплошного покрытия мобильной связи, например в малонаселенных или труднодоступных регионах, — сказал он. — Сюда также можно отнести весь транспорт, задействованный при лесозаготовках, на нефтяных или газовых месторождениях. Или тогда, когда есть особые, максимально высокие требования к надежности доставки экстренного вызова, например для автомобилей, перевозящих опасные грузы». Такое интегрированное устройство также может заинтересовать рыбаков и туристов, добавил Ионин. По его словам, «в следующем году планируется перейти к полномасштабной интеграции систем и созданию потребительского оборудования».

«Гонец» — российская система спутниковой связи. По состоянию на четвертый квартал этого года ее группировка состоит из десяти космических аппаратов. На начало 2015 года запланирован запуск еще трех спутников «Гонец-М». ЭРА-ГЛОНАСС призвана сократить время начала оказания помощи пострадавшим в ДТП до 30%, что позволит ежегодно спасать более 4 тыс. человек.

<http://itar-tass.com/kosmos/1630621>

[http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=102709.12.2014](http://www.glonass-center.ru/content/news/?ELEMENT_ID=102709.12.2014)

## Минобороны США ищет источники финансирования 50000 приемников eLogan

Как кивок в сторону полезности международной усиленной системы Logan (eLogan) Министерство обороны США в январе начало поиск компаний, способных поставить примерно 50000 приемников eLogan. Между тем, межотраслевая команда продолжает набрасывать структуру потенциальной системы eLogan в США для федеральных официальных лиц, взвешивая возможности перезапуска программы в качестве резерва для GPS.

Озабоченное уязвимостями GPS, Минобороны проявляет все больший интерес к приобретению способности пользоваться почти полностью устойчивым к активным помехам «альтернативным сигналом» eLogan в Европе, Южной Корее и других странах. Даже НАТО присматривается к проблеме и в декабре заслушало краткое представление технологии.

В среду (14 января, 2015) Армия выпустила запрос на информацию (RFI — request for information) «Поиск источников» о потенциальных поставщиках приемников. Объявление делает очевидным, что финансирования на покупку аппаратуры пока нет, но оно также сообщает, что данные могут быть использованы в стратегии разработки

и приобретения. Ответы на обращение ожидаются к 13 февраля.

Официальные представители запрашивают информацию как по приемникам чисто eLogan, так и по интегрированным приемникам eLogan и GPS. Более конкретно они ищут данные о габаритах, весе, мощности и цене приемников eLogan, разработанных для моря, авиации, автотранспорта и определения времени.

Менеджеры по закупкам также хотят знать об антеннах, как скоро приемники могут быть продемонстрированы, о потенциале передачи данных по информационному каналу eLogan и о возможности ориентирования по одному сигналу, когда приемник неподвижен. Они сообщили предполагаемым поставщикам при расчете порядка величины цены за единицу продукции исходить из количества примерно 50000 приемников.

Возможно, еще более заинтересует предполагаемых продавцов, что Армия просит поставщиков посмотреть, как они смогут усовершенствовать конструкцию своего приемника после пятилетней программы развития. Помимо выдвижения указанных выше характеристик и возможностей Армия хочет знать о совершенствовании слежения за сигналом в условиях, где GPS часто недоступна, таких как внутри зданий, под водой и в городской среде.

Запрос на информацию RFI вышел, когда гражданские и военные официальные лица подготовились к встрече по разработке концепции эксплуатации системы eLogan в Соединенных Штатах. Когда это будет сделано, документ CONOPS изложит, как система будет эксплуатироваться и кем. Источник, знакомый с этой работой, сообщил, что это необходимый шаг перед выработкой решения, принимать ли эту программу, и он позволит определить, сколько система будет стоить.

В прошедшем году eLogan обрела более широкую поддержку в других странах, на Капитолийском холме, в промышленности и навигационном сообществе. В большинстве подходов нацеливаются на новое использование некоторого оставшегося имущества старой системы Logan, которую президент Обама приказал закрыть в 2010 г.

Стоимость была ключевым барьером. Хотя eLogan широко поддержана в качестве практической и экономически эффективной резервной системы экспертами, включая Национальный консультативный комитет по КВНО космического базирования, и многие ведомства согласны использовать ее, ни одна правительственная организация не желала взять на себя финансовые обязательства по программе. Однако опасения по поводу активных помех и растущее понимание того, как GPS, особенно ее временная информация GPS, проникли в критичные инфраструктуры, могут оказаться достаточными для толчка в преодолении финансовых барьеров.

Хотя он и не находится в прямой связи, активно ожидавшийся сторонниками eLogan в Соединенных Штатах запрос Армии рассматривается как плюс.

«Эффект запроса определенно положителен для нас просто потому, что этот факт свидетельствует, что Минобороны заинтересовался технологией», — сказал источник журналу Inside GNSS. «Минобороны, как всегда, — сказали они, — выходит, чтобы посмотреть на искусство возможного».

*Ди Энн Дивис*

<http://www.insidegnss.com/node/437216.01.2015>

## **Второй спутник ГЛОНАСС нового поколения прошел доработку по результатам полета первого аппарата**

Результаты летных испытаний первого навигационного спутника нового поколения «Глонасс-К1» легли в основу доработки второго аппарата «Глонасс-К2», отправленного на орбиту 1-го декабря, сообщил гендиректор ОАО «Информационные спутниковые системы» Николай Тестоедов. «Первый летный навигационный аппарат негерметичного исполнения показал те сложности, с которыми мы столкнулись при переходе к новым приборам, новым точностям. По результатам летных испытаний, мы провели очень глубокую доработку того экземпляра, который оставался на Земле и который мы запустили 1 декабря», — сказал Н. Тестоедов. Он отметил, что второй спутник линейки «Глонасс-К1» для ИСС очень важен.

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/vtoroy-sputnik-glonass-novogo-pokoleniya-proshel-dorabotku-po-rezultatam-poleta-pervogo-apparata/12.12.2014>

[http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=1039](http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT_ID=1039)

## **Будет построено еще 9 спутников «Глонасс-К1»**

Спутникостроительное предприятие «Информационные спутниковые системы» изготовит еще девять космических аппаратов серии «Глонасс-К1», сообщил гендиректор предприятия Николай Тестоедов. «Чтобы плавно перейти к группировке с многофункциональными, очень сложными спутниками «Глонасс-К2», решено несколько продолжить промежуточную линейку спутников «Глонасс-К1» и мы готовим к запуску девять аппаратов этой серии», — сказал он. Он напомнил, что первоначально планировалось запустить всего два спутника «Глонасс-К1» и потом перейти на спутники «Глонасс-К2». «Вначале, действительно, мы хотели после двух спутников «Глонасс-К» № 11 и № 12 перейти к запуску более совершенных аппаратов «Глонасс-К2». Но, к сожалению, планы пришлось несколько скорректировать. Во-первых, из-за санкционных ограничений на поставку в Россию западной радиационностойкой электронной компонентной базы. Мы вынуждены провести глубокую

переработку технической и технологической документации, что сдвигает нас по срокам, как минимум, на год-два»,— сказал гендиректор.

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/budet-postroeno-eshche-9-sputnikov-glonassk1/> 12.12.2014

[http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=1040](http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT_ID=1040)

### «Декабрьский» «Глонасс-К» введут в работу через полгода

«Специалисты компании «Информационные спутниковые системы» им. Решетнёва продолжают плановый послезапусковой комплекс работ с навигационным космическим аппаратом «Глонасс-К» № 12. «Первый сеанс коррекции орбиты «Глонасс-К» прошёл успешно. В настоящее время специалисты продолжают плановый послезапусковой комплекс работ с аппаратом. Прежде чем вступить в штатную эксплуатацию, «Глонасс-К» № 12 на протяжении шести месяцев после запуска будет проходить лётные испытания. За это время специалисты убедятся в стабильной работе всех служебных систем спутника, а также проверят функционирование его целевой аппаратуры»,— говорится в газете «Сибирский спутник». По окончании лётных испытаний «Глонасс-К» № 12 заменит собой один из аппаратов «Глонасс-М», который будет выведен в резерв группировки ГЛОНАСС. Спутник был выведен на орбиту 1 декабря.

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/dekabrskiy-glonassk-vvedut-v-rabotu-cherez-polgoda/> 16.12.2014

[http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT\\_ID=1043](http://glonass-iac.ru/content/news/?ELEMENT_ID=1043)

### В Калуге открыт Центр по работе с системой «112»

Государственная комиссия приступила к испытаниям системы «112» города Калуги, которые начались с открытия Центра обработки вызовов экстренных оперативных служб.

«Региональная система «112» первая в Российской Федерации сопряжена с системой экстренного реагирования на автомобильные аварии, использующей технологии глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС. Кроме того, сопряжение региональной системы «112» с сервисом «Все эвакуаторы

России» позволяет в кратчайшие сроки вызвать в любую точку Калужской области автомобильный эвакуатор, позвонив по телефону «112»,— сказал заместитель губернатора Калужской области Юрий Кожевников. Он отметил, что опытная эксплуатация системы осуществлялась в период с 1 по 10 декабря 2014 года.

<http://vestnik-glonass.ru/news/tech/v-kaluge-otkryt-tsentr-po-rabote-s-sistemoy-112/> 19.12.2014

### В Японии будет создана собственная система космического позиционирования

Правительство Японии намерено создать собственную национальную систему космического позиционирования в дополнение к российской ГЛОНАСС и американской GPS. Она будет основываться на семи геостационарных спутниках и начнет функционировать в 2023 году, сообщила ведущая деловая газета страны Nikkei. Как отмечает издание, решение о создании собственной системы позиционирования будет включено в новую 10-летнюю космическую программу Японии, реализация которой начнется весной следующего года. Первый спутник новой системы под названием «Митибики» («Указывающий путь») был запущен в сентябре 2010 года. К весне 2018 года заработают уже четыре аппарата такого типа. Они будут представлять собой группировку, которая сможет выполнять некоторые функции позиционирования. Ее предполагается использовать в сочетании с данными, получаемыми с американских спутников.

На данный момент все японские навигационные системы полностью основаны на данных GPS. Ими же пользуются, в частности, и устройства наведения в вооруженных силах страны. В Токио считают, что это создает потенциальную угрозу национальной безопасности в случае каких-либо сбоев в работе американской системы.

ТОКИО, 22 декабря. /

Корр. ТАСС Василий Головин /

<http://itar-tass.com/kosmos/166376322.12.2014>

*Примечание редакции: Геосинхронный спутник «Митибики» («Мичибики») входит в состав японской Квазизенитной спутниковой системы (QZSS) (Оперативная информация. Новости навигации, 2011, №1).*



# IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС «ЭРА-ГЛОНАСС»

## IV INTERNATIONAL CONGRESS ERA-GLONASS

8 октября 2014 года в Центре международной торговли, г. Москва, прошел IV Международный конгресс «ЭРА-ГЛОНАСС». Современные технологии для обеспечения безопасности и комфорта на дорогах». Форум



организовал и провел Федеральный сетевой оператор в сфере навигационной деятельности НП «ГЛОНАСС»

С приветственным словом работу Конгресса открыл Владимир Михайлович Кононов, первый заместитель председателя комитета Государственной думы Российской Федерации по науке и наукоёмким технологиям. Он отметил, что 23 октября 2013 года Госдума приняла федеральный закон «О Государственной автоматизированной информационной системе «ЭРА-ГЛОНАСС», а с 1 января 2014 года он вступил в силу. «В нашей стране очень редко информационные системы вводятся в действие посредством принятия специального закона. Это говорит о большом значении, которое государство придает проекту «ЭРА-ГЛОНАСС», — подчеркнул он и выделил главные ожидаемые результаты от внедрения системы: спасение жизни и сокращение количества необратимых увечий, снижение затрат на ликвидацию последствий аварий, формирование нового массового рынка навигационно-информационных услуг на базе технологий ГЛОНАСС.

Алексей Константинович Семенов, Директор департамента программ развития Министерства транспорта Российской Федерации, подтвердил, что система «ЭРА-ГЛОНАСС», как и планировалось, будет введена в постоянную эксплуатацию с января 2015, и заявил, что услугами системы будут обеспечены самые отдаленные регионы, а готовые решения «ЭРА-ГЛОНАСС» могут быть экспортированы в любые страны. Так же он особо подчеркнул, что «Президентом РФ принято основное решение по развитию системы «ЭРА-ГЛОНАСС». В этих целях создается специальное ОАО «ГЛОНАСС», которому будет передана система в полном составе, весь имущественный комплекс в полном объеме».

Людмила Валентина Юрасова, вице-президент НП «ГЛОНАСС», рассказала о проделанной работе по созданию инфраструктуры, разработке нормативно-правовой и нормативно-технической базы,

взаимодействию с производителями оборудования, автопроизводителями, органами государственной власти. В своем докладе она отметила, что «Сегодня, за 84 дня до ввода в промышленную эксплуатацию, система прошла испы-

тания и функционирует на территории 83 субъектов Российской Федерации. Время доставки информации о ДТП составляет не более 20 секунд, а в среднем это время составляет 10 секунд».

«Началась активная работа по гармонизации стандартов Таможенного союза и Китайской Народной Республики. Предстоит большая работа, мы в начале пути, но надеемся, что результат будет такой же положительный, как и по гармонизации с европейской системой eCall», — поделилась планами Людмила Валентиновна.

В рамках конгресса прошли пять круглых столов и панельных дискуссий. Участники конгресса обсудили актуальные вопросы реализации и эксплуатации системы «ЭРА-ГЛОНАСС»: развертывание системы в России, ее нормативной правовой базы, взаимодействие со службами экстренного реагирования, развитие навигационно-информационных услуг на основе системы, роль мобильных операторов в проекте, взаимодействие при создании систем экстренного реагирования на территории Казахстана и Беларуси, гармонизация российской системы с европейской eCALL, а так же с китайской Beidou, готовность автопроизводителей к внедрению системы «ЭРА-ГЛОНАСС».

В конгрессе приняли участие более 500 делегатов из 15 стран мира. В их числе руководители российских и зарубежных автоконцернов, таких как BMW, Mercedes Benz, Volvo, Ford, Toyota, АВТОВАЗ, КАМАЗ, ГАЗ, операторы мобильной связи («МТС», «Билайн», «МегаФон»), производители компонентной базы и автомобильной электроники, а также представители российских и европейских специалистов в области технического регулирования.

**Пресс-служба ООО «ПрофКонференции»**

**+7 (495) 66-324-66**

**office@proconf.ru**



# VI МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ

## Пресс-релиз

### VI MOSCOW INTERNATIONAL CONGRESS ON INTELLECTUAL TRANSPORTATION SYSTEMS

5 ноября 2014 в Москве, в Конгресс-центре Торгово-промышленной палаты Российской Федерации состоялся VI Московский Международный Конгресс по интеллектуальным транспортным системам, который был организован по инициативе Союза транспортников России при официальной поддержке Государственной думы Российской Федерации, Министерства транспорта Российской Федерации и Торгово-промышленной палаты Российской Федерации. Оператором Конгресса выступила компания «Партнерство международное деловое сотрудничество».

Целью проведения Конгресса явилось формирование консолидированной позиции экспертного сообщества, представителей бизнеса и органов государственной власти по вопросам модернизации транспортной инфраструктуры и инновационного развития экономики за счет активного внедрения интеллектуальных транспортных систем.

В Конгрессе приняли участие представители Министерства транспорта РФ, Союза транспортников России, депутаты Государственной думы, руководители ведущих российских транспортных и логистических компаний, финансовых институтов, разработчики комплексных информационных систем на транспорте, отраслевые общественные организации и представители науки. Всего Конгресс собрал около 200 участников, среди которых были руководители транспортных ведомств 11 субъектов Российской Федерации. Зарубежные страны были представлены участниками из Австрии, Великобритании, Германии, Нидерландов, Сингапура, США, Финляндии, Франции и Южной Кореи.

В приветствии от имени Торгово-промышленной палаты президент ТПП Сергей Катырин отметил, что в связи с ростом количества автотранспорта в российских мегаполисах растет роль интеллектуальных транспортных систем, являющихся одним из ключевых факторов экономического роста страны. Они определяют вектор перехода российской промышленности на инновационную модель развития и устойчивого роста. Далее он предоставил слово иностранным участникам Конгресса.

Жозеф А. Жако, председатель комитета по вопросам политики в сфере ИТС Международной дорожной

ассоциации (Женева), вице-президент по развитию международного бизнеса Kapsch TrafficCom, выделил активное участие России в формировании собственных интеллектуальных транспортных систем, отметил, что ИТС находятся вне политической плоскости. «ИТС далеки от политики, так как главными приоритетами внедрения интеллектуальных технологий в транспортную и дорожную инфраструктуры является обеспечение безопасности и экономия средств. Европа нацелена на строительство первоклассных дорог и путей сообщения между европейскими странами и Россией. 10–20 лет назад ИТС начали свое становление с идеи разработки решения для улучшения экологической ситуации. И на данный момент уже видна экономическая эффективность в виде роста 1–2% ВВП, что значимо для европейских стран, так как это огромная сумма денег. При том что инвестиции в ИТС составляют лишь 5–7%», — заключил господин Жако.

Франк Шауфф, генеральный директор Ассоциации европейского бизнеса, сфокусировал внимание собравшихся на некоторых инфраструктурных ограничениях, которые, по его мнению, могут стать серьезными препятствиями на пути развития логистического рынка России. Особенно господин Шауфф выделил возможное введение платы за проезд грузовых автомобилей, имеющих максимальную разрешенную массу более 12т., по дорогам общего пользования федерального значения. Использование такого инструмента способно существенно увеличить себестоимость перевозок, что скажется на стоимости товаров и услуг. Кроме того, по-прежнему, у членов АЕБ вызывают серьезную озабоченность действующие в России ограничения по применению Таможенной конвенции о международной перевозке грузов с применением книжки МДП.

Председатель комитета Государственной думы по транспорту Евгений Москвичев подчеркнул, что ИТС для государства — это универсальный инструмент по обеспечению безопасности на транспорте, увеличению скорости транспортных потоков, а также снижению транспортной составляющей в цене любого товара. Развитие рынка ИТС в России требует законодательного и нормативно-технического обеспечения, мотивации на всех этапах научно-исследовательских разработок и внедрения ИТС. Именно

интеллектуальные транспортные системы на основе системы «ГЛОНАСС», полагает Евгений Москвичев, могут в кратчайшие сроки обеспечить и продемонстрировать реальный результат модернизационных процессов, проходящих сегодня в России.

Заместитель министра транспорта РФ Алексей Цыденов подчеркнул важность ИТС для повышения инвестиционной привлекательности России. «Конгресс дал нам возможность с профессиональным сообществом обсудить тему ИТС, которая в последнее время приобретает все большую важность. Минтранс четко понимает, что для развития городских транспортных систем, повышения инвестиционной привлекательности страны в целом и транспортной отрасли в частности требуется применение самых современных технологий. Работа в этом направлении некоторое время уже ведется, — отметил Алексей Цыденов. — С целью формирования нормативно-правовой базы, а также развития практики внедрения ИТС при строительстве и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры Минтрансом был создан экспертный совет по интеллектуальным транспортным системам, в состав которого входят и ученые, и практики, и представители органов власти».

Далее выступил заместитель министра информатизации и связи Республики Татарстан Анатолий Геллер, ознакомивший участников конгресса с некоторыми положительными результатами внедрения ИТС в Татарстане. «Я рад, что удалось услышать мнение представителей транспортной отрасли. Московский Конгресс по ИТС — очень важное мероприятие. Это не просто площадка для обмена мнениями. Конгресс позволяет выработать консолидированную позицию участников рынка интеллектуальных транспортных систем по широкому спектру вопросов, включая закон об ИТС, — отметил Анатолий Геллер. — Чем больше будет подобных мероприятий, тем сильнее будет отрасль. Надеюсь, в следующий раз мы соберемся в Казани. Принятие закона об ИТС, конечно, созрело. Рынок в нем заинтересован, и Конгресс это лишний раз доказал».

«Впервые, на мой взгляд, полноценно ставится вопрос о необходимости и форме государственного регулирования в сфере ИТС. Настолько полноценно, полно, правильно и компетентно он не ставился ранее никем и никогда в России. Тот факт, что Конгресс курирует комитет Государственной думы по транспорту, на мой взгляд, очень мощный фактор, повышающий шансы перехода от инициативных разработок к государственному заказу о разработке такого законопроекта. Дальше все будет зависеть от того, насколько компетентны юристы и технические специалисты, которые будут участвовать в этом процессе», — отметил профессор МАДИ Султан Жанказиев.

В рамках Конгресса состоялось несколько тематических сессий, посвященных вопросам внедрения интеллектуальных транспортных систем для повышения мобильности и обеспечения безопасности на транспортных коммуникациях, оптимизации цепей поставок с использованием инновационных технологий, использования ИТС для устойчивого развития дорожного движения и строительства дорожной инфраструктуры, а также практического применения спутниковых навигационных технологий в системах мониторинга, контроля и управления транспортной отраслью.

Конгресс сопровождался экспозицией, на которой представили результаты своей работы в области ИТС Ассоциация европейского бизнеса, Ассоциация «ГЛОНАСС-Форум», Ассоциация «Разумный город», компании «Сименс» и «Информ Стандарт».

Партнерами мероприятия стали компании Kapsch TrafficCom (Австрия) и Samsung Enterprise Rus Company.

По итогам работы Пленарного заседания и тематических сессий Редакционная комиссия обобщит выданные предложения и подготовит окончательную редакцию Резолюции Конгресса, которая будет направлена организаторам и участникам.

*Даниил Скидан*

*Коммуникационное агентство «Лонгмедиа»*

*тел./факс: (495) 609-67-66*



## НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НАУЧНОЕ И КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ»

### CONFERENCE «SCIENTIFIC AND PERSONNEL SUPPORT OF THE FOOD SECURITY OF RUSSIA»

3 декабря 2014 года в рамках научной конференции «Научное и кадровое обеспечение продовольственной безопасности России» прошло секционное заседание «Навигационные технологии в сельском хозяйстве» кафедры «Технологии и машины в растениеводстве» и Подкомитета ПК8 «Радионавигационные

средства и системы управления в сельском хозяйстве» Технического комитета ТК363 «Радионавигация» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

На секции были представлены научные доклады сотрудников РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,



В работе научной секции приняли участие представители Министерства сельского хозяйства РФ, ОАО «Российские космические системы», ООО «Навигационные решения», ООО «Конти Сателлит», Ассоциации ГЛОНАСС/ГНСС-Форум, а также студенты, магистры, аспиранты и сотрудники РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева и ФГБНУ ВИМ.

Спонсором мероприятия выступила российская торгово-производственная компания «AGA», предоставившая докладчикам небольшие подарки на автомобильную тематику.

В рамках работы научной секции также было проведено заседание подкомитета ПК8

ОАО «Научно-технический центр современных навигационных технологий «Интернавигация», ЗАО «Конструкторское бюро НАВИС», ООО «ИнфоБиС» и НИИ Прикладной телематики, ФГБНУ ВИМ, а также ООО «Амазоне».

В докладах были освещены основные проблемы применения навигационных технологий в сельском хозяйстве Российской Федерации, описана опытно-конструкторская работа по созданию навигационно-информационной системы «точного земледелия» проводимая в рамках Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников Содружества Независимых Государств на период до 2016 года, информационного обеспечения координатного земледелия; автоматизация работы прицепных сельскохозяйственных машин; обоснованию требований к качеству выполнения технологических операций дифференцированного внесения удобрений и системам позиционирования, а также разработки национальных стандартов и опыту работы РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева в этой области. Особое место в докладах было уделено навигационным технологиям на базе ГНСС ГЛОНАСС, как одного из направлений импортозамещения в сельском хозяйстве.

«Радионавигационные средства и системы управления в сельском хозяйстве», посвященное программе разработки национальных стандартов в области координатного земледелия на основе ГНСС ГЛОНАСС на период 2015–2021 годов.

По итогам работы научной секции и заседания ПК8 единогласно принято следующее решение:

1. Отметить высокий уровень проведения научной секции «Навигационные технологии в сельском хозяйстве», актуальность и научно-практическую значимость результатов представленных докладов для развития сельского хозяйства Российской Федерации.
2. Рекомендовать членам ПК8 активнее принимать участие в разработке национальных стандартов с привлечением дополнительных финансовых средств из различных бюджетных и частных источников.
3. Рассмотреть возможность организации и проведения на базе РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева ежегодной международной научно-практической конференции по данной тематике, для чего обратиться в Минсельхоз РФ с предложением о софинансировании данного мероприятия.



## К 70-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ОАО «АЭРОПРИБОР-ВОСХОД»

70<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF «AEROPRIBOR-VOSKHOD»

14 июля 2014 года исполнилось 70 лет со дня основания ОАО «Аэроприбор-Восход». Без аэрометрических приборов измерения воздушно-скоростных параметров предприятия не обходится ни один отечественный самолет.

14 июля 1944 года заместитель Народного комиссара авиационной промышленности (НКАП) СССР Александр Яковлев подписал Приказ № 431: «Организовать... опытно-конструкторское бюро при заводе № 133 – anerоидно-мембранных, трубчато-пружинных и сильфонных приборов». Так родилось предприятие «Опытно-конструкторское бюро ОКБ-3», носящее сегодня название ОАО «Аэроприбор-Восход».



Н. К. Матвеев

Возглавил предприятие Николай Константинович Матвеев. Именно с его именем связано образование конструкторского бюро и его развитие в течение первых 15 лет.

До этого назначения за плечами Николая Константиновича были учёба в Императорском Строгановском училище, фронты первой мировой войны и работа на предприятиях авиационной промышленности, где он прошел путь от техника до начальника лаборатории. В 1936 году, находясь в должности начальника научно-исследовательской лаборатории НИИ-12, Н. К. Матвеев был командирован в США для изучения производства сильфонов и области их применения. Результатом этой трехмесячной командировки явилось не только всестороннее изучение конструкции и технологии производства современных мембранных приборов, но и приобретение более 200 патентов по соответствующей тематике.

Название «Опытно-конструкторское бюро ОКБ-3» просуществовало до 1947 года. В дальнейшем оно несколько раз переименовывалось: с 1947 по 1953 год оно называлось «Опытно-конструкторским бюро ОКБ-133», а с 1953 по 1966 год – «Государственным союзным опытным конструкторским бюро ГС ОКБ-133».

В начале своей деятельности предприятие размещалось на территории завода 133, имело производственную площадь 438 кв.м. и численность персонала – 62 человека, в том числе: управленцев – 4, конструкторов – 9, лаборантов – 10, рабочих – 39. Ядром

коллектива ОКБ-3 стала группа специалистов сектора anerоидно-мембранных приборов центральной лаборатории завода № 213 и группа конструкторов того же завода, специализировавшихся на разработке авиационных приборов на основе упругих чувствительных элементов (УЧЭ).

С первых дней образования коллектив ОКБ-3 приступил к созданию образцов нового приборного оборудования. Уже в 1945 году проводились работы по созданию пилотажно – навигационных приборов, вариометр ВР-20, вариометр ВАР-30, указатель истинной высоты УИВ-45, двухстрелочный высотомер В-15,

указатель высоты и перепада давлений УВПД, указатель скорости УС-700, указатель истинной воздушной скорости УИС, сигнализатор пользования кислородом СПК, сигнализаторы опасного перепада давлений СПД-1, СПД-2, грузовой парашютный автомат ПАС-2, навигационный индикатор НИ-45.

Важное место в деятельности предприятий занимали также следующие направления:

- «Элементы автоматики, испытательная и регистрирующая аппаратура»;
- «Контроль и элементы автоматики реактивных двигателей»;
- «Контроль и элементы автоматики авиадвигателей внутреннего сгорания»;
- «Промышленные приборы».

В последующие годы структура предприятия адаптировалась к реальным планам работ, задаваемых НКАП. К 1949 году потребность отрасли в аэрометрических приборах обеспечила существенный рост численности коллектива ОКБ. Потребовалось изменение организационной структуры предприятия с целью реализации полного цикла работ: исследования, макетирование, конструкторская разработка, изготовление и испытания нового аэрометрического бортового оборудования летательных аппаратов.

В период 1946–1949 гг. были разработаны:

- по направлению пилотажно-навигационных приборов:
- высотомеры ВД-15А, ВД-20, В-15–30, В-5с и датчики высоты ДВ-50, ДВ-6, ДВ-2,5, ДВ-15;

- указатели и датчики скорости УС-700, УС-1200, КУС-1000, КУС-1200, КУС-1800, ДС-1000, ДС-1200;
- указатели и сигнализаторы числа М МА-0,95, М-46, Мс-15-М;
- указатели вертикальной скорости ВАР-30–3, ВАР-3-К, ВАР-75, ВАР-150, ВРМ;
- по направлению приборов двигательной, самолетной автоматики:
  - электрические дистанционные манометры ЭДМУ-1, ЭДМУ-3, ЭДМУ-М-3, ЭДМУ-6, ЭДМУ-15, ЭДМУ-80, ЭДМУ-М-120, ЭДМУ-М-Т1, ЭДМУ-М-Т2, 2ЭДМУ-15, 2ЭДМУ-80, 3ЭДМУ-М-3к, 3ЭДМУ-80;
  - датчики давления ДАД-1, ДАД-Ш, ЭДД, МРД, ДД;
  - мановакууметры 2МЗ–18, 2МБ-2, 2ММ-15, МВ-20, 2МВ-60;
  - указатели уровня жидкости УУЖК-50, УЖК;
  - датчик температуры ДТ;
  - моторные индикаторы 3ЭМИ-А, 3ЭМИ-Б, 4ЭМИ-А;
- по направлению приборов жизнеобеспечения экипажа в герметичной кабине:
  - расходомер воздуха РВУ;
  - высотный сигнализатор ВС-46;
  - индикатор потока ИП;
  - сигнализатор перепада давлений СПД.

Многие из перечисленных приборов успешно эксплуатируются на самолетах до настоящего времени.

Также в первые годы после образования ОКБ началась разработка приемников полного давления (ПВД). В 1946 году был создан приемник полного давления типа ТП, а в 1952 году – комбинированный измеритель воздушных давлений и аэродинамических углов ДУАС. Приемники типа ДУАС серийно производились на 2-м Московском приборостроительном заводе.

За большой личный вклад в создание приборного оборудования для образцов новой авиационно-космической техники Главный конструктор – начальник ОКБ-133 Николай Константинович Матвеев был удостоен высоких правительственных наград: ордена Красной Звезды (1945 г.), трех орденов Трудового Красного Знамени (1948 г., 1951 г. и 1956 г.), ордена Ленина (1953 г.). Ему была присуждена Сталинская премия 3-й степени (1949 г.), Сталинская премия 2-й степени (1951 и 1953 гг.).

В 1959 году Главным конструктором ОКБ был назначен известный к тому времени конструктор и ученый Рубен Григорьевич Чачикян. С его именем связано развитие и расширение тематики предприятия в направлении создания бортовых аэрометрических систем,

комплексов, систем повышения безопасности полетов и интегрированных средств отображения информации.

Заслуженный деятель науки и техники, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии Рубен Григорьевич Чачикян родился в 1910 году в Тифлисе. В 1930 году окончил Ленинградский машиностроительный институт и до войны работал в Ленинграде в Особом конструкторском бюро. В 1939 году Рубен Григорьевич разработал оригинальную систему автоматического управления (САУ) для автоматического взлета и посадки самолетов ТБ-3 и СБ, а во время боевых действий лично участвовал в первом боевом применении самолета ТБ-3, который управлялся по радиоканалу.

В должности Главного конструктора Московского приборостроительного конструкторского бюро (МПКБ) «Восход» (а именно так стало называться предприятие с 1966 года) Р. Г. Чачикян проработал до 1986 года. Под его руководством начатые в 1940-е годы работы по созданию пилотажно-навигационных механических аэрометрических приборов были продолжены. Кроме того, ОКБ приступило к разработке и электронных приборов, способных выполнять свои функции как при нормальной работе систем электропитания, так и в аварийном режиме.

Также был проведен большой объем исследовательских конструкторских работ, направленных на расширение диапазона и повышение точности измерения, поиск оптимальных по эргономике форм представления информации экипажу и создано многообразие приборов измерения барометрической высоты, вертикальной скорости, приборной и истинной скорости, указателей числа М.

В результате были созданы:

- двухстрелочный указатель УПСК-2 текущего значения приборной скорости и ее предельно допустимого на данном режиме полета значения;
- трехстрелочный указатель УПСК-3 текущего значения приборной, истинной воздушной скорости и предельно-допустимого на данном режиме полета значения приборной скорости;
  - высотометры с метровой шкалой ВД-10, ВД-25, ВД-28, ВДИ, ВДИ-30, ДВ-6, ДВ-15М, ДВ-30, ВТ-25, ВМ-3, ВМ-15;
  - высотометр парашютиста ВП;
  - высотометры с футовой шкалой ВМ-50, ВМФ50;
  - высотометр малых высот ВМВ;
  - вариометры ВР-5, ВРФ-6, ВР-10, ВАР-30, ВАР-75, ВАР-150, ВАР-300, ВР-10М;
  - указатели высоты и перепада давлений УВПД-5, УВПД-15, УВПД-20;
  - указатели скорости ДС-1000, ДС-1200, УС-150, УС-250, УС-450;



Р. Г. Чачикян

- указатели числа М М-2;
- указатели скорости и числа М КУС-3, КУС-Э, КУС-730/1100, КУС-1050, КУС-1200, КУС-1800, КУСИ-2000.

В 1966 году в КБ создается новый чувствительный элемент АЧЭ-286. Высокие метрологические характеристики АЧЭ-286 и механизма ВМК-15 обеспечили выполнение заданных требований и внедрение его в серийное производство на Ульяновском приборостроительном заводе. В дальнейшем чувствительный элемент и механизм ВМК-15 стали основой для разработки серии новых барометрических высотомеров типа ВБМ, соответствующих по точности измерения лучшим зарубежным образцам:

- ВБМ-1 – высотомер с пределом измерения высоты до 10 км;
- ВБМ-2 – высотомер с пределом измерения высоты до 15 км;
- ВБМ-2Ф – высотомер с пределом измерения высоты до 50000 футов;
- ВБФ-2 – высотомер многофункциональный с пределом измерения 15 км;
- ВБМ-3 – высотомер с пределом измерения 20 км;
- ВБМ-р – резервный высотомер с пределом измерения 15 км.

Высотомеры типа ВБМ были сертифицированы и предназначались для установки на всех типах отечественных самолетов того времени.

Под руководством Р. Г. Чачикяна были созданы системы парашютной автоматики, обеспечившие приземление первого космонавта планеты Ю. А. Гагарина и других космонавтов, а также барокомандные устройства обеспечения приземления всех наших космических кораблей. Одновременно были созданы автоматы системы катапультирования для всех самолетов-истребителей СССР.

Тогда же были созданы первые в Советском Союзе аналоговые системы воздушных сигналов (СВС).

В 1973 году на «Восходе» была начата разработка аналоговых информационных комплексов высотно-скоростных параметров, ИКВСП, для самолетов нового поколения и, в первую очередь, для широкофюзеляжного пассажирского самолета Ил-86. Комплекс ИКВСП-1-1 успешно прошел все виды наземных, летных испытаний и с 1980 года началась его штатная эксплуатация в составе самолетов Ил-86. В то же время были разработаны, отработаны

и введены в эксплуатацию модификации этого комплекса для самолетов Як-42, Ил-76, Ан-124, Ан-224, которые эксплуатируются и в наше время. А сам комплекс в конце 1970-х годов был внедрен в серийное производство на Ульяновском приборостроительном заводе.

В 1984 году для единого цифрового комплекса стандартного пилотажно-навигационного оборудования, КСЦПНО, для пассажирских самолетов нового поколения Ил-96-300, Ил-114 и Ту-204 на МПКБ «Восход» была начата разработка цифровых систем СВС-85 и СППЗ-85.

Под руководством Рубена Григорьевича внесен значительный вклад в разработку аппаратуры и научно-методического обеспечения полетов по сокращенным интервалам вертикального эшелонирования в воздушном пространстве, в создание систем предупреждения об опасном сближении с Землей.

Рубен Григорьевич Чачикян – кавалер орденов Ленина и Октябрьской революции, трех орденов Трудового Красного Знамени, обладатель многочисленных медалей и памятных знаков. Он – автор более 150 научных трудов и изобретений.

В 1986 году МПКБ «Восход» возглавил Владимир Георгиевич Кравцов, талантливый инженер, известный в авиационной промышленности нашей страны и за рубежом.

Владимир Георгиевич пришел в ГС ОКБ-133 еще 1965 году после того, как в 1961 году окончил

Московский электротехнический институт связи по специальности «Радиотехника» и поработал в НИИ министерства судостроительной промышленности. В ГС ОКБ-133 он последовательно прошел путь от инженера-конструктора до Главного конструктора, руководителя ОКБ. С именем Кравцова связаны многие успехи и знаковые события в жизни нашего предприятия.

Он непосредственно участвовал в создании высокоточных датчиков давления, систем воздушных сигналов и информационных комплексов

для всех типов летательных аппаратов, систем предупреждения приближения земли и наземных средств барометрического контроля бортового оборудования.

Владимира Георгиевича смело можно назвать родоначальником цифровой аэротриетрии. Именно в отделе, которым он руководил, была

создана первая отечественная цифровая система воздушных сигналов СВС-2Ц-1 для сверхзвукового истребителя-перехватчика МИГ-25. В 1975 году успешно завершились её Государственные испытания, а через 5 лет она уже



*В. Г. Кравцов*



серийно выпускалась на Воронежском заводе «Электроприбор».

На базе системы СВС-2Ц-1 были разработаны системы СВС-2Ц-1М, СВС-2Ц-2, СВС-2Ц-4, которые до сих пор находятся в эксплуатации на самолетах МиГ-31, Су-27, Ту-160. Для гражданской авиации была разработана система СВС-Щ1, которая эксплуатируется на самолетах Ту-154М. На базе системы СВС-2Ц-2 был разработан первый цифровой комплекс высотно-скоростных параметров ИК-ВСП-2-10 для самолетов Су-27.

15 ноября 1988 года совершил свой первый и единственный полёт космический самолёт «Буран». Успешная автоматическая посадка «Бурана» во многом была обеспечена приборами и системами, разработанными на МПКБ «Восход», а Владимир Георгиевич Кравцов непосредственно участвовал не только в создании этой аппаратуры, но и лично присутствовал в Центре управления полетом во время этого исторического полёта.



Решающую роль Владимир Георгиевич сыграл в реализации программы по внедрению сокращённых минимумов вертикального эшелонирования в российском воздушном пространстве. Эти нормы начали действовать в России только в 2011 году, однако приборы и системы, разработанные под руководством В. Г. Кравцова более 20-ти лет назад, уже тогда позволили отечественным воздушным судам выполнять международные рейсы.

В 1994 году предприятие становится акционерным обществом открытого типа — ОАО «Аэроприбор-Восход». Благодаря Кравцову, после кризисных 90-х годов численность работников предприятия существенно возросла. Ему удалось сохранить сплочённое ОКБ, которое, благодаря энтузиазму и преданности делу, и сегодня продолжает создавать продукцию, соответствующую уровню мировых стандартов. По его инициативе предприятие расширило сферу своей деятельности, и начало разработку аппаратуры также для малой авиации и вертолётов.

За 19 лет руководства предприятием Владимир Георгиевич Кравцов уверенно провёл «Восход» сквозь непростые времена перестройки и реформ, воспитал новое поколение специалистов и обеспечил заделы



для уверенного развития. Он автор более 60 изобретений. Его личный вклад в развитие авиационного приборостроения отмечен правительственными наградами: орденом Трудового Красного Знамени, орденом Октябрьской революции и рядом медалей.

В настоящее время предприятием руководит группа более молодых специалистов, возглавляемая генеральным директором Гуляевым Олегом Анатольевичем. Предприятие разрабатывает:

- высокоточные датчики давления, использующие различные физические принципы;
- приемники воздушных давлений;
- механические и электронные резервные приборы (высотомеры, вариометры, указатели скорости и числа М);
- образцовые манометры;
- системы воздушных сигналов;
- системы ограничительных сигналов;
- системы предупреждения об опасном сближении с землей;
- высоконадежные комплексы высотно-скоростных и аэродинамических параметров;
- парашютную автоматику;
- прицельные индикаторы;
- всевозможные датчиковые реле и системы измерения давлений для ракетно-космической техники.

Нет ни одного самолета как в гражданской, так и в военной авиации, а также космического аппарата, где бы ни стояли приборы или системы ОАО «Аэроприбор-Восход».

Разработка и внедрение высоких технологий, повышение технического уровня разрабатываемых изделий, автоматизация процессов проектирования и контроля производимых изделий — необходимые условия дальнейшего существования и развития предприятия. Новые экономические и социальные условия потребовали от предприятия нетрадиционных подходов к решению сложных экономических и производственно-технических проблем. Энтузиазм, творческая инициатива и самолюбие, гордость за продукцию предприятия поддерживают постоянное стремление коллектива не останавливаться на достигнутом и двигаться вперед.

*Статья подготовлена редакцией журнала «Новости навигации» по материалам сайта ОАО «Аэроприбор-Восход» и др.*

[http://www.aeropribor.ru/70\\_years/history/30.10.2014](http://www.aeropribor.ru/70_years/history/30.10.2014)

[http://www.aeropribor.ru/upload/iblock/7b6/voshod\\_2014-04.pdf](http://www.aeropribor.ru/upload/iblock/7b6/voshod_2014-04.pdf) 20.12.2014

<http://www.kr-media.ru/news/avionika-i-vooruzhenie/uderzhivaya-namechennuyu-vysotu-oao-aeropribor-voshod-70-let-v-mire-aerometrii/> 20.12.2014



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

(НАП ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO) В 2004 – 2014 гг.»

GLONASS/GPS/GALILEO USER EQUIPMENT MARKET INVESTIGATION (2004 – 2014)

*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 2004–2014 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 ОАО «НТЦ «Интернавигация» [www.internavigation.ru](http://www.internavigation.ru)

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

**Контактный тел. (495) 626-25-01.**

**Генеральный директор – Виктор Михайлович Царев**

**Сергеева С.В. Пока бьется сердце. Воспоминания.** – М.: Издательство «ВегаПринт», 2013. – 496с., 16с илл. ISBN 978-5-91574-019-7.

В книге, наряду с показом жизни поколения, родившегося в 20-30 годы прошлого века, живо описаны летные испытания Летно-исследовательского института им. М.М. Громова. Вспоминаются товарищи автора по испытаниям, их опасная и напряженная работа. Как живые, вновь возникают времена, когда испытательный аэродром денно и ночью гудел, кипя страстями по реактивной авиации, потом - по звуковому и тепловому барьерам, по самолетам с изменяемой геометрией крыла, по эпохе радиолокаторов и комплексов обороны, по эре спутниковой навигации, по идее подготовки экипажей для многоэтажных воздушно-космических кораблей. В этом хоре страстей всегда уверенно звучала тема полетов, где ведущим инженером летала Светлана Владимировна, автор книги. В полетах она стояла всегда за командирским креслом, чтобы воочию ощутить запредельную сложность и

опасность задаваемых ею самой режимов испытаний. Случалось, что опытейшие испытатели после посадки ложились навзничь на травку под крылом самолета, чтобы перевести дух, и штурман возбужденно рассказывал, как он сам поджимал ноги, если уж слишком близко оставалось до земли при полетах в режиме обгibanия рельефа местности. За летные исследования в условиях невесомости С.В. Сергеева награждена медалью «Заслуженный испытатель космической техники», медалями С.П. Королева и Ю.А. Гагарина.

Книга представляет интерес для специалистов в области авиации и смежных областей, а также для всех тех, кто любит авиацию. Телефон для связи 89037694223 Сергеева Галина.

\*\*\*

**Альперович К.С. Так зарождалось новое оружие. Системы ЗУРО от С-25 до С-200: записки инженера. – 2-е изд., испр. и доп.** – М.: ИФ «Унисерв», 2013. – 224 с. ил.

В книге повествуется, как создавались и что собой представляли непроницаемая система ПВО Москвы

— стационарная С-25, первая перевозимая система ПВО — С-75, система С-125 для поражения низколетящих целей и система ПВО дальнего действия «длинная рука» С-200. Немало страниц посвящено главному конструктору этих систем, академику Александру Андреевичу Расплетину, его соратникам, ученикам, другим ученым и конструкторам, многим руководящим деятелям промышленности и военным. Книга содержит ряд интересных технических и организационных подробностей. Она представляет собой серьезный документ по истории создания отечественной радиолокационной, ракетной и другой оборонной техники.

\*\*\*

**Ярлыков М.С., Богачев А.С., Меркулов В.И., Дрогалин В.В. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Том 1. Теоретические основы / Под ред. М.С. Ярлыкова. — М.: Радиотехника, 2012. — 504 с.: ил.**

Изложены теоретические основы построения и функционирования радиоэлектронных комплексов (РЭК) навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Даны методы анализа и синтеза авиационных РЭК.

Рассмотрена комплексная обработка информации. При оценке качества функционирования РЭК акцент делается с позиций системотехники на обобщенные характеристики (боевая эффективность и эффективность функционирования). В центре внимания находятся военные самолеты и вертолеты 4-го и 5-го поколений.

Монография написана с использованием материалов открытой отечественной и зарубежной печати. По целому ряду вопросов монография оригинальна.

Для научных работников и инженеров, а также преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений. [Издательство «Радиотехника»] ISBN 978-5-88070-028-8

\*\*\*

**Ярлыков М.С., Богачев А.С., Меркулов В.И., Дрогалин В.В. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Том 2. Применение авиационных радиоэлектронных комплексов при решении боевых и навигационных задач / Под ред. М.С. Ярлыкова. — М.: Радиотехника, 2012. — 256 с.: ил.**

В книге отражены последние достижения науки и техники. Показано применение радиоэлектронных комплексов навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов (ЛА) при выполнении боевых и навигационных задач: навигация и управление; перехват и уничтожение воздушных целей (самолетов, вертолетов, крылатых ракет, беспилотных ЛА и др.), поражение наземных (надводных) целей. Теоретические положения проиллюстрированы примерами, дающими представление о возможностях РЭК. Показано, как достигаются эти возможности в боевых условиях.

Монография написана с использованием материалов открытой отечественной и зарубежной печати. По целому ряду вопросов монография оригинальна.

Для научных работников и инженеров, а также преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений. [Издательство «Радиотехника»] ISBN 978-5-88070-027-1

\*\*\*

**Харин Е.Г., Копылов И.А. Технология летных испытаний бортового оборудования летательных аппаратов с применением комплекса бортовых траекторных измерений. — М.: Изд-во МАИ\_ПРИНТ, 2012. — 360 с.: ил. ISBN 978-5-7035-2306-3**

\*\*\*

**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. Анализируется 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 комплексирования, получивших наибольшее распространение при построении интегрированных инерциально-спутниковых систем.

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

#### Вышла вторая часть книги

**Степанов О.А.. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации». Ч. 2. Введение в теорию фильтрации**

В настоящем издании методы теории оценивания, изложенные в первой части применительно к задачам с дискретным временем, рассматриваются для непрерывного времени. Во второй части излагаются два основных подхода к решению задач фильтрации и сглаживания: калмановский, основанный на описании систем во временной области в пространстве состояний, и винеровский, предполагающий использование частотных методов и передаточных функций. Значительное внимание уделяется обсуждению взаимосвязей и отличий между калмановским и винеровским подходами, а также взаимосвязи между алгоритмами фильтрации и сглаживания.

Предлагаемый материал поясняется на примерах и задачах методического характера, а также связанных с обработкой навигационной информации, в частности применительно к комплексной обработке информации в интегрированных инерциально-спутниковых системах, совместной обработке показаний гравиметра и спутниковых измерений.

Приводятся необходимые сведения из теории динамических систем, случайных процессов, обыкновенных дифференциальных уравнений, преобразований Лапласа и Фурье. Дается краткое описание используемых функций Matlab.

Материал книги четко структурирован, что существенно облегчает его изучение и позволяет использовать для формирования курсов лекций по отдельным разделам для слушателей с различным уровнем подготовки.

Книга издана 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, специализирующимся в рассматриваемой области, 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 траекторного слежения.

Книга прекрасно оформлена, иллюстрирована, имеет обширную библиографию.

По вопросу ее приобретения можно обращаться по адресу: 197046, С.-Петербург, ул. М. Посадская, д. 30. ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». Тел. (812) 499-82-93, см. также <http://www.elektropribor.spb.ru> (раздел публикации).

\*\*\*

**Прихода А.Г., Ланко 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.

\*\*\*

**Ярлыков М.С. Полные AltВОС-сигналы с непостоянной и постоянной огибающей для спутниковых радионавигационных систем нового поколения.** Радиотехника и электроника, 2012, том 57, № 6, стр. 656–670.

В статье рассмотрены формирование и структура четырехкомпонентного и восьмикомпонентного полных AltВОС-сигналов (Alternative Binary Offset Carrier modulated signals) для спутниковых радионавигационных систем (СРНС) нового поколения (в частности, СРНС Galileo и Compass (BeiDou-2)). Четырехкомпонентный полный AltВОС-сигнал имеет непостоянную во времени огибающую, тогда как огибающая восьмикомпонентного полного AltВОС-сигнала постоянна. Проанализированы огибающие и фазы таких AltВОС-сигналов при различных значениях коэффициента кратности меандровых импульсов. Построены графики и отмечены особенности комбинационных компонентов восьмикомпонентного полного AltВОС-сигнала, обуславливающих постоянство огибающей во времени. Дана классификация AltВОС-сигналов. При анализе практических особенностей за основу взята модуляция типа AltВОС(15,10), характерная для СРНС Galileo и Compass.

\*\*\*

**Ярлыков М.С. Спектральные характеристики навигационных AltВОС-сигналов.** Радиотехника и электроника, 2012, том 57, № 8, с. 866–887.

Получены аналитические выражения спектральных плотностей и энергетических спектров одиночных элементов и одиночных периодов модулирующих функций AltВОС-сигналов для спутниковых радионавигационных систем нового поколения, в частности системы Galileo. Спектральные характеристики представлены и проанализированы для простейшего (двухкомпонентного) AltВОС-сигнала, полного AltВОС-сигнала с непостоянной огибающей (четырехкомпонентного полного AltВОС-сигнала) и полного AltВОС-сигнала с постоянной огибающей (восьмикомпонентного полного AltВОС-сигнала) применительно к произвольному значению коэффициента

кратности меандровых импульсов. Построены графики и обсуждены свойства энергетических спектров одиночных элементов модулирующих функций всех групп AltВОС-сигналов в случаях следующих типов модуляции: AltВОС(10,10), AltВОС(15,10), AltВОС(20,10) и AltВОС(25,10).

\*\*\*

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

\*\*\*

**Голован А.А., Парусников Н.А. Математические основы навигационных систем: Часть I: Математические модели инерциальной навигации.** – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МАКС Пресс, 2011. – 136 с.

\*\*\*

**Орлов В.К., Герчиков А.Г., Чернявский А.Г. Локальные радиотехнические системы межсамолетной навигации.** – С-Пб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 123 с.

Рассмотрены назначение и принципы построения локальных радиотехнических систем межсамолетной навигации (ЛРТС МСН), алгоритмы совместной обработки навигационной информации в таких системах, а также решения различных навигационных задач на основе ЛРТС МСН.

Издание рассчитано на инженеров в области систем авиационной радионавигации, может быть также полезно для студентов, обучающихся по радиотехническим специальностям.

\*\*\*

**Богомазов К.Я. Освоение навигационных комплексов на подводных лодках Северного флота.** – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», 2011.–318 с.

В книге рассказывается о командирах, флагманских штурманах, офицерах штурманских боевых частей, которые начинали и успешно осваивали навигационные комплексы на всех атомных и дизельных с баллистическими и крылатыми ракетами подводных лодках. С конца прошлых 50-х – начала 60-х годов Северный флот стал атомным ракетно-ядерным, он защищает государственные интересы России в Арктическом бассейне, Атлантическом океане, Средиземном море. Успешно решать задачи государственной важности в этих районах могут подводные лодки с исправными, выверенными навигационными комплексами (НК) и грамотными штурманами. За сравнительно короткое историческое время в ЦНИИ «Электронприбор» разработаны НК четырех поколений, открывшие новые возможности автономной навигации и использования оружия на всех акваториях Мирового океана. Для НК «Электронприбором» созданы прецизионный гироскоп с электростатическим подвесом ротора и уникальная высокоточная инерциальная навигационная система на его основе, не имеющие аналогов в стране, высокоточные средства коррекции, в том числе радиосекстаны, не имеющие аналогов в мире, высокостабильные

морские гравиметры, сложные вычислительные системы. Навигационные комплексы, разработанные в ЦНИИ «Электроприбор» и ЦНИИ «Дельфин», осваивались личным составом штурманских боевых частей с большой ответственностью за судьбу Отчизны. Значительная часть информации содержит личные впечатления автора, часть информации представлена главными и флагманскими штурманами, использованы архивные документы. Книга привлечет внимание не только моряков-подводников, но и широкий круг читателей, проявляющих интерес к истории нашего Военно-Морского Флота, а также молодых офицеров, преподавателей и курсантов высших морских учебных заведений. 2 табл., 83 ил.

\*\*\*

*К вековому юбилею штурманской службы готовится к публикации монография «История штурманской службы отечественной авиации»*

\*\*\*

*СД. – М.: Профессиональные конференции, 2009. Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], СД. – М.: Профессиональные конференции, 2010.*

\*\*\*

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

\*\*\*

*«XIX Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 28 - 30 мая 2012, Санкт-Петербург, Россия.* (На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

*«19<sup>th</sup> St. Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 28 - 30 May, 2012, St. Petersburg, Russia, англ.*

*«XX Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 27 - 29 мая 2013, Санкт-Петербург, Россия.* (На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

*«20<sup>th</sup> St. Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 27 - 29 May, 2013, St. Petersburg, Russia, англ.*

*«XXI Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 26–28 мая 2014, Санкт-Петербург, Россия.* (На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

*«21<sup>th</sup> St. Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 26–28 May, 2014, St. Petersburg, Russia, 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) 499-81-57; факс: (812) 232-33-76; e-mail: ICINS@eprib.ru



## КАЛЕНДАРЬ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2015–2016 гг.

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

### JANUARY 26–28 2015

#### ION International Technical Meeting 2015

Dana Point, California, U. S. A. The Institute of Navigation's 2015 International Technical Meeting will take place at the Laguna Cliffs Marriott Hotel in Dana Point California. This year's plenary session will focus on «The Human Factor: Interpreting and Acting on Navigation Data» and will explore how navigation data is viewed through the lens of human perception and how novel sensing technologies will impact human experiences.

[www.insidegnss.com](http://www.insidegnss.com)

### FEBRUARY 24–26 2015

#### INC 2015

#### RIN International Navigation Conference

Manchester, England. The Royal Institute of Navigation's International Navigation Conference 2015 will be held at the Manchester Conference Centre in Manchester, England.

[www.insidegnss.com](http://www.insidegnss.com)

### МАРТ 17–20 2015

#### XVII конференция молодых ученых «Навигация и управление движением»

ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 197046, Санкт-Петербург, Россия, ул. Малая Посадская, 30.

Телефоны: (812) 499-82-10,

(812) 499-81-57, факс: (812) 232-33-76.

<http://elektroprigor.spb.ru/kmu2015/>

### MARCH 24–26 2015

#### Munich Satellite Navigation Summit 2015

Munich, Germany. The Munich Satellite Navigation Summit will take place at the Residenz Muenchen in Munich, Germany.

[www.insidegnss.com](http://www.insidegnss.com)

### APRIL 7–10 2015

#### ENC – GNSS 2015

#### European Navigation Conference

Bordeaux, France. The 2015 European Navigation Conference will take place at the Centre de Congrès Cité Mondiale in Bordeaux France. This year, the conference is organized by TOPOS Aquitaine and the Institut Français de Navigation (IFN). The annual event is sponsored by the European Group of Institutes of Navigation (EUGIN).

[www.insidegnss.com](http://www.insidegnss.com)

### APRIL 12–16 2015

#### IFCS/EFTF 2013

#### IEEE International Frequency Control Symposium and European IEEE Frequency and Time Forum

Denver, Colorado, USA. The biennial Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS) and European Frequency Time Forum (EFTF) will be held at The Colorado Convention Center in Denver, Colorado, USA.

[www.insidegnss.com](http://www.insidegnss.com)

### APRIL 20–23 2015

#### ION Pacific PNT Conference 2015

Honolulu, Hawaii, U. S. A.

ION's Pacific PNT Conference 2015 will take place at the Marriott Waikiki Beach in Honolulu, Hawaii. The conference brings together policy and technical leaders from the Pacific Rim for policy updates, program status and technical exchanges on positioning, navigation and timing. The conference will include tutorials and a table-top exhibition.

[www.insidegnss.com](http://www.insidegnss.com)

### АПРЕЛЬ 22–23 2015

#### IX Международный навигационный форум

ЦВК Экспоцентр, Москва, Россия. Представляет собой центральное событие года в области коммерческого использования спутниковых навигационных технологий и, прежде всего, российской навигационной системы ГЛОНАСС.

[www.glonass-forum.ru](http://www.glonass-forum.ru)

### MAY 13–15 2015

#### CSNC 2015: 6th

#### 6<sup>th</sup> China Satellite Navigation Conference

Xi'an, China. The 2015 China Satellite Navigation Conference and technology and applications exhibition will be held at the Xi'an Qujiang International Conference Center.

[www.insidegnss.com](http://www.insidegnss.com)

### МАЙ 25–27 2015

#### XXII Санкт-Петербургская Международная конференция по интегрированным навигационным системам

ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 197046, Санкт-Петербург, Россия, ул. Малая Посадская, 30.

Телефоны: (812) 499-82-10, (812) 499-81-57, факс: (812) 232-33-76. E-mail: ICINS@eprib.ru

<http://www.elektropribor.spb.ru/cnf/icins2015/rindex.php>

**JUNE 17–19 2015**  
**TRANSNAV 2015: M**

**Marine Navigation and Safety of Sea Transportation**  
Gdynia, Poland. The 11<sup>th</sup> International Conference on «Marine Navigation and Safety of Sea Transportation» TRANSNAV 2015 symposium will be held in Gdynia, Poland, a seaport and resort city on the south coast of the Baltic.

[www.insidegnss.com](http://www.insidegnss.com)

**JUNE 22–25 2015**  
**2015 Joint Navigation Conference**

Orlando, Florida. The Institute of Navigation. 8551 Rixlew Lane, Suite 360 Manassas, VA 20109.  
Tel: 703-366-2723.

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

**OCTOBER 20–23 2015**  
**15<sup>th</sup> IAIN World Congress**

Prague, Czech Republic.  
The 2015 World Congress of the International Association of Institutes of Navigation will take place at the Clarion Congress Hotel in Prague. This will be the 15<sup>th</sup> meeting of

all of the member organizations, who will discuss the science and practice of navigation and related technologies.

[www.iaain2015.org](http://www.iaain2015.org)

**НОЯБРЬ 2015**

**10-я научно-техническая конференция «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения»**

Межгосударственный совет «Радионавигация», ОАО «НТЦ «Интернавигация», Российский общественный институт навигации и Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. Россия, Москва, Ленинградский пр., 64 (метро «Аэропорт»), Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, факс (495) 626-28-83 тел. для справок (495) 626-25-01 и 626-29-66.

[www.internavigation@rgcc.ru](mailto:www.internavigation@rgcc.ru)

**JANUARY 25–28 2016**  
**International Technical Meeting 2016**

Hyatt Regency Monterey. Monterey, California. The Institute of Navigation. 8551 Rixlew Lane, Suite 360 Manassas, VA 20109.

Tel: 703-366-2723.

[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 2015 год – 3600 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 «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 Акционерного общества «Научно-технический центр современных навигационных технологий «Интернавигация» (АО «НТЦ «Интернавигация»).

Юридический и почтовый адрес:  
 Россия, 109028, г. Москва, Б. Трехсвятительский пер., д.2  
 ИНН 7709877563, КПП 770901001,  
 ОГРН 1117746369531, ОКАТО 45286555000  
 Банковские реквизиты: АО АКБ «НОВИКОМБАНК» г. Москва  
 БИК 044583162; к/с № 30101810000000000162  
 Р/с № 40502810900250008520

Платежное поручение № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
 (Следует приложить к заказу копию платежного поручения).

Заказ направить по адресу:

индекс п/о \_\_\_\_\_, область (край, респ.) \_\_\_\_\_  
 город, улица, дом \_\_\_\_\_

Кому \_\_\_\_\_  
 (полное название организации или ФИО заказчика)

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

---

---

1. Представляемый материал (статьи, монографии, рецензии, лекции) должен являться оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
2. Рукопись должна содержать:
  - название на русском и английском языках;
  - инициалы и фамилии авторов на русском и английском языках;
  - аннотацию и список ключевых слов на русском и английском языках, УДК;
  - 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 (страна, название и адрес организации), должность, ученые степени и звания при их наличии, адреса электронной почты организации и индивидуальные, рабочие и индивидуальные 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.
9. Поступающие в редакцию статьи проходят рецензирование.